

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](mailto:poligon@poligonsoft.ru)

Internet: [www.poligonsoft.ru](http://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

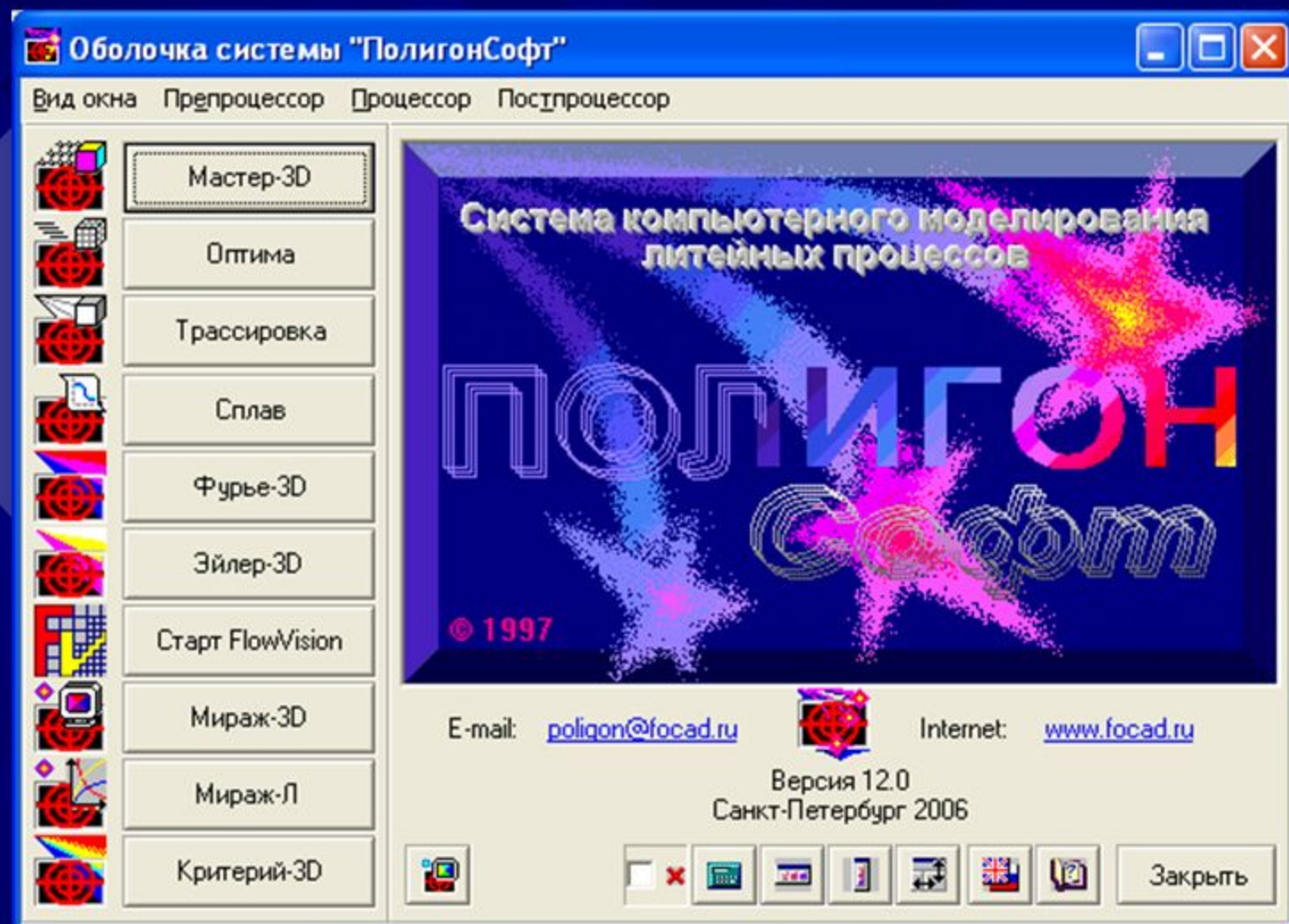
# Основные задачи, решаемые при моделировании литейной технологии

- ☀ 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

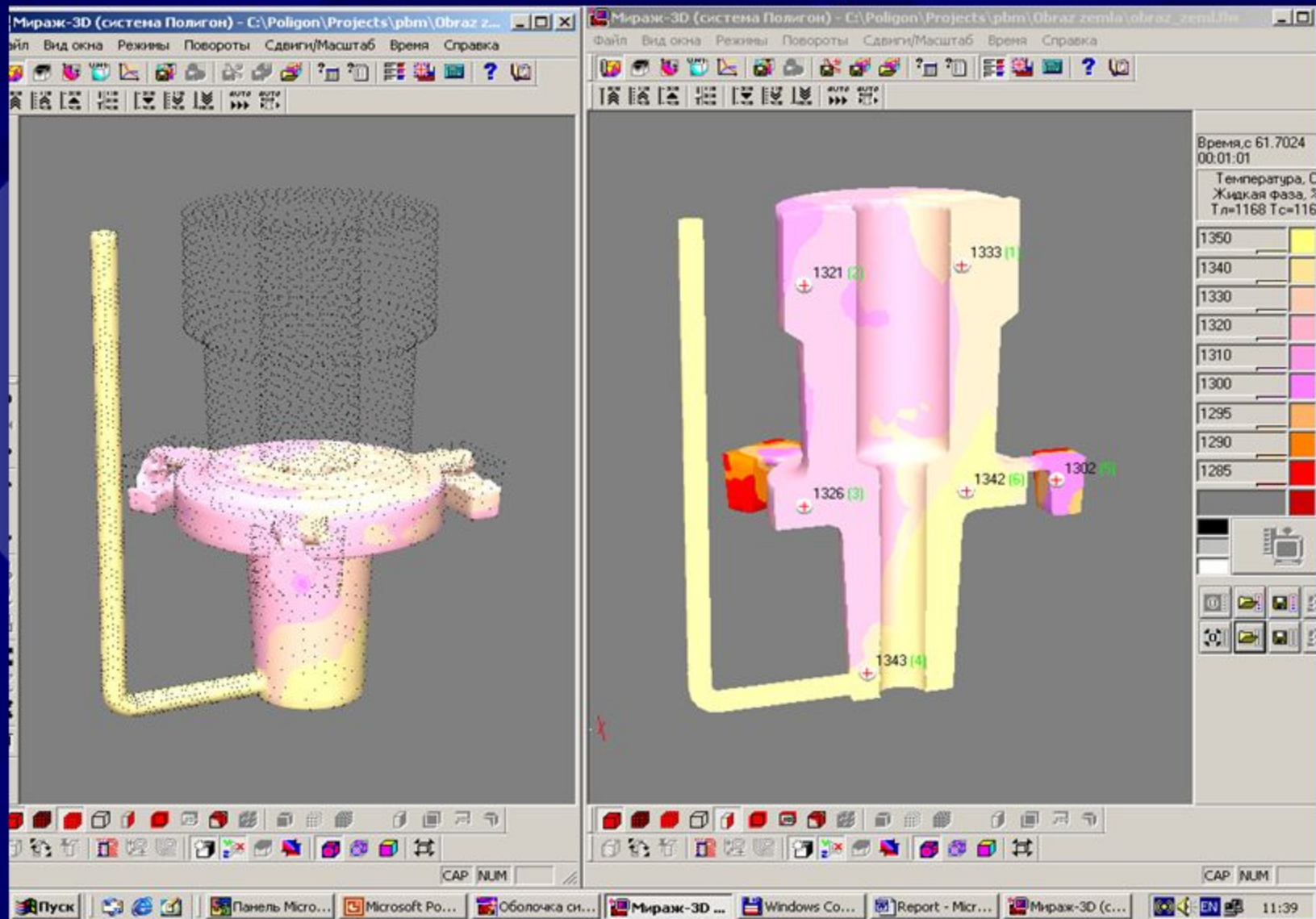


# Гидродинамический расчёт заполнения формы

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

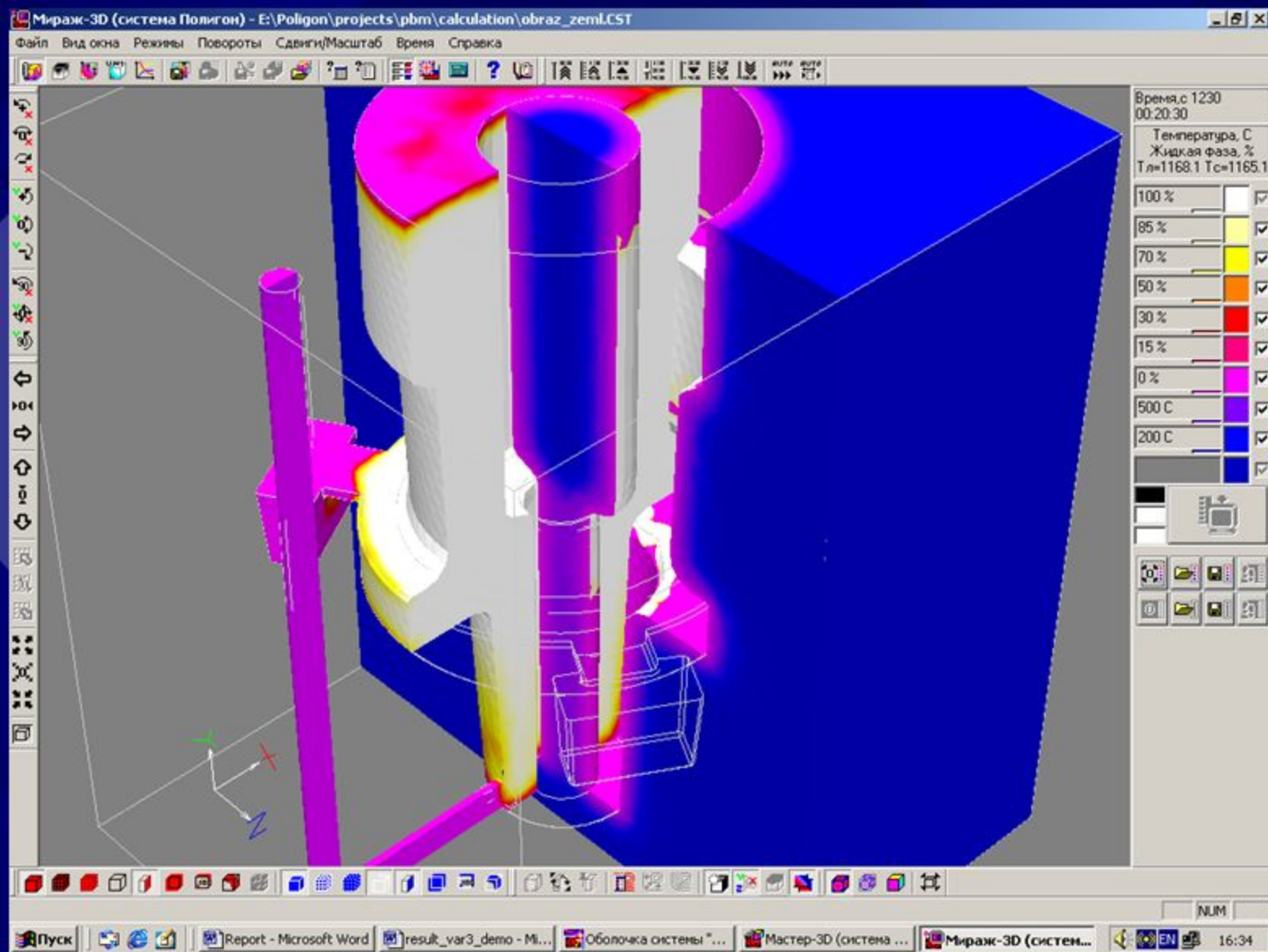


# Тепловой расчёт затвердевания отливки

## 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

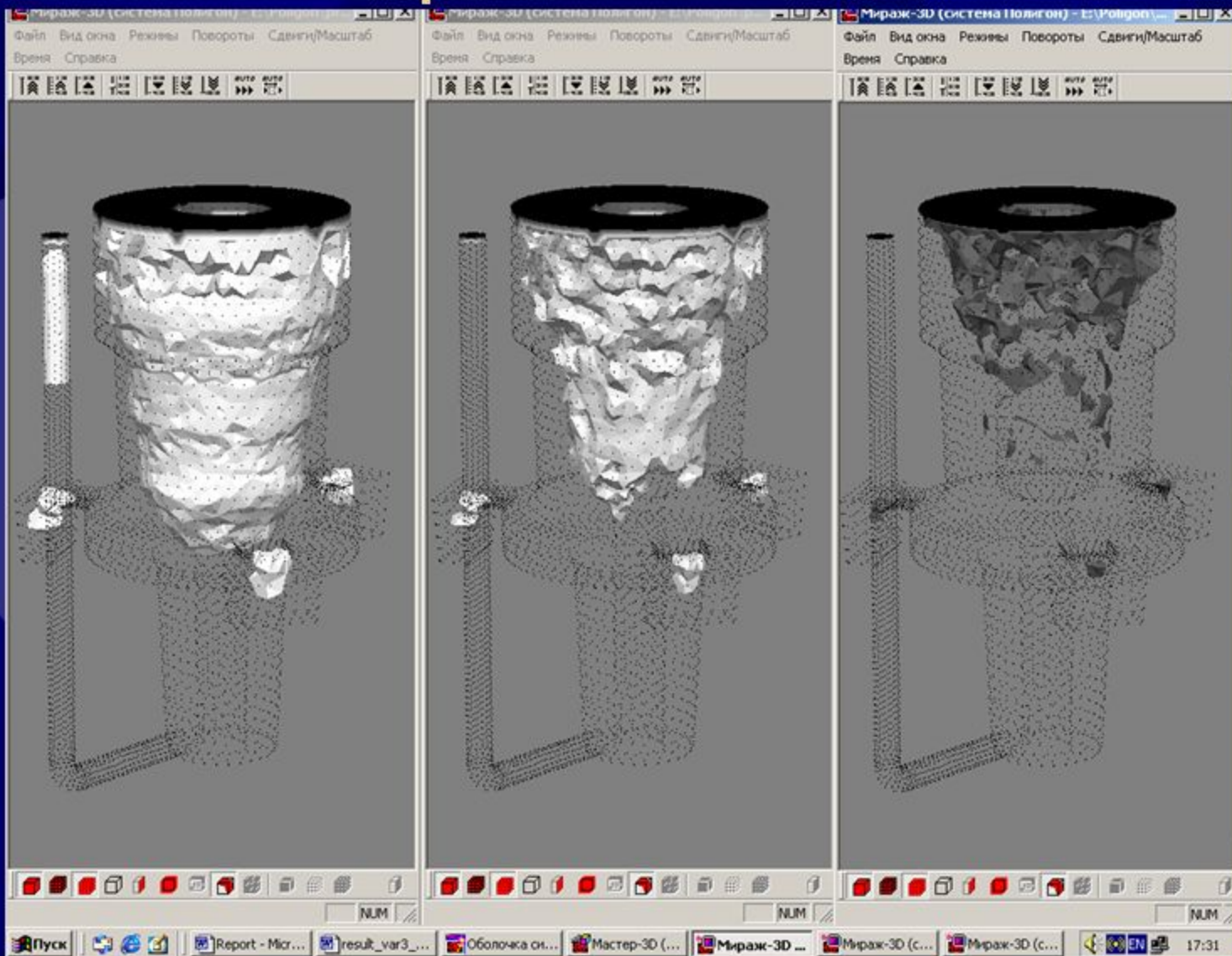
# Усадочный расчёт образования зон макро- и микропористости

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

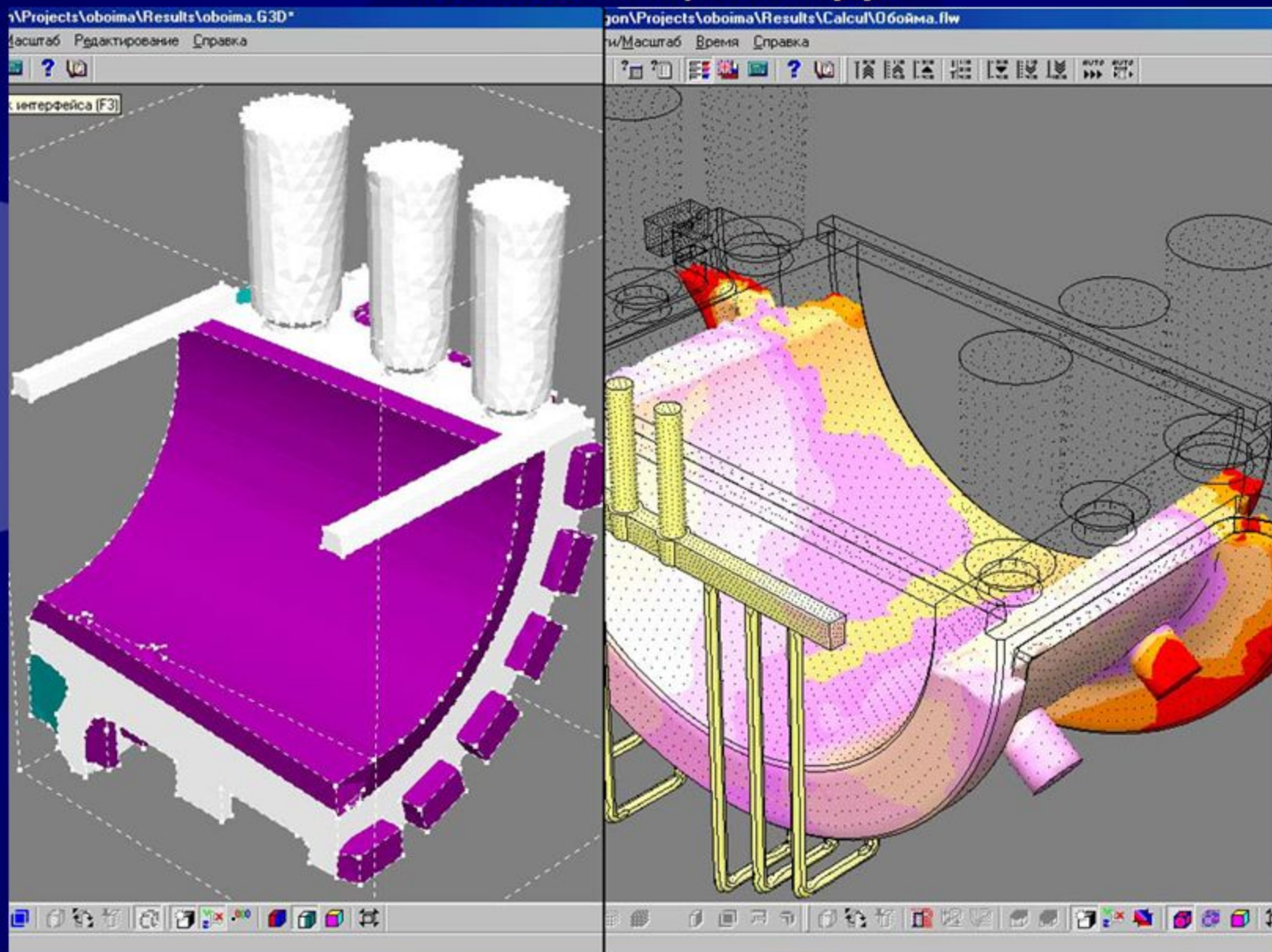


Области отливки с пористостью 2%, 20%, 75%

# 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

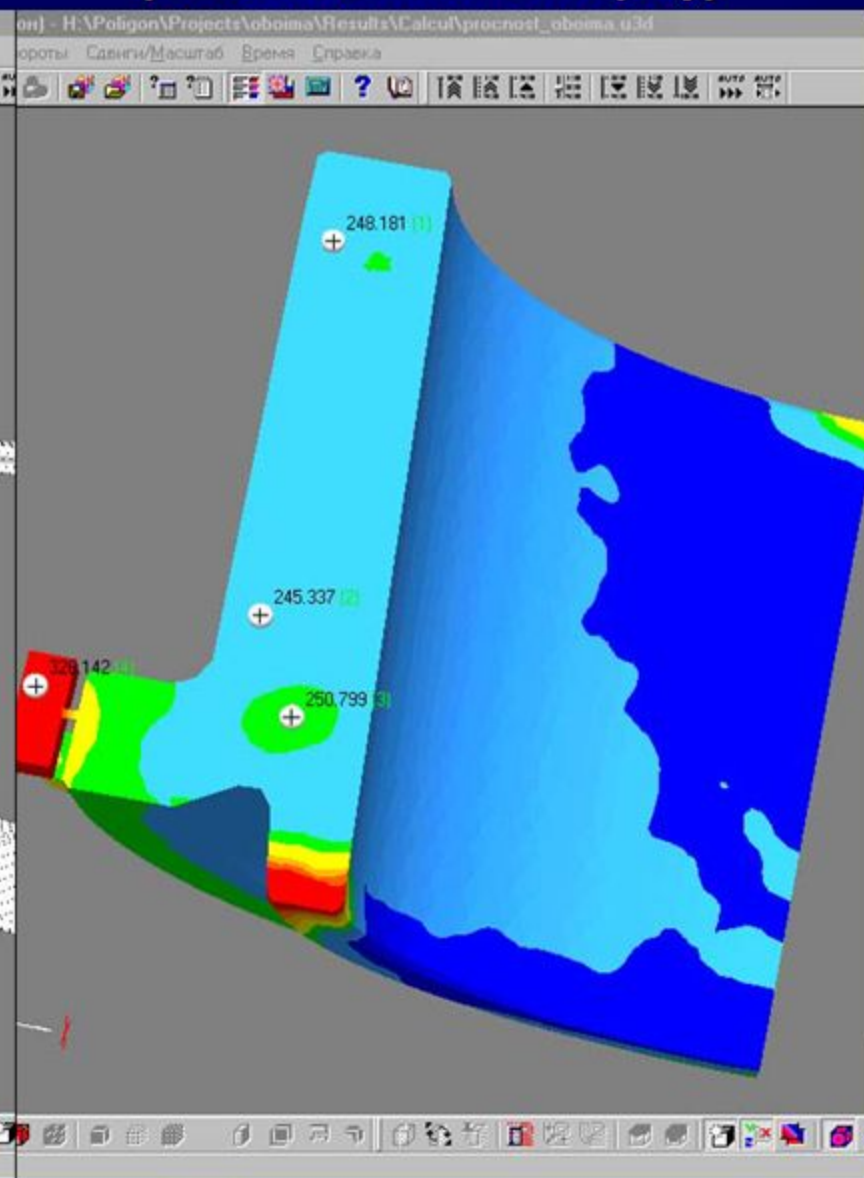
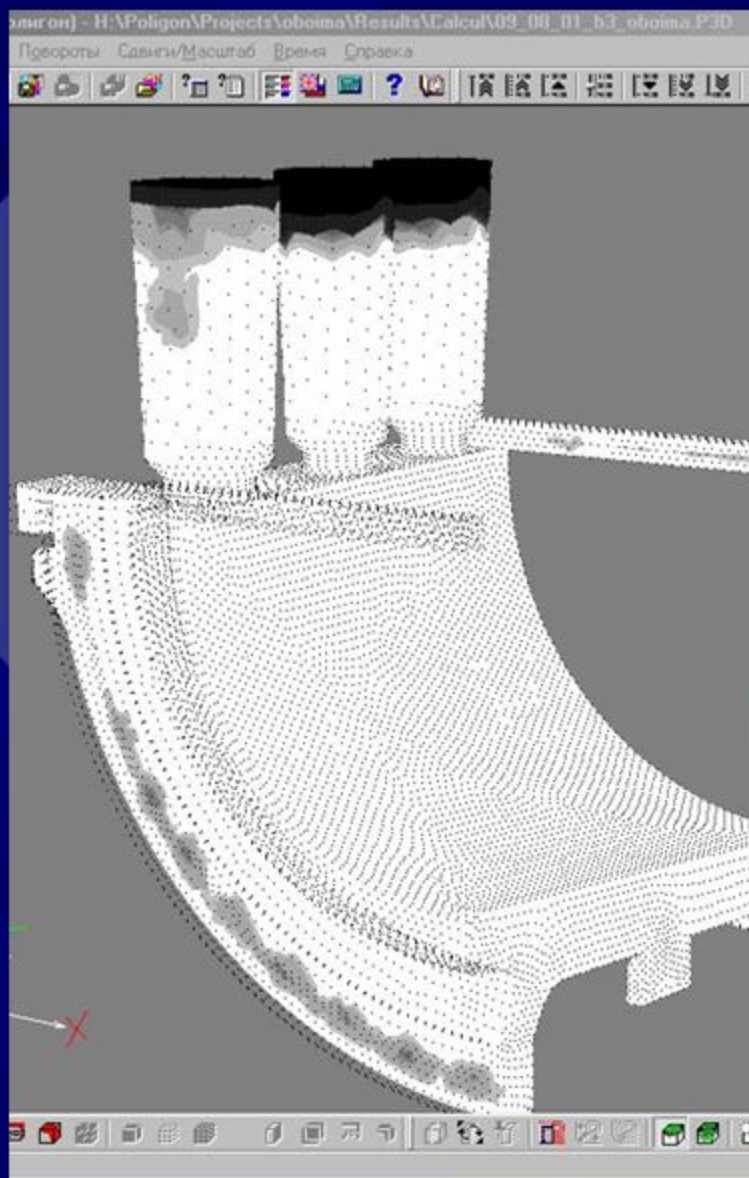
**Отливка: «Обойма»**  
**Технология: Литье в ПГС-форму**  
**Сплав: Высокопрочный чугун**



# Технология: литье в ПГС-форму Сплав: высокопрочный чугун

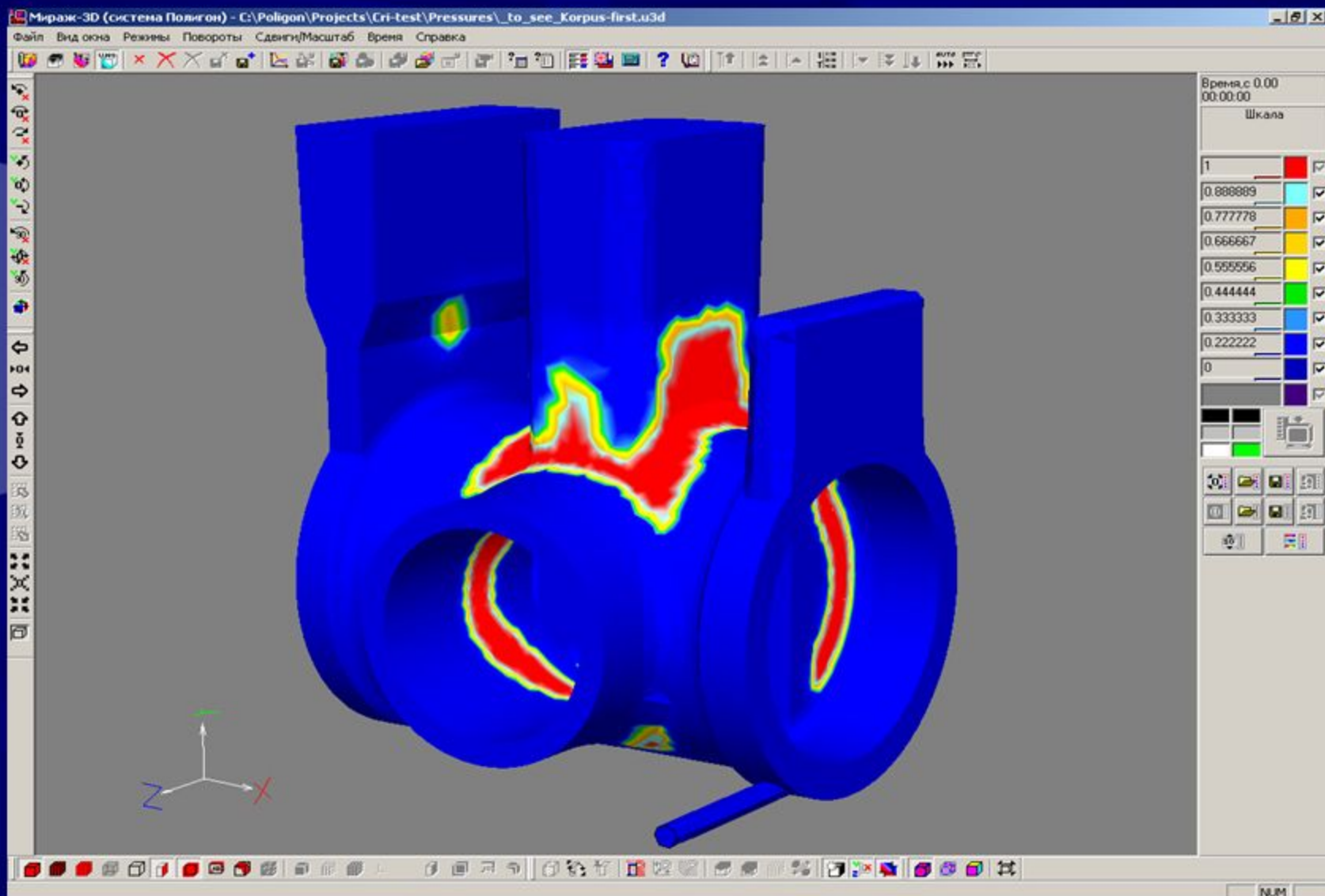
Пористость в теле отливки

Поля твёрдости – критериальная обработка  
расчётных полей температур

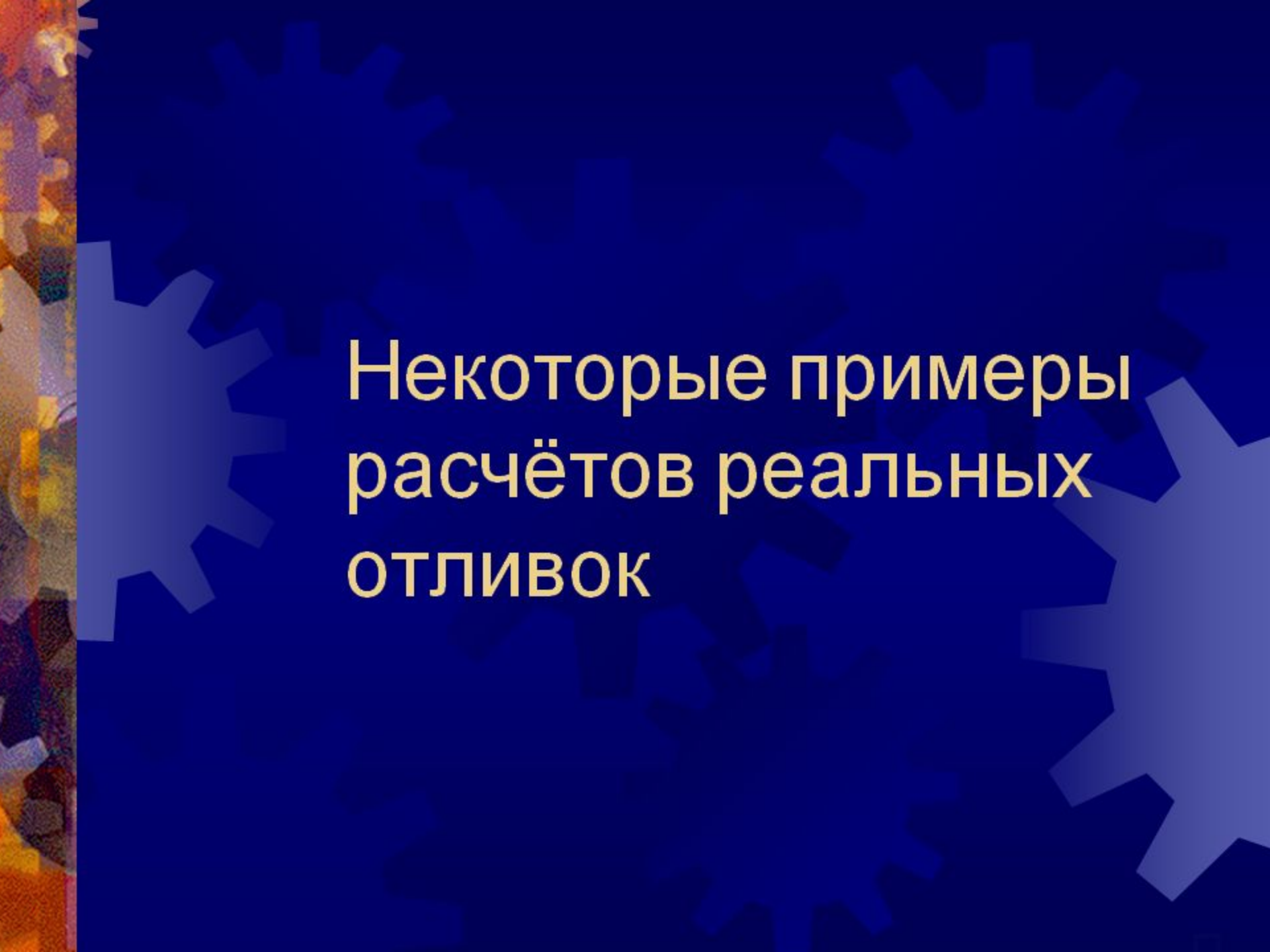


# Технология: литьё в ПГС-форму Сплав: сталь 20Л

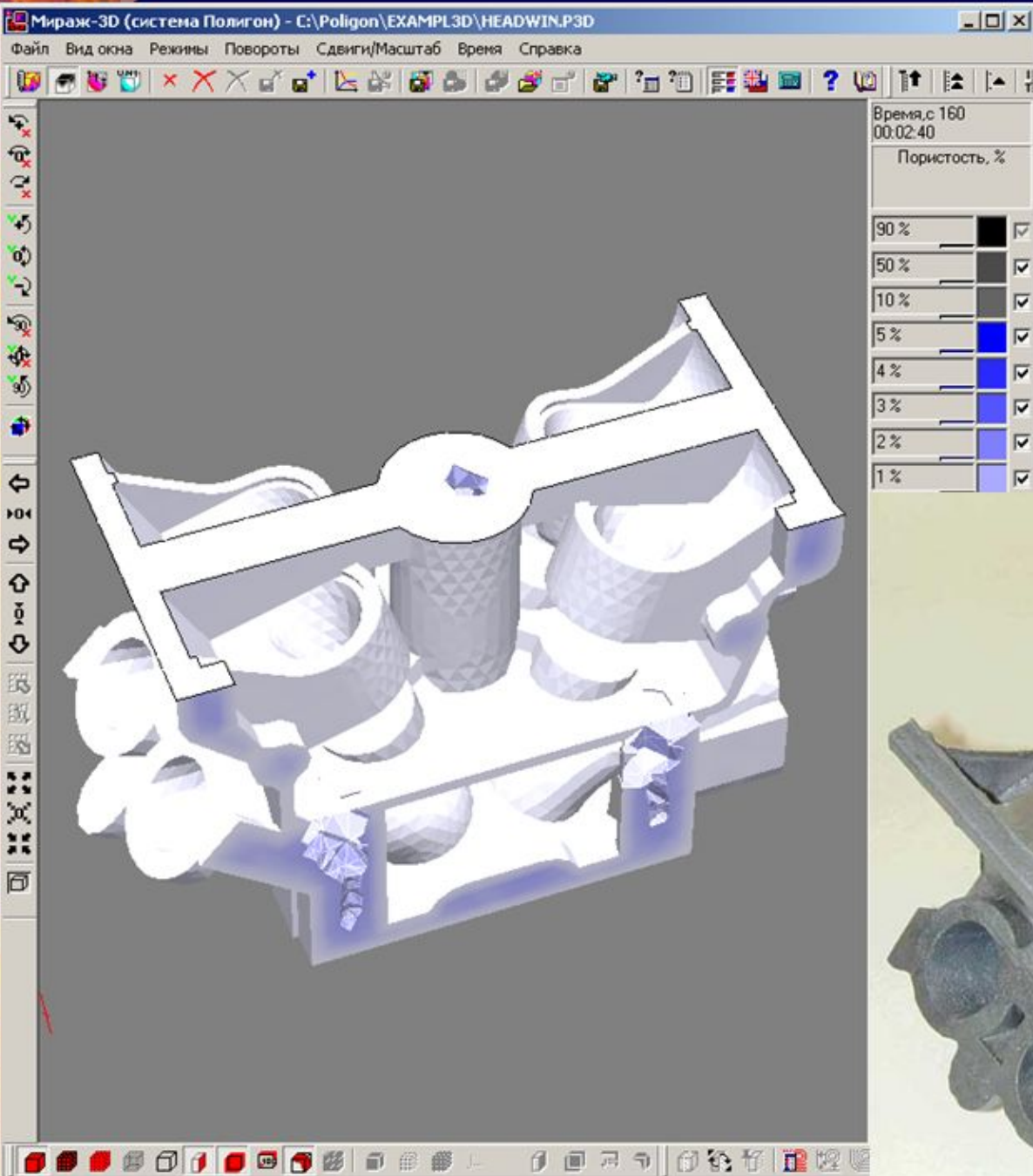
Места на поверхности отливки, в которых существует опасность появления пригара – критериальная обработка расчётного поля давлений







# Некоторые примеры расчётов реальных ОТЛИВОК



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

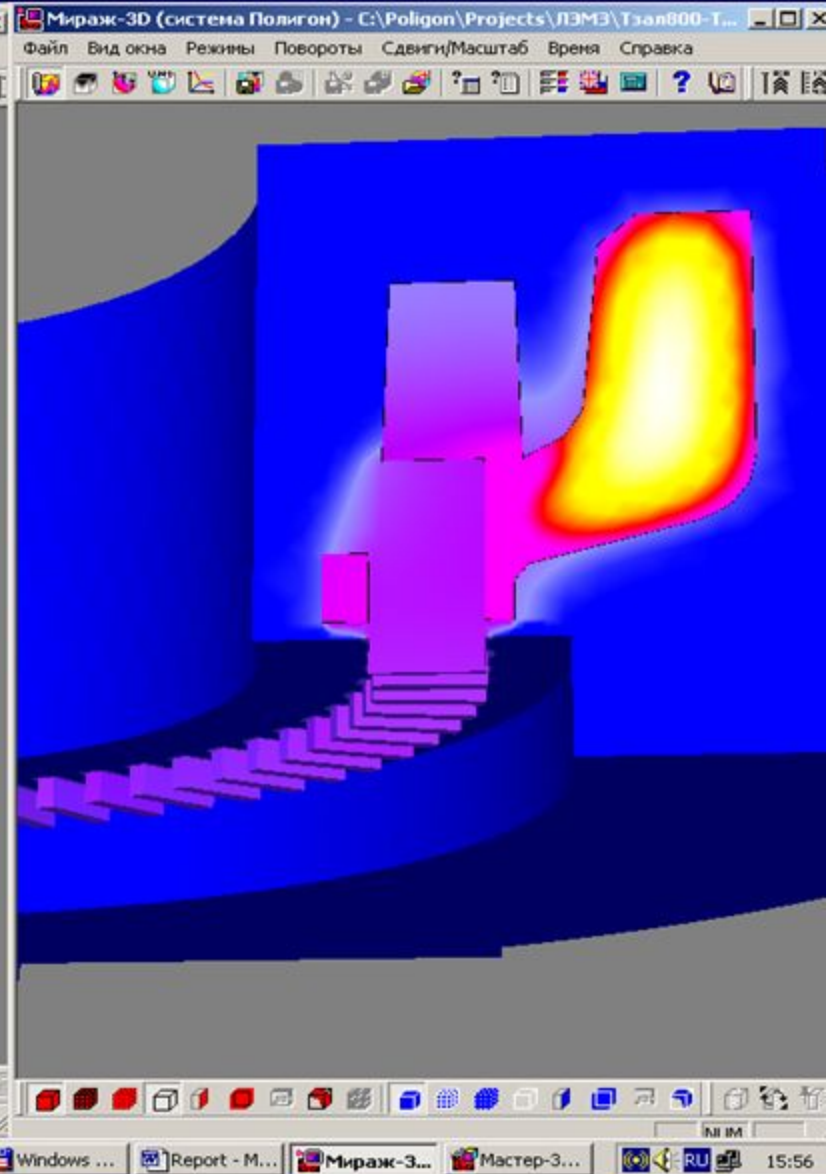
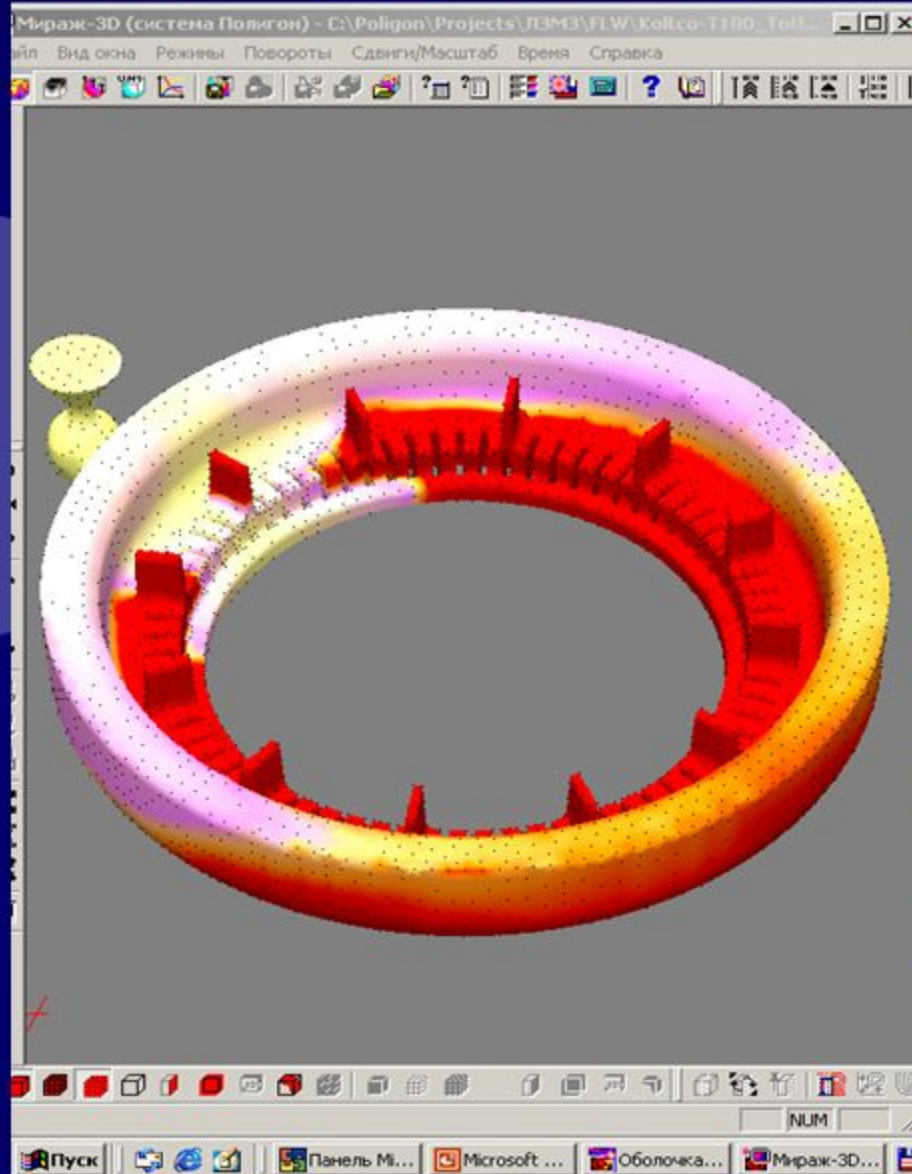
← Рассчитанные в ПОЛИГОНе  
дефекты в отливке

и

↓ пористость в реальной отливке



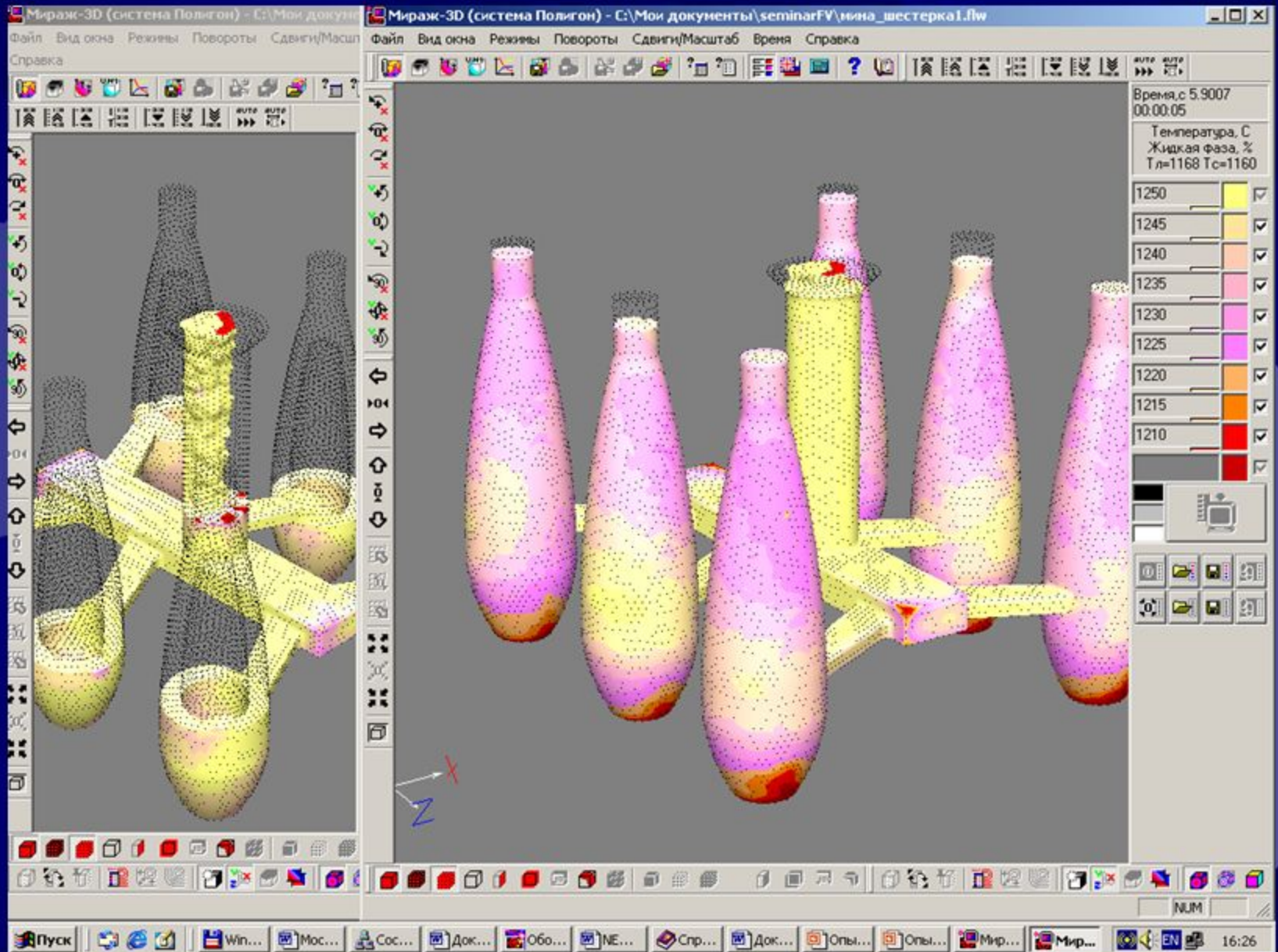
**Отливка «Кольцо короткозамкнутого ротора»**  
**Технология: литье в кокиль**  
**Сплав: электротехнический алюминий**



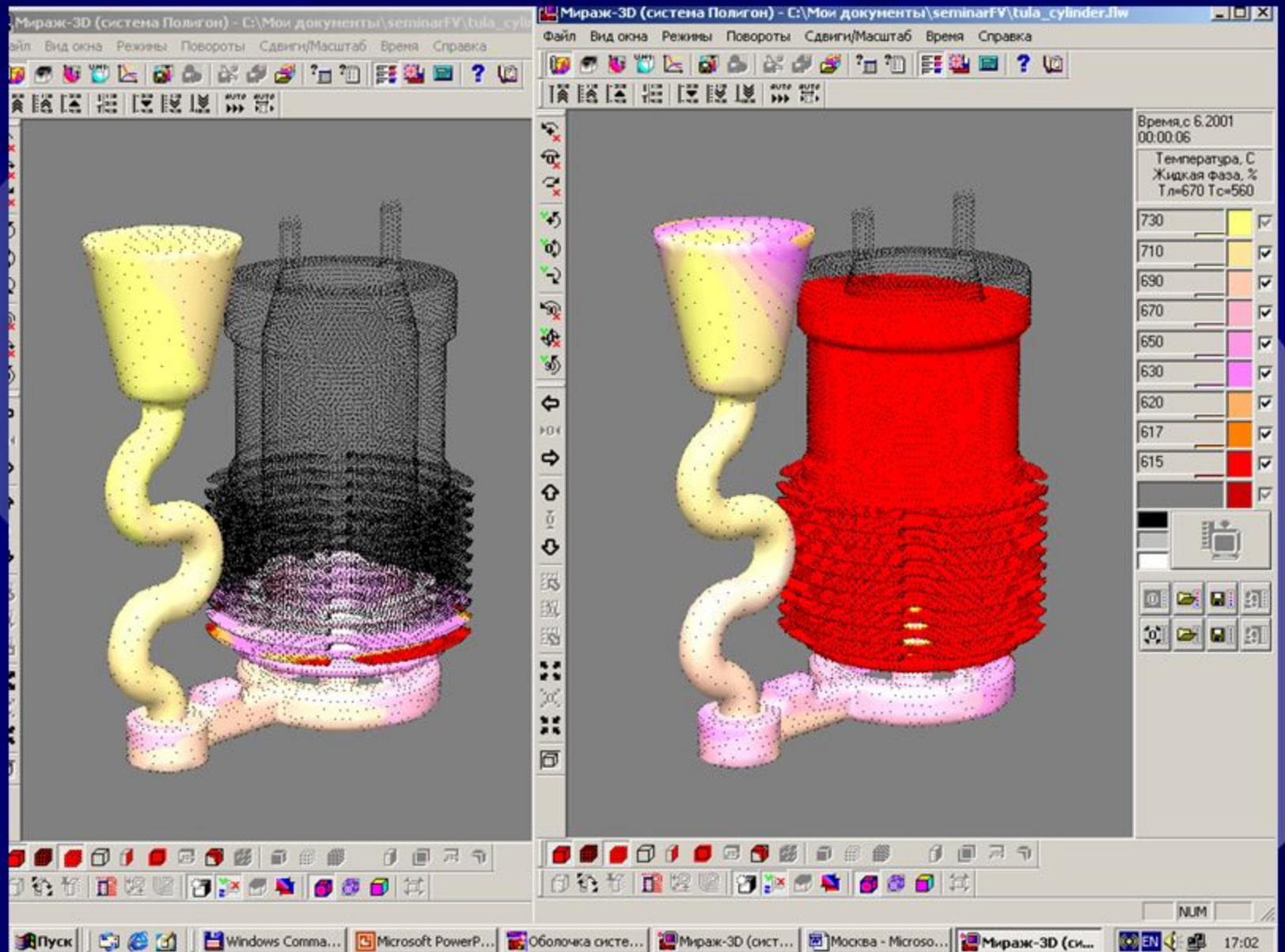
# Отливка: «Хвостовик»

## Технология: литье в вакуум-плёночную форму

### Сплав: серый чугун



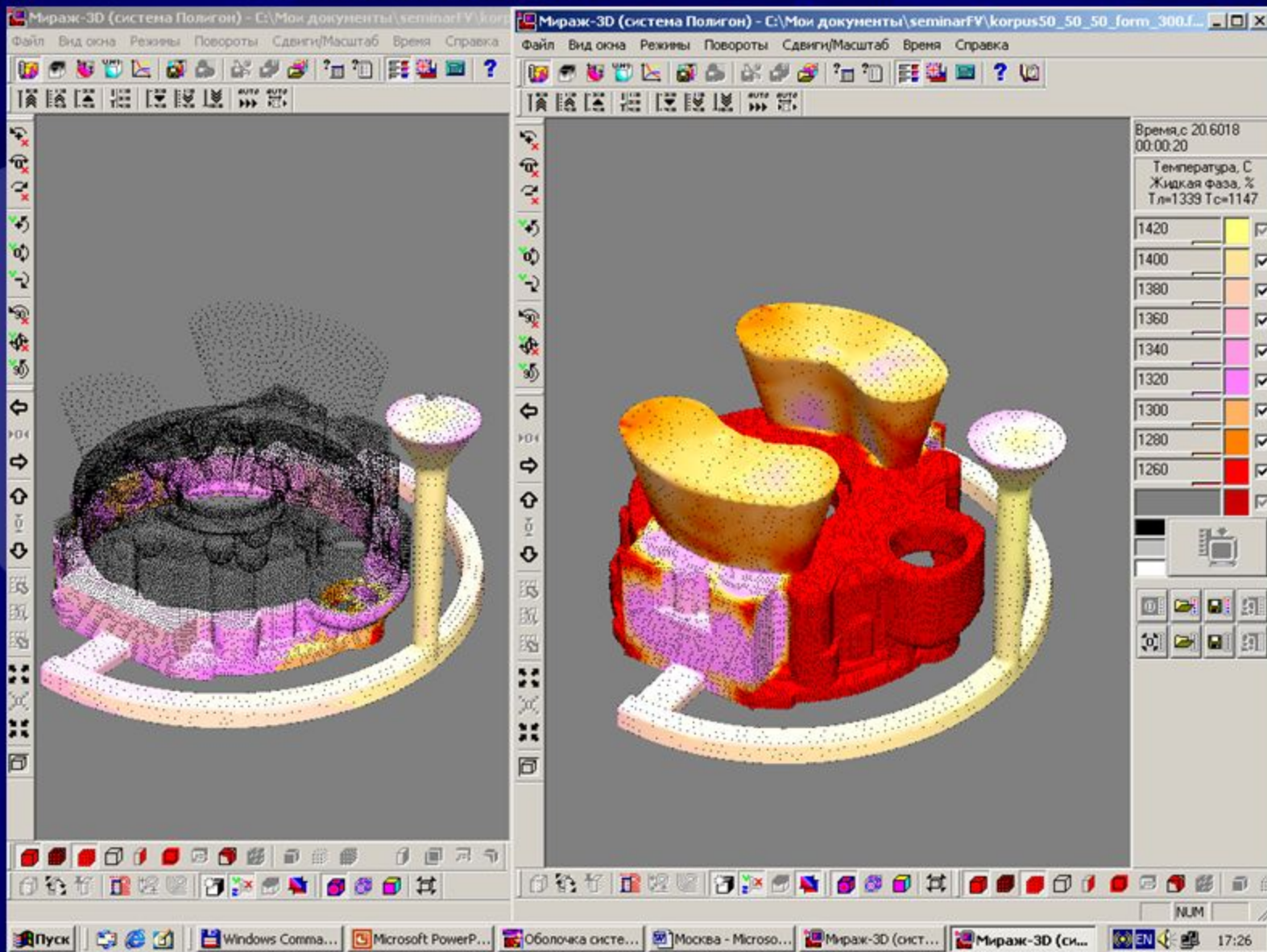
**Отливка: «Цилиндр»**  
**Технология: литье в кокиль**  
**Сплав: Al - сплав**



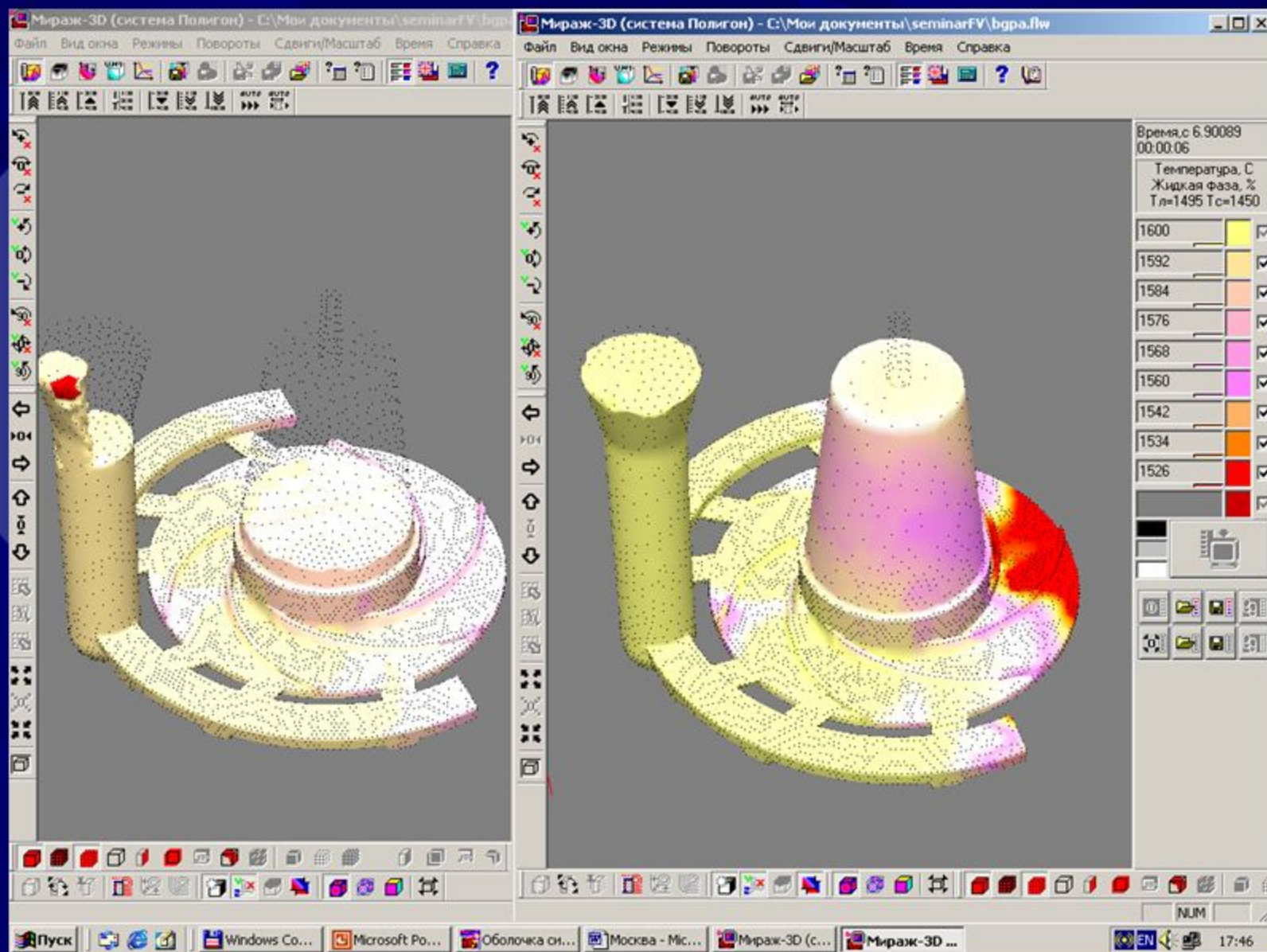
# Отливка: «Корпус коробки передач»

## Технология: литье в ПГС-форму

### Сплав: ковкий чугун



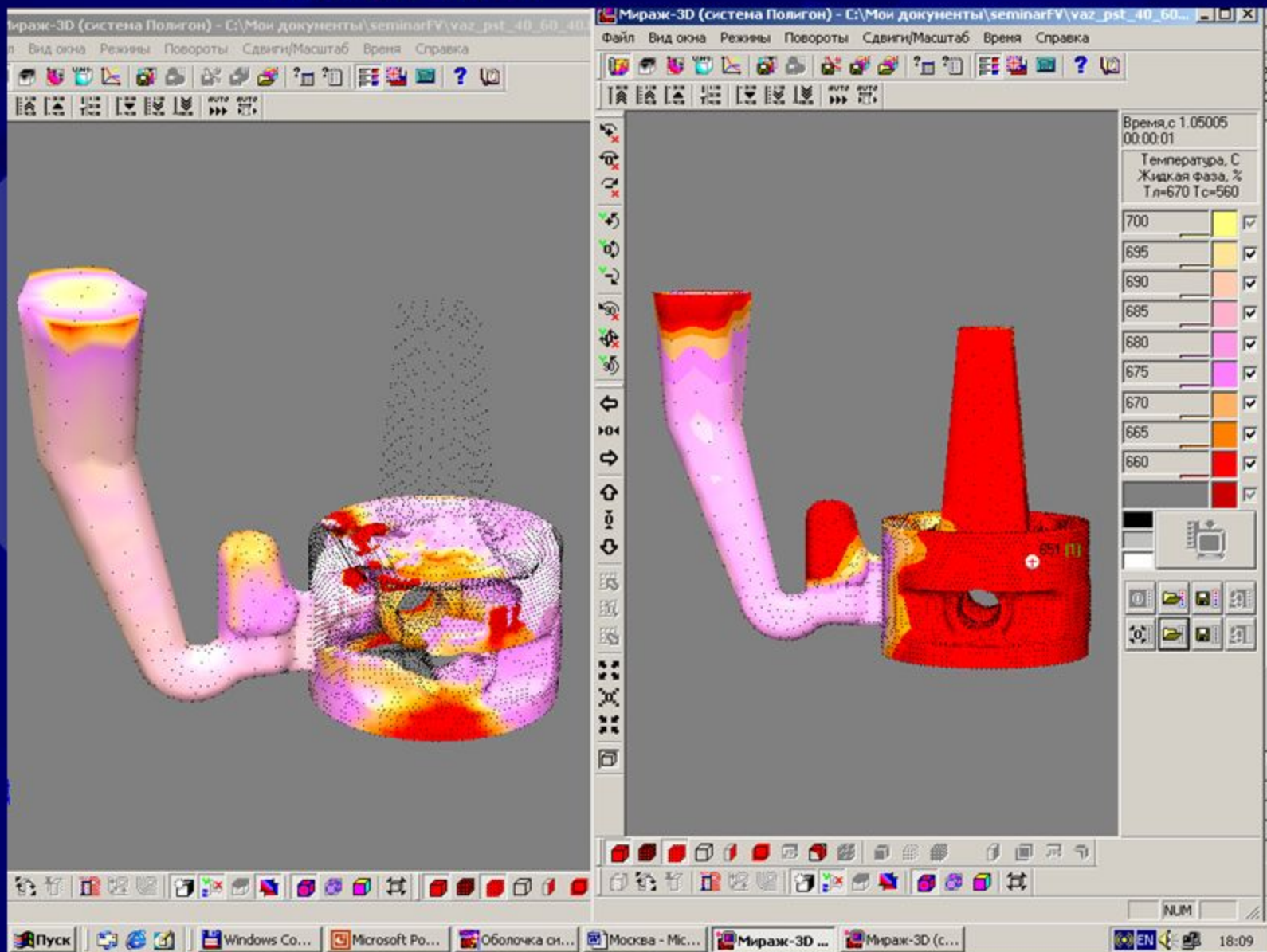
**Отливка: «Колесо»**  
**Технология: литье по выплавляемым моделям**  
**Сплав: сталь**



# Отливка: «Поршень»

## Технология: литье в кокиль

### Сплав: Al - сплав





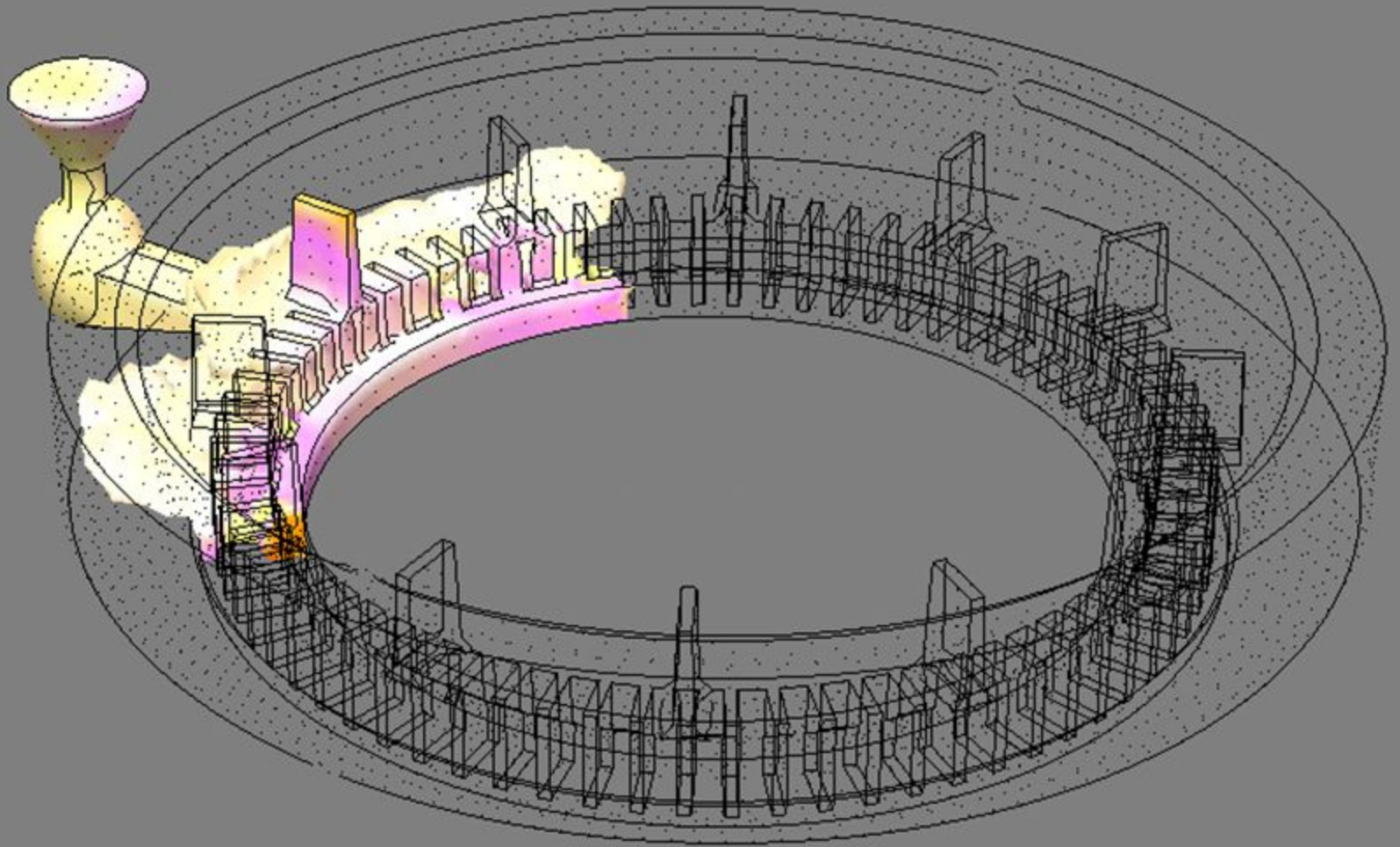
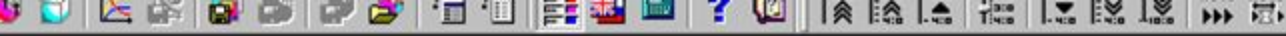


Основные результаты  
работы с  
СКМ ЛП ПОЛИГОН



# 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

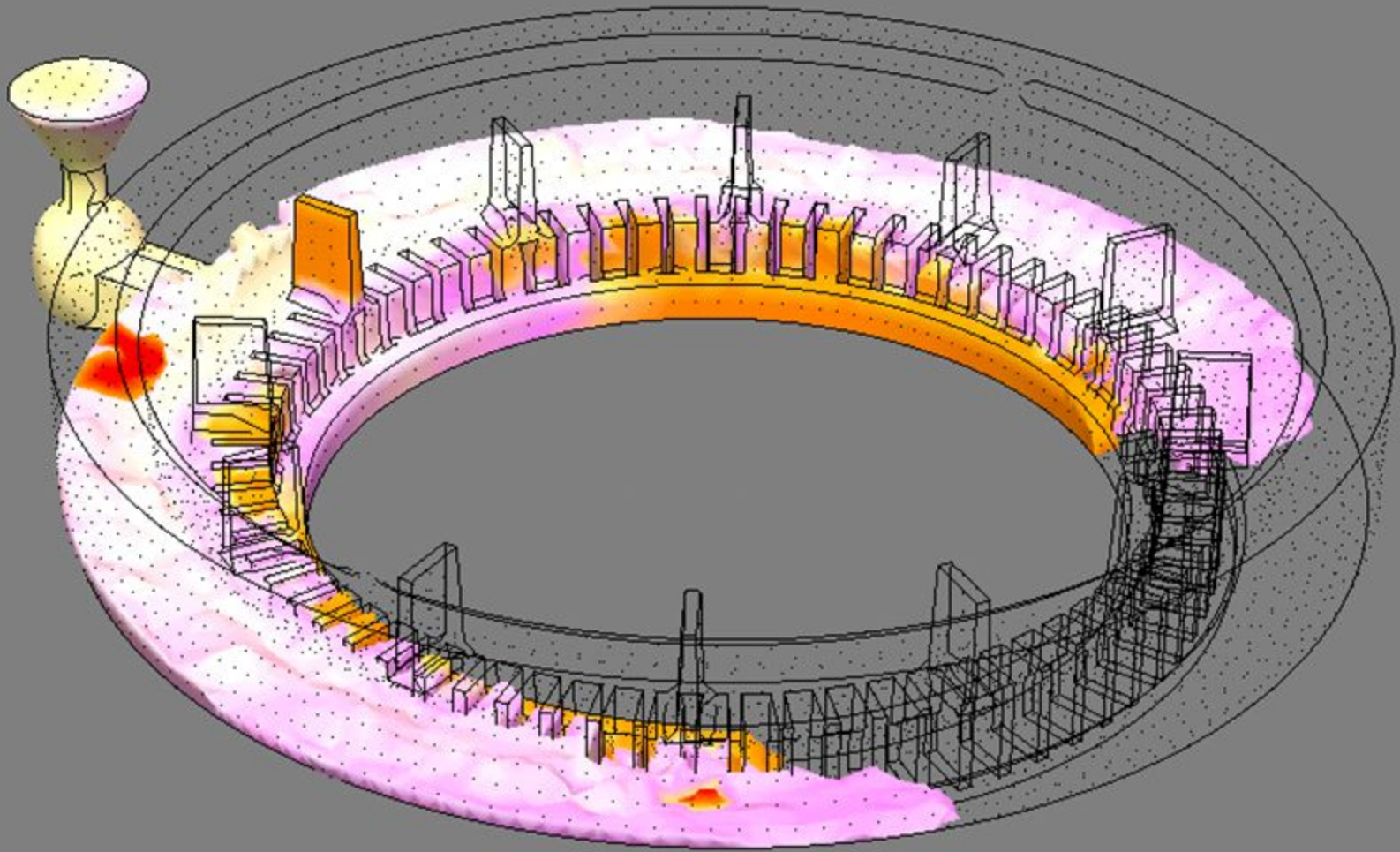
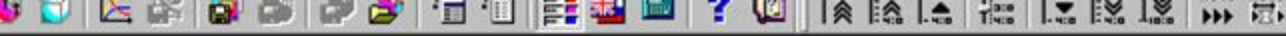
680

672

664

656





Время, с  
00:00:01

Температура  
Жидкая фаза  
Тл=660

720

712

704

696

688

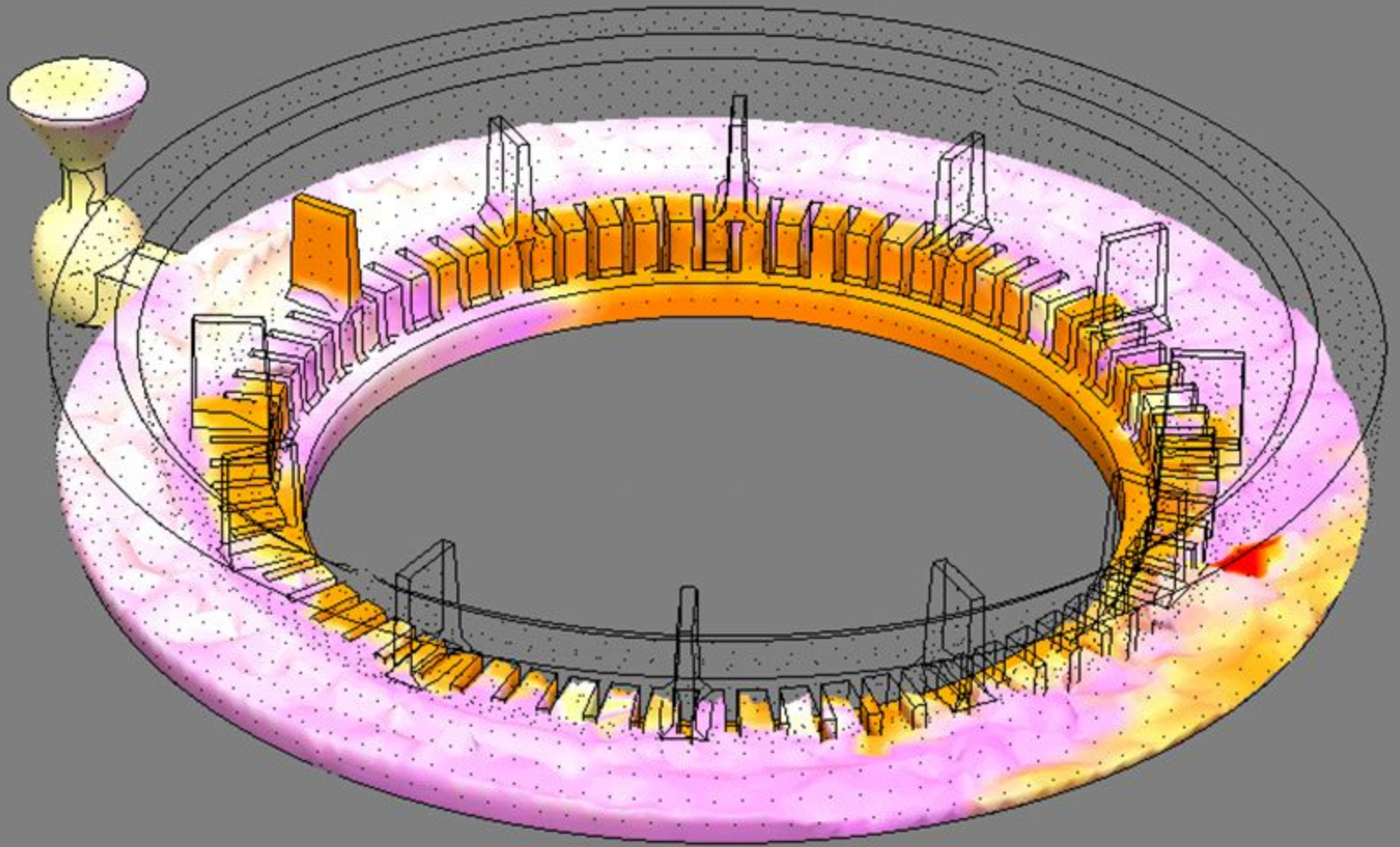
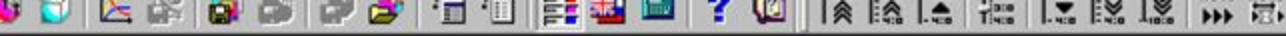
680

672

664

656





Время, с 2  
00:00:02

Темпер  
Жидка  
Тл=66

720

712

704

696

688

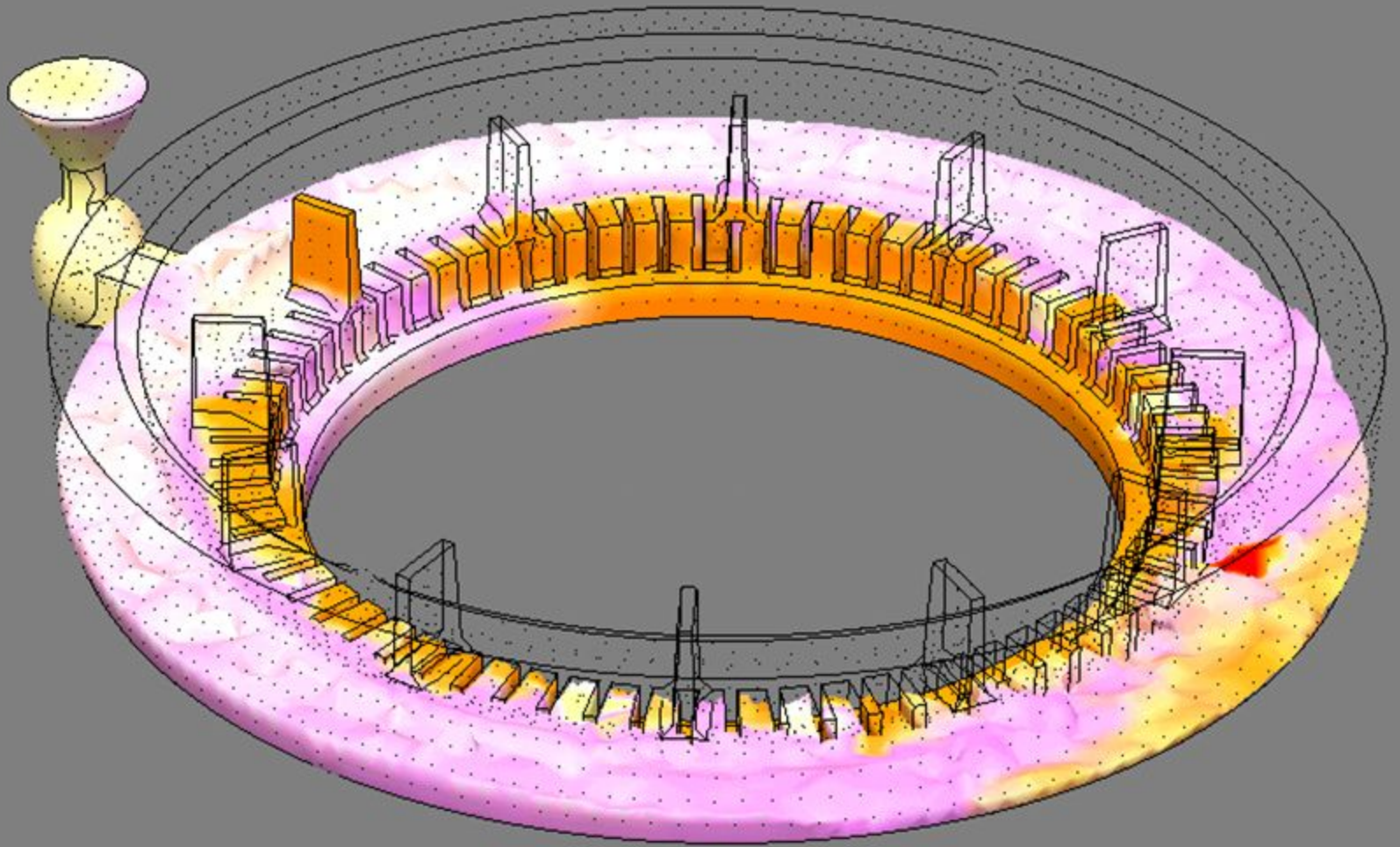
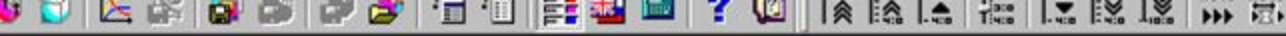
680

672

664

656





Время, с 2  
00:00:02

Темпер  
Жидка  
Тл=66

720

712

704

696

688

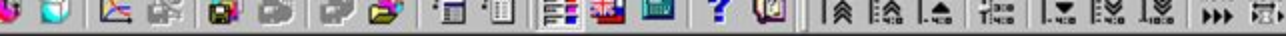
680

672

664

656



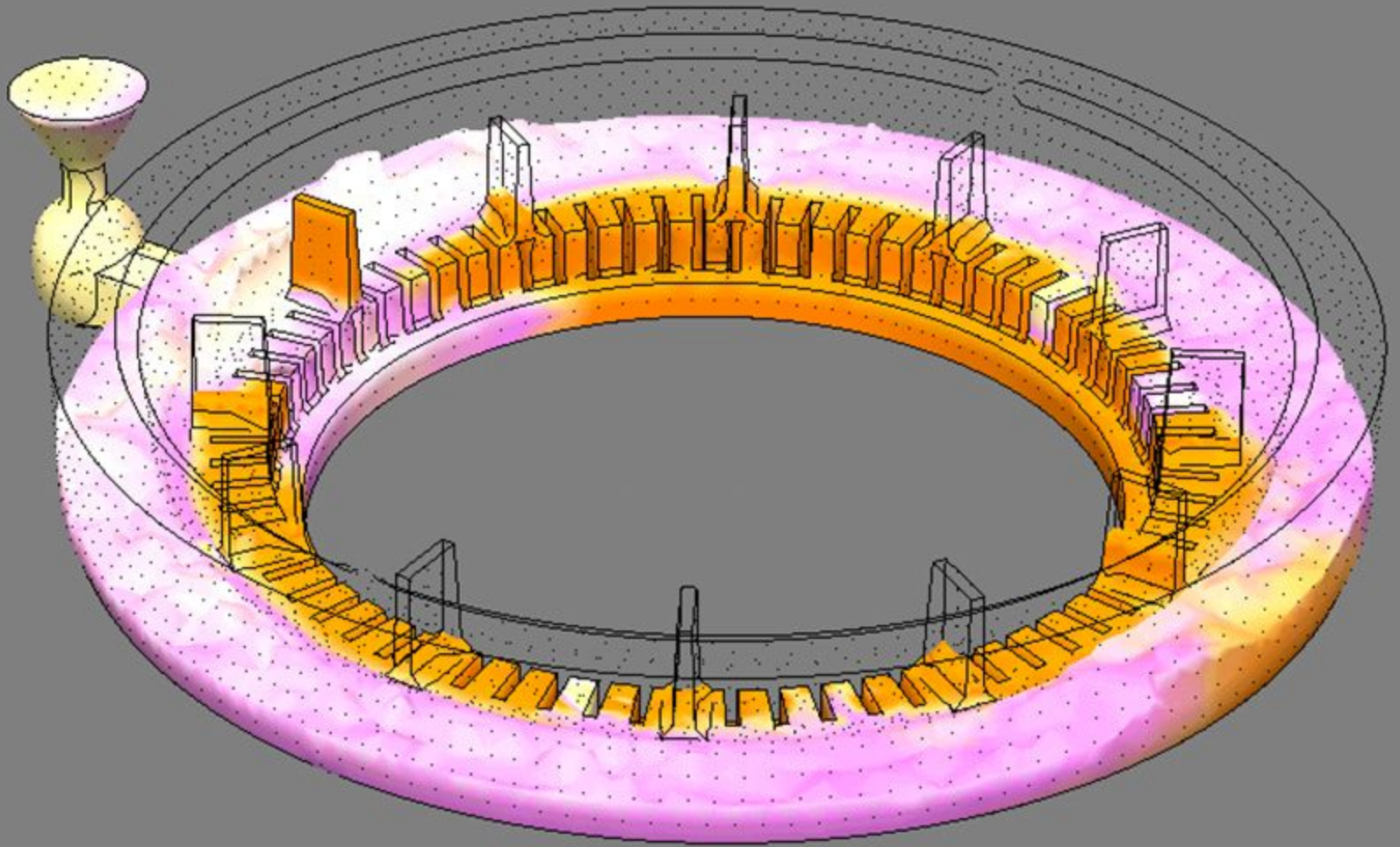


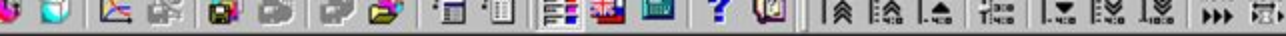
Время, с 2  
00:00:02

Темпер  
Жидка  
Тл=66

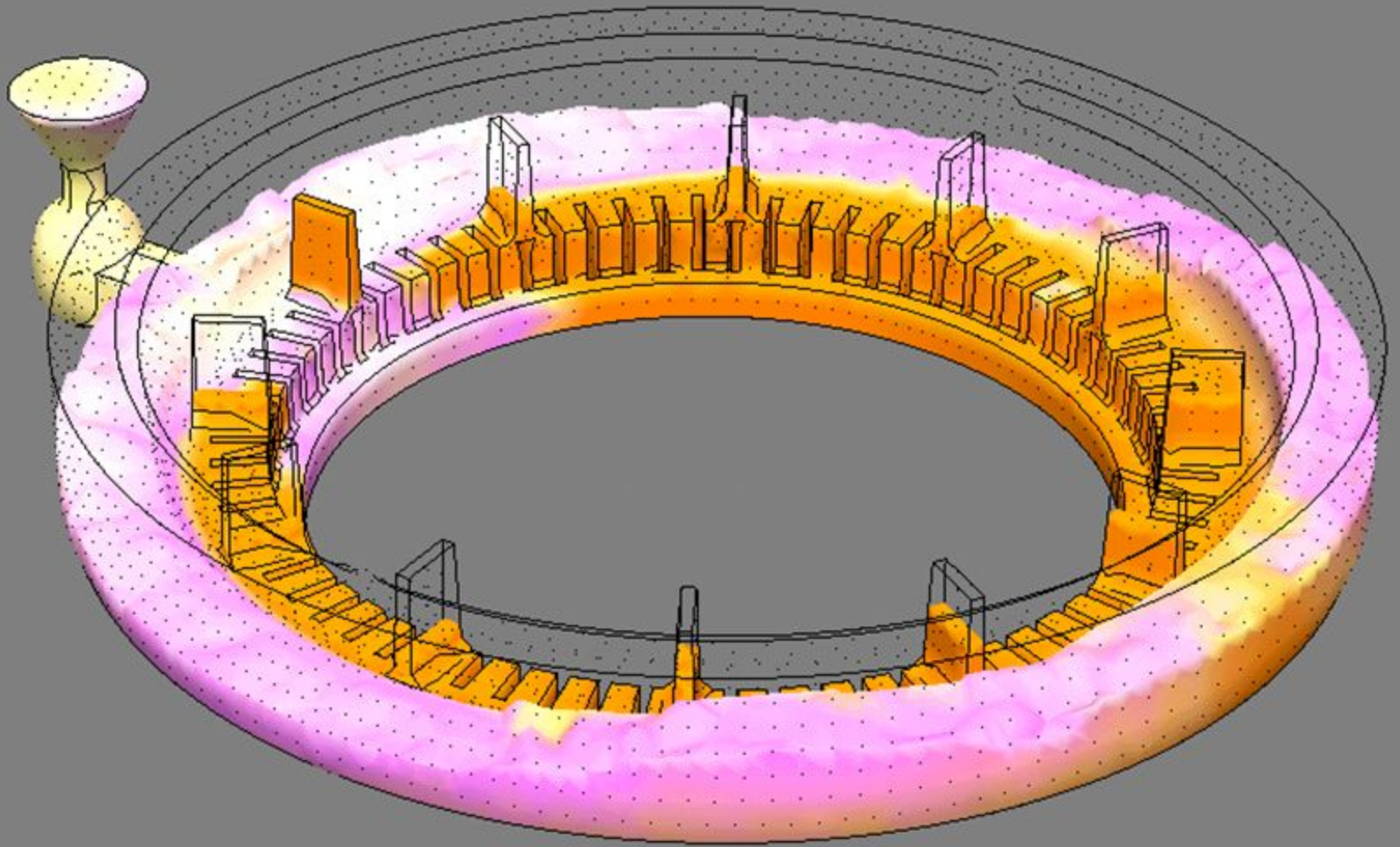
- 720
- 712
- 704
- 696
- 688
- 680
- 672
- 664
- 656

A vertical sidebar of CAD software controls including a 3D view icon, a 2D view icon, a zoom in/out icon, and a pan icon.





Время, с  
00:00:03  
Темпер  
Жидка  
Тл=66

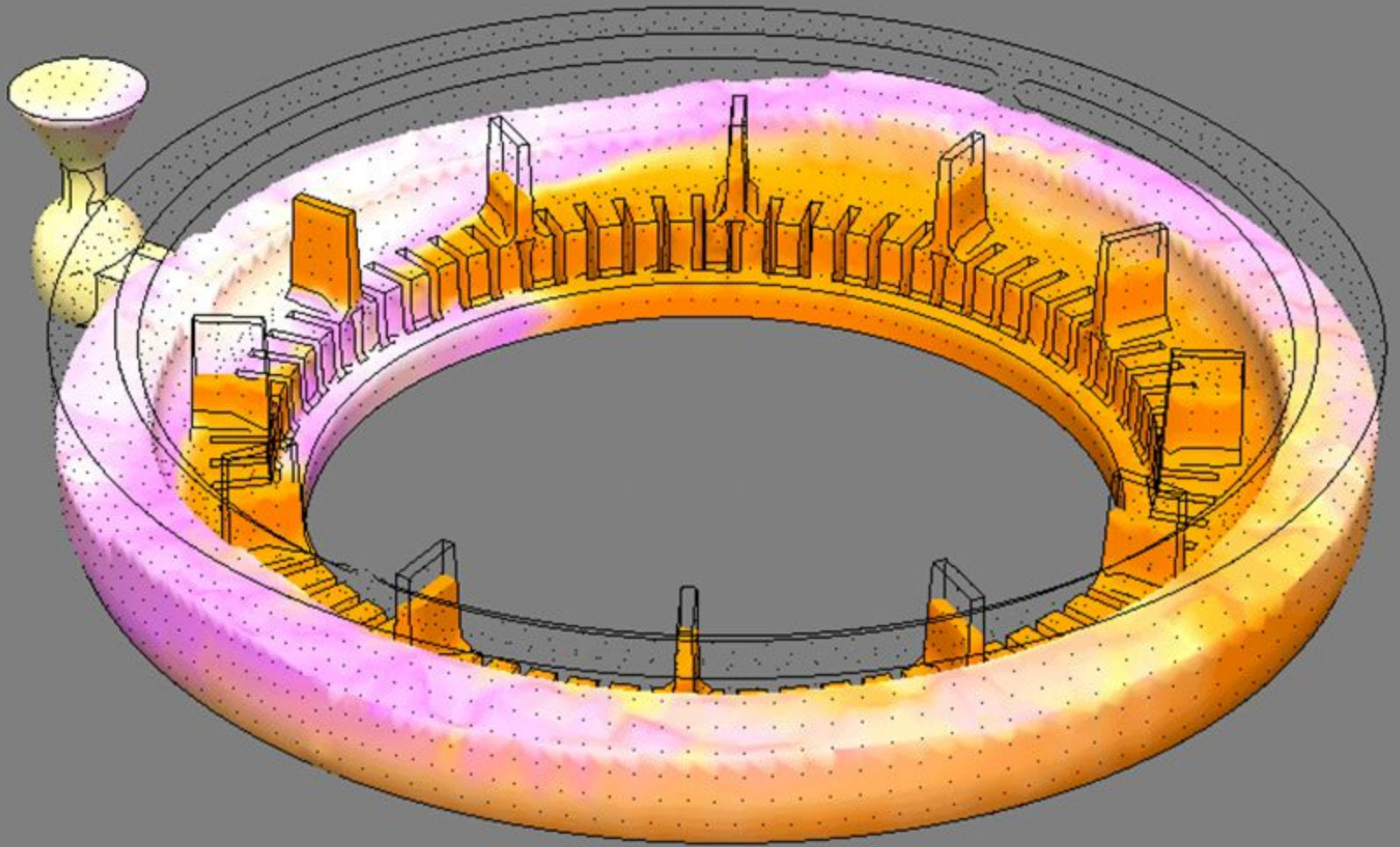
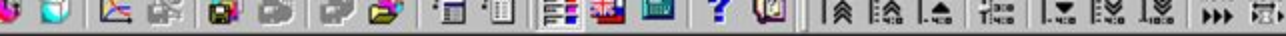


- 720
- 712
- 704
- 696
- 688
- 680
- 672
- 664
- 656

Navigation and control panel with icons for view manipulation (pan, rotate, zoom) and a vertical slider.





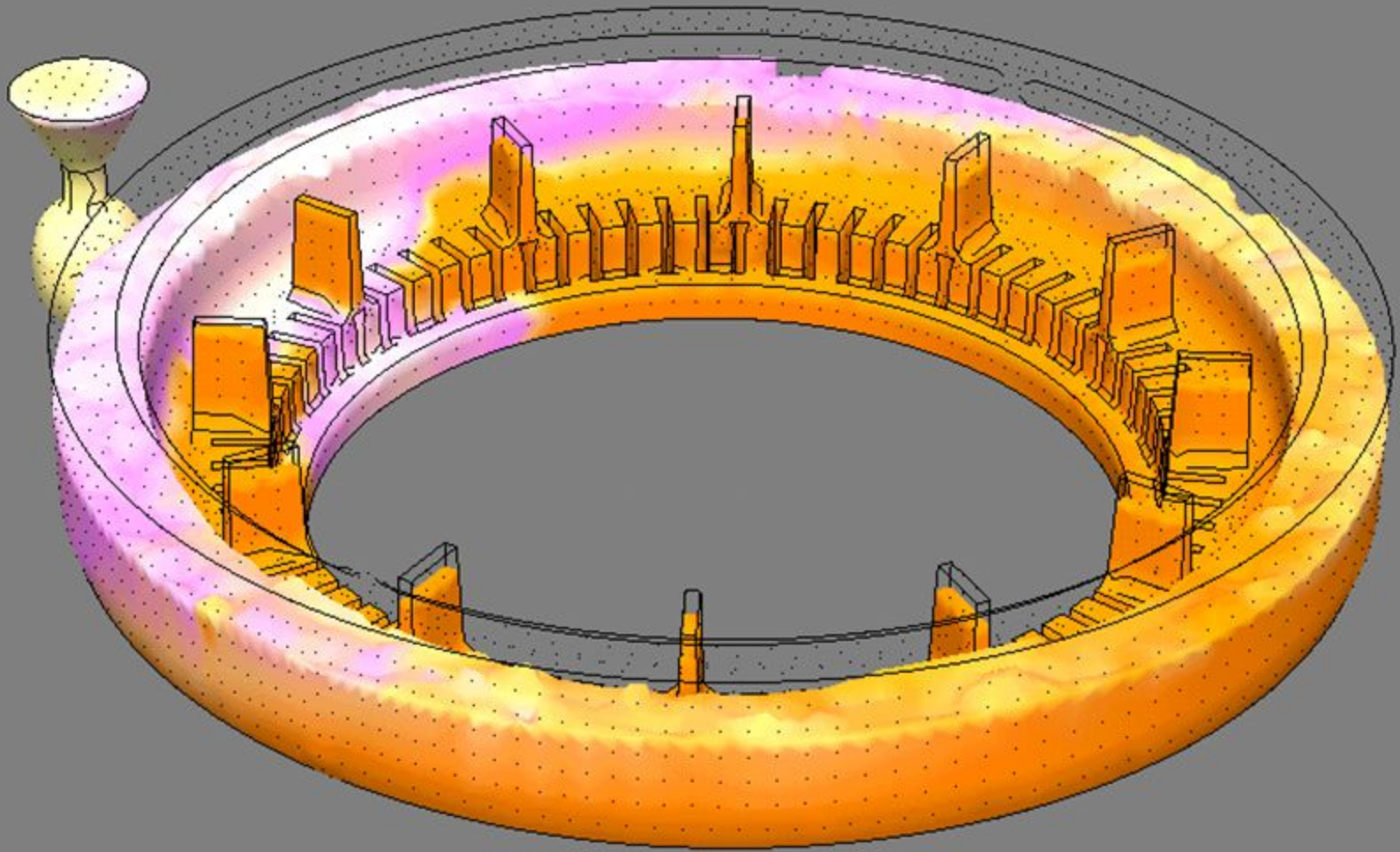
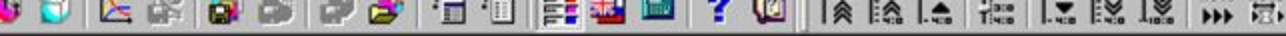


Время, с  
00:00:03

Температура  
Жидкая фаза  
Тл=660

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





Время, с 4  
00:00:04

Темпер  
Жидка  
Тл=66

720

712

704

696

688

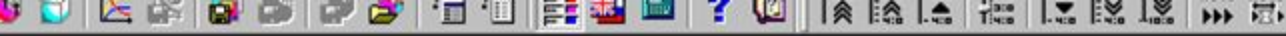
680

672

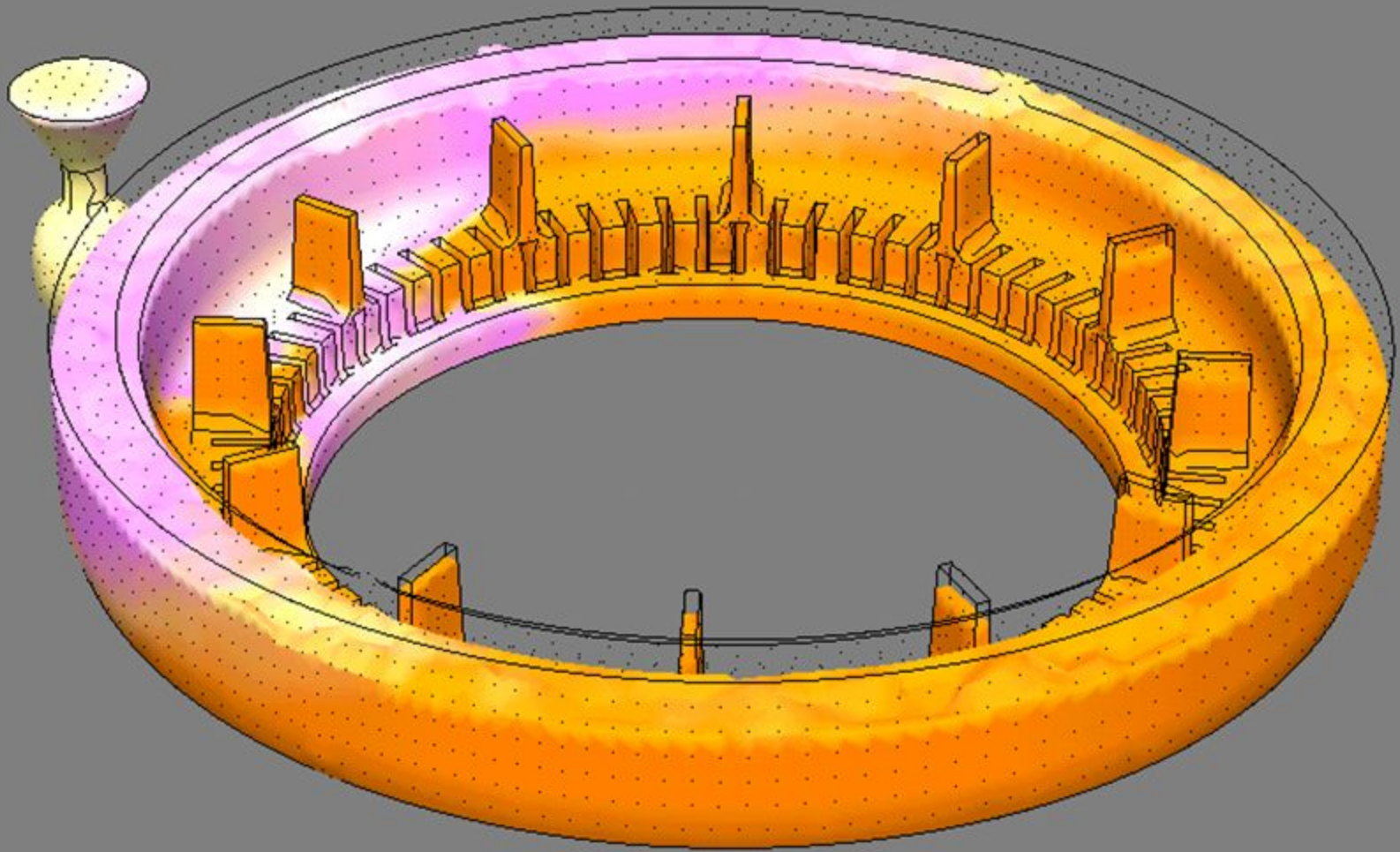
664

656





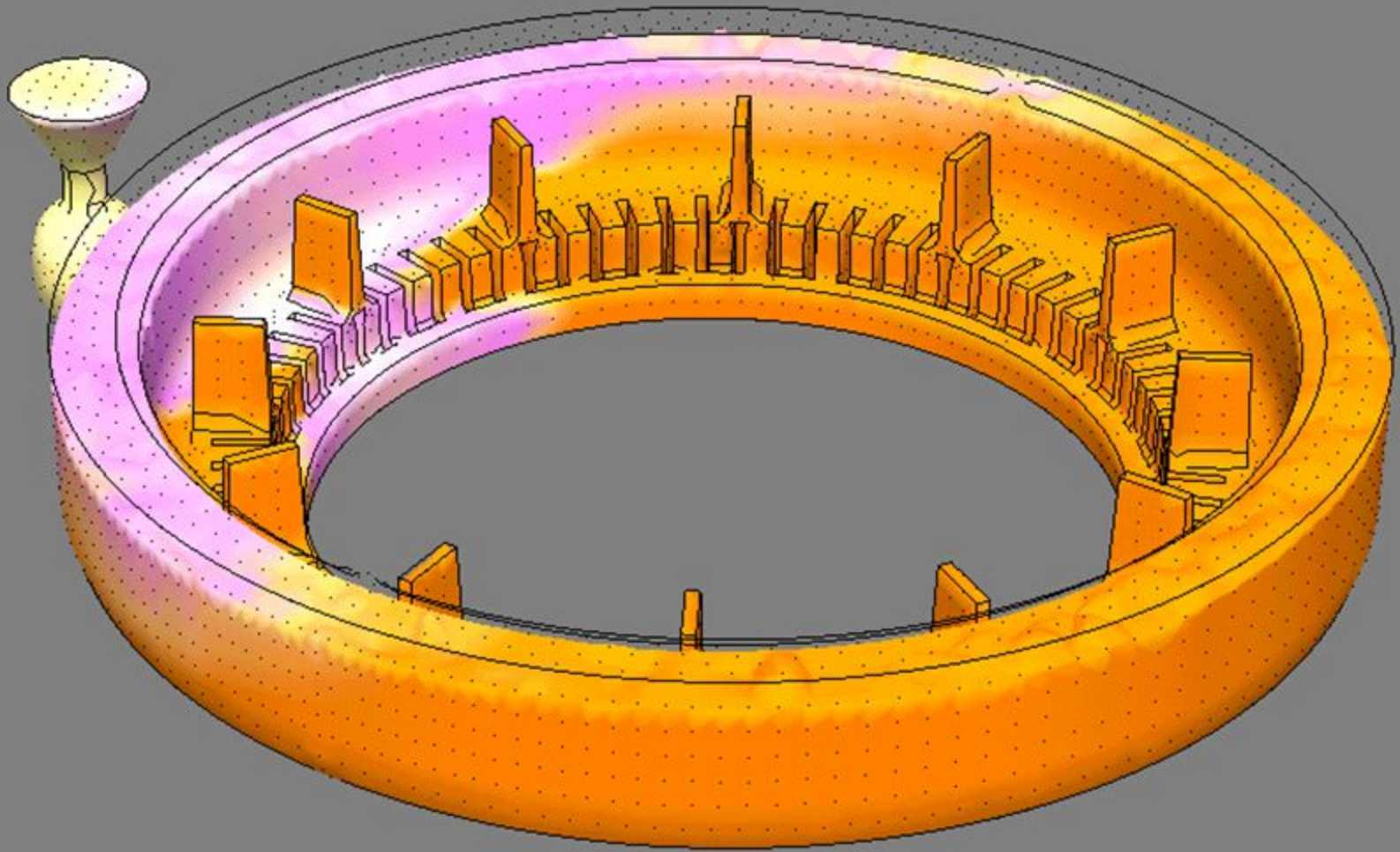
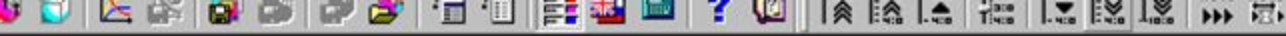
Время, с 4  
00:00:04  
Темпер  
Жидка  
Тл=66



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

Navigation and control panel with various icons for zooming, panning, and other 3D view functions.





Время, с 5  
00:00:05

Темпер  
Жидка  
Тл=66

720

712

704

696

688

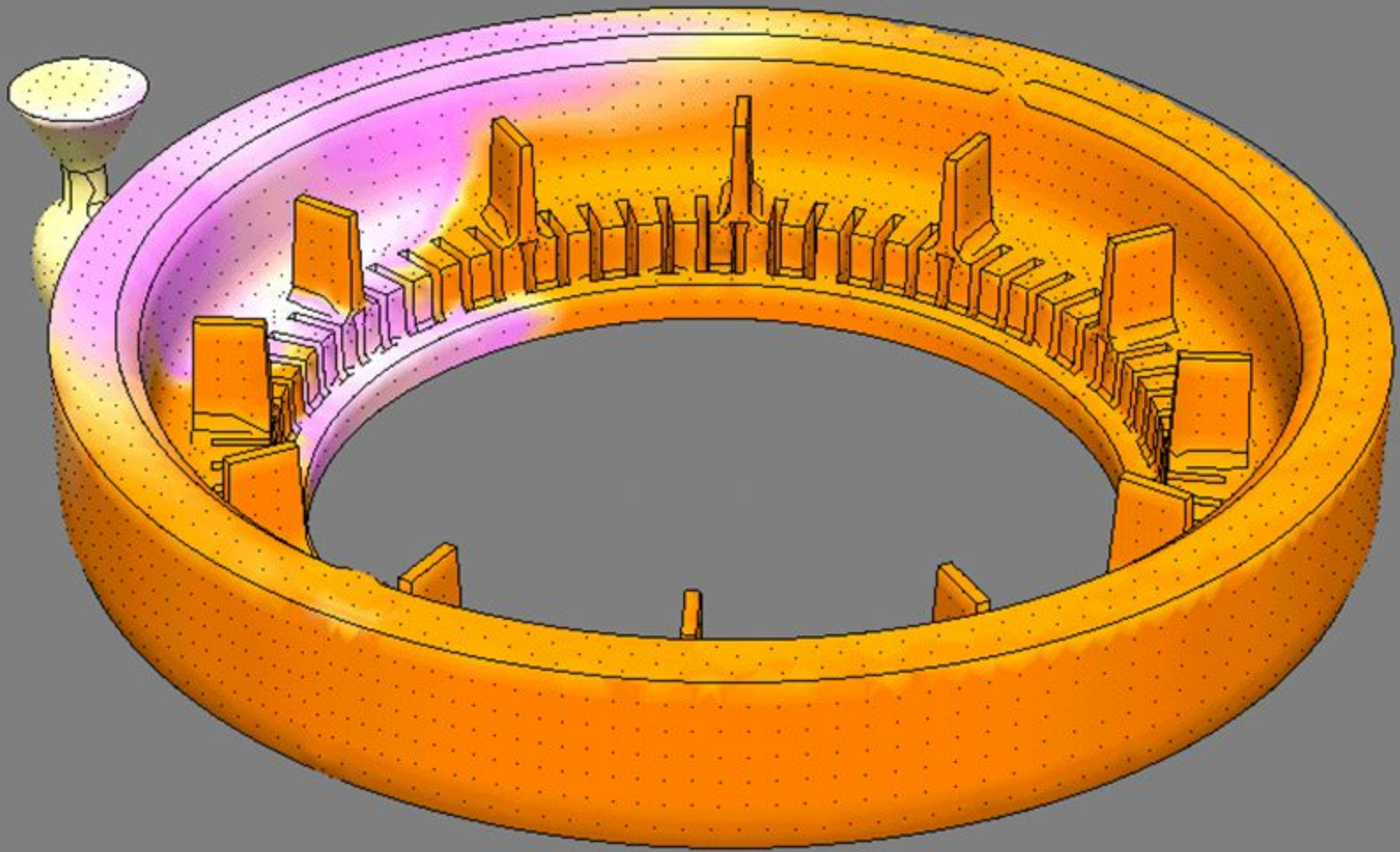
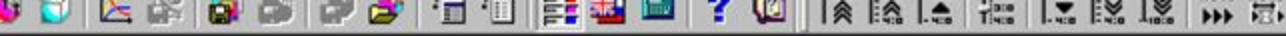
680

672

664

656





Время, с 00:00:06

Температура  
Жидкая фаза  
Тл=660

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

A control panel for the CAD software, featuring several icons for navigation and manipulation, such as a camera icon, a rotation icon, and a zoom icon.

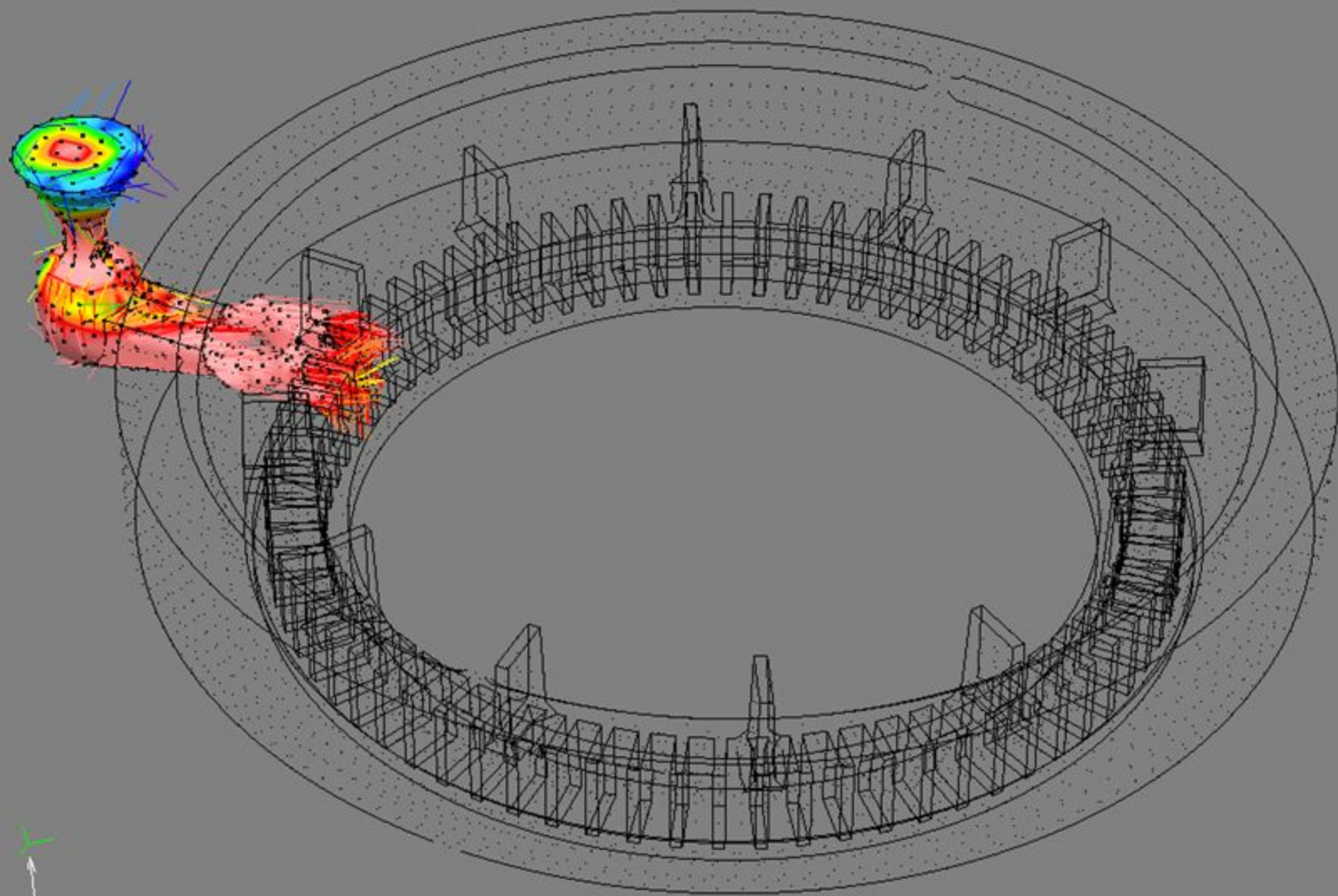
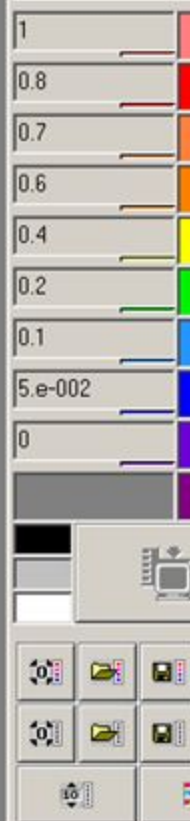


The background is a dark blue gradient with several faint, semi-transparent gear shapes scattered across it. On the far left, there is a vertical strip with a complex, multi-colored texture in shades of orange, yellow, and brown, resembling a microscopic view of a material or a textured surface.

# Визуализация полей скоростей потока металла

00:00:00

Скорость, м

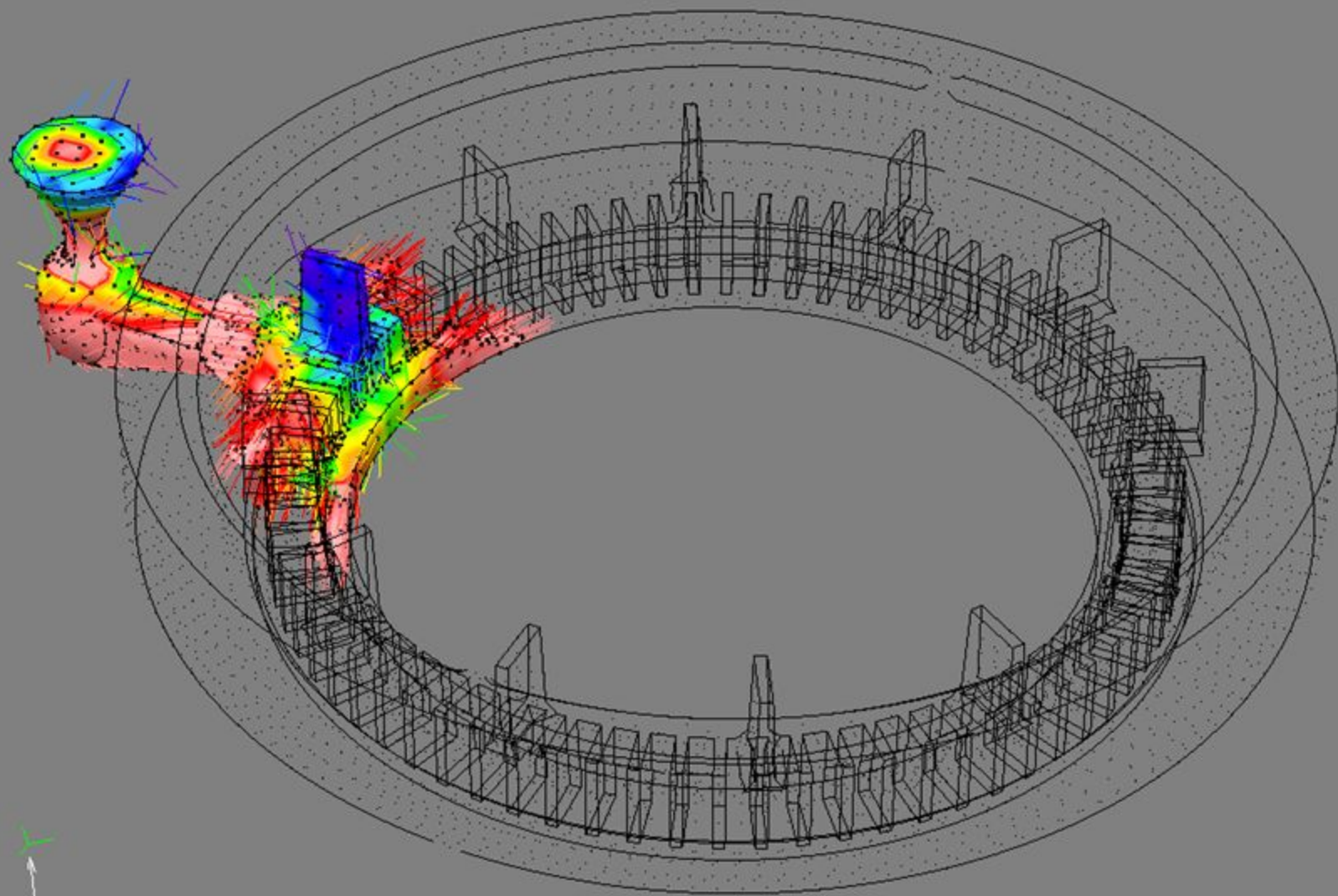


00:00:00

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 play/pause icon.



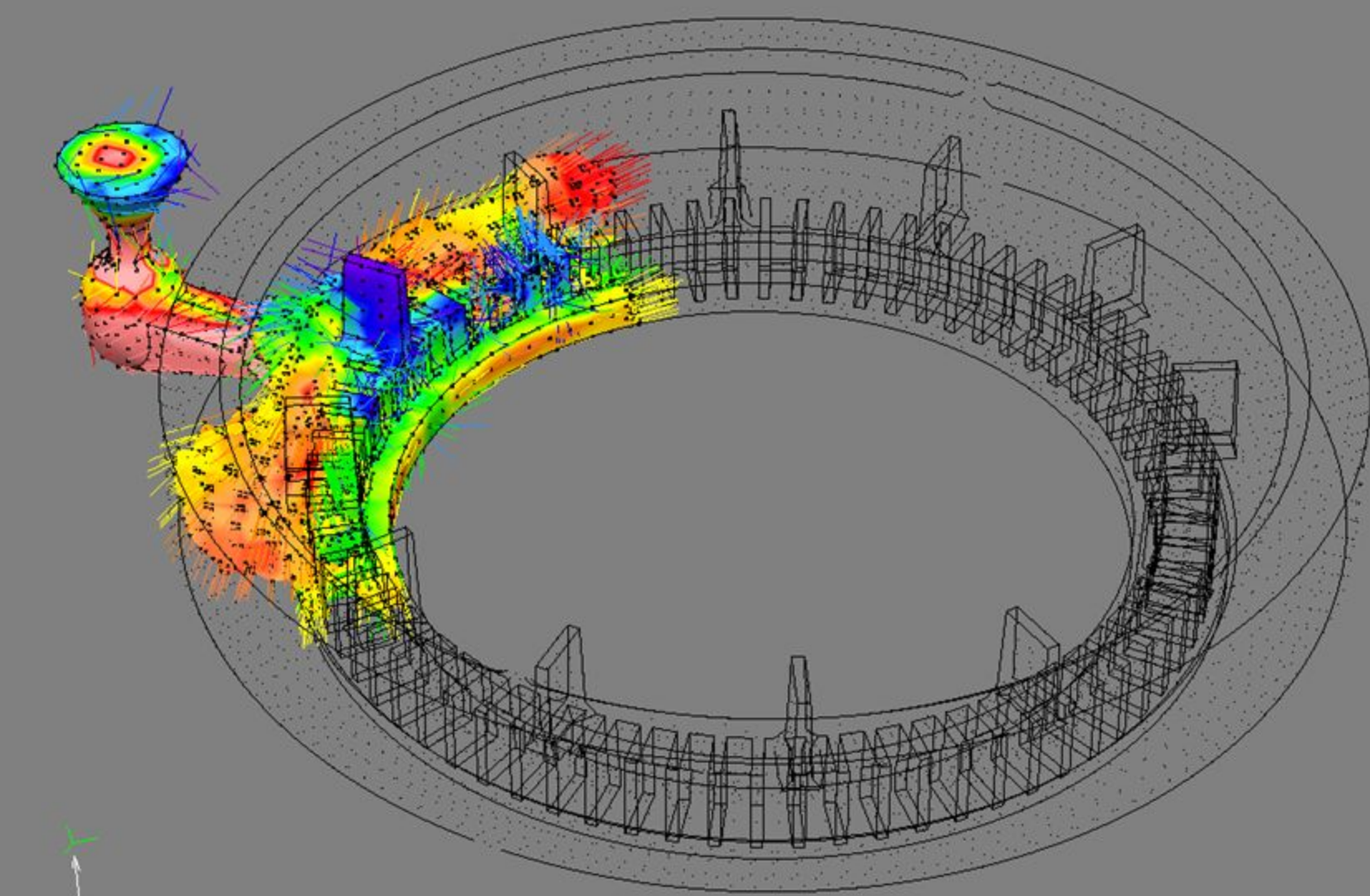


00:00:00

Скорость, м

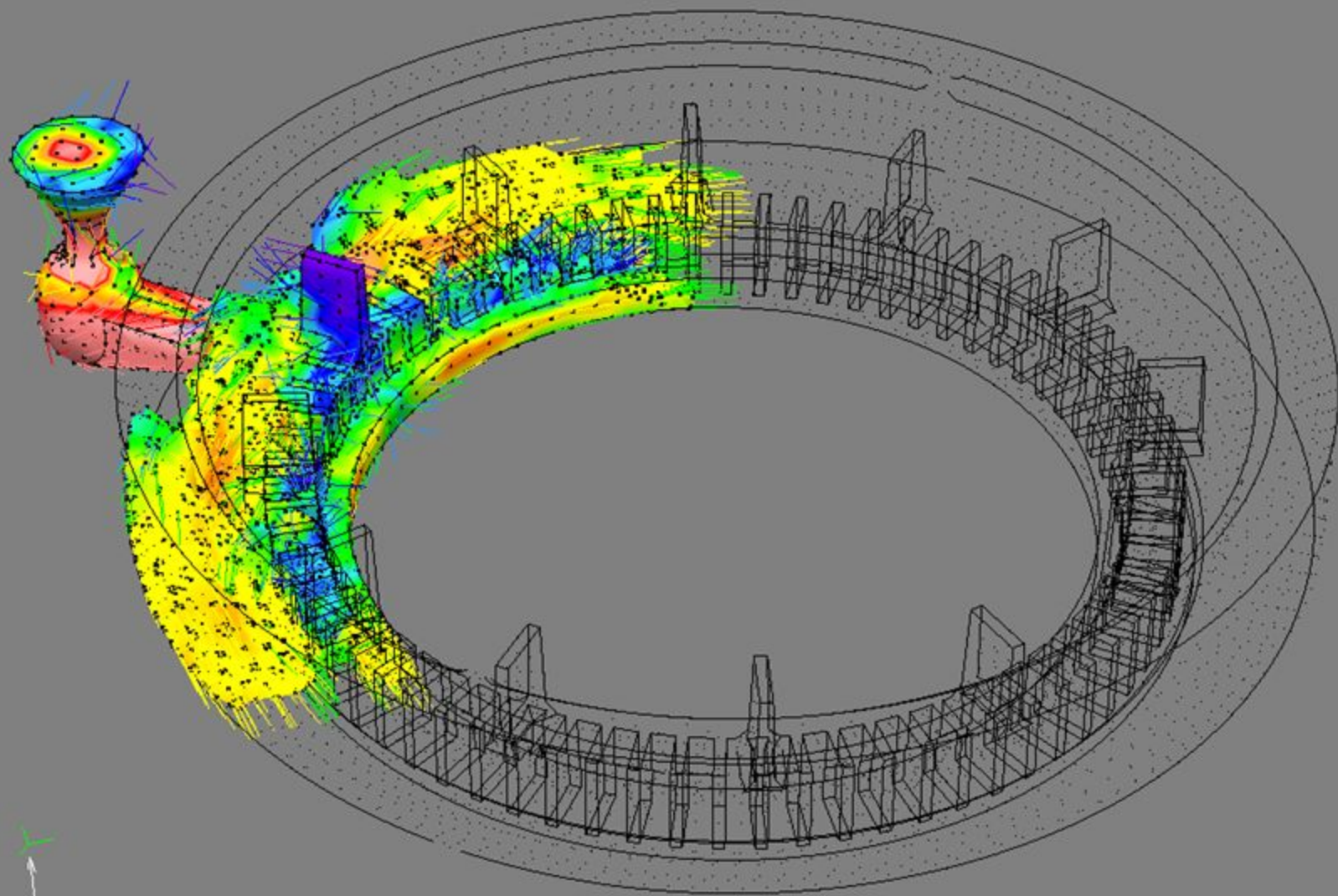
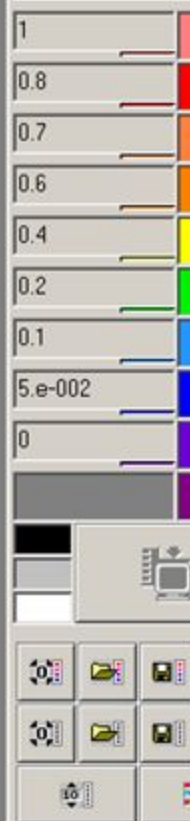


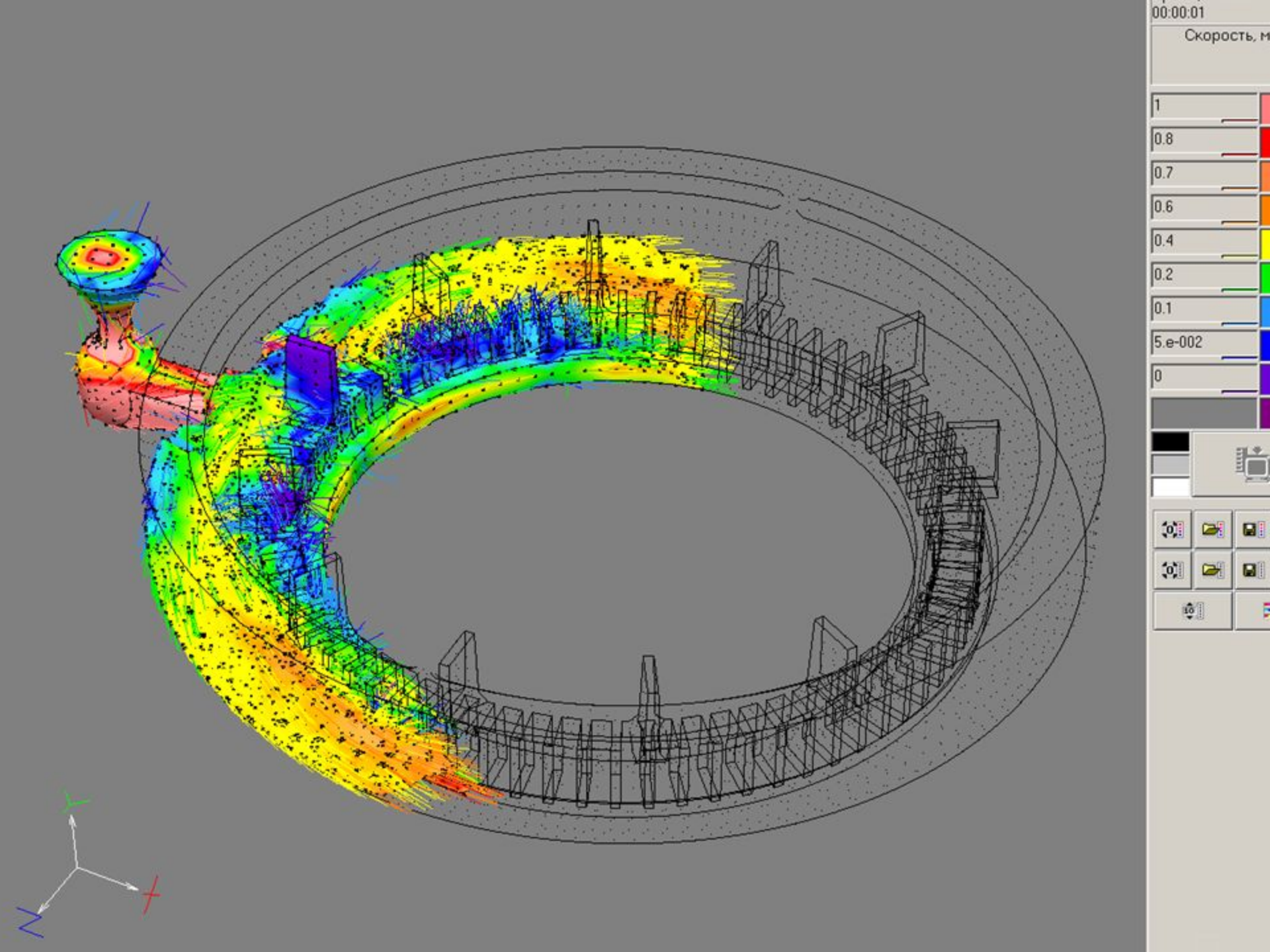
A set of software interface controls including a 'RELEASE' button with a downward arrow, a grid of six icons for different simulation views (e.g., wireframe, shaded, hidden), and a zoom control icon with a double-headed arrow.



00:00:01

Скорость, м



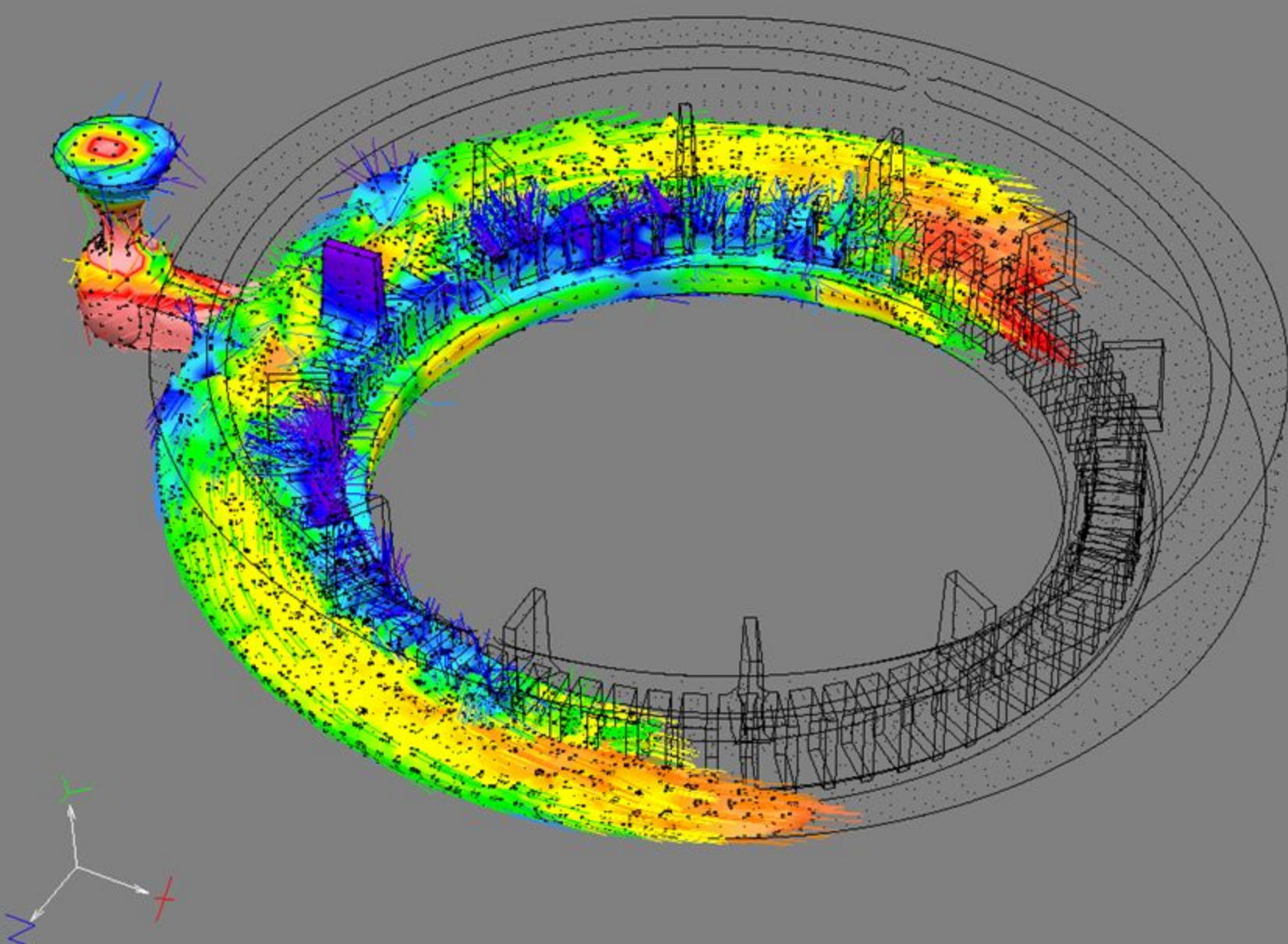


00:00:01

Скорость, м

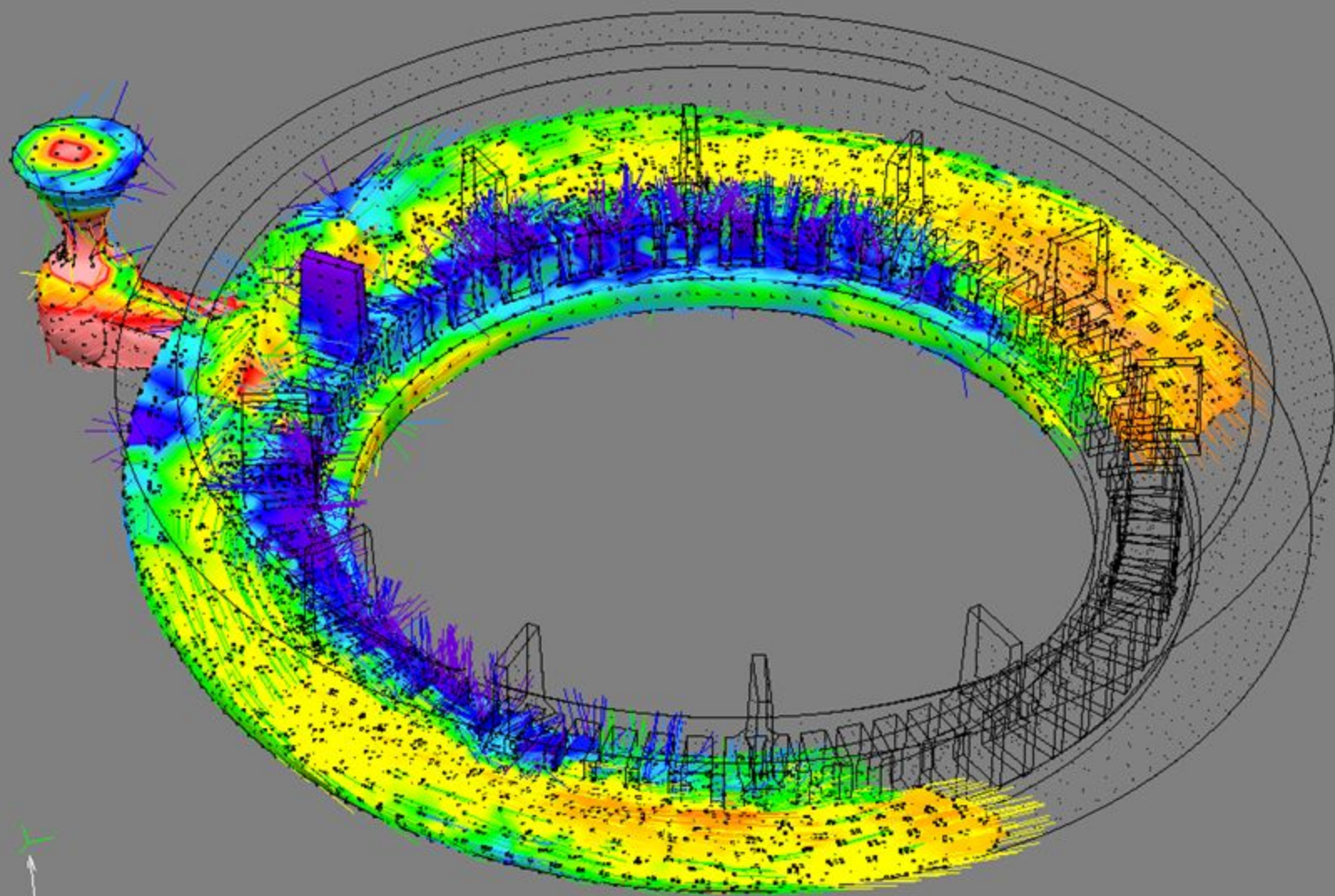
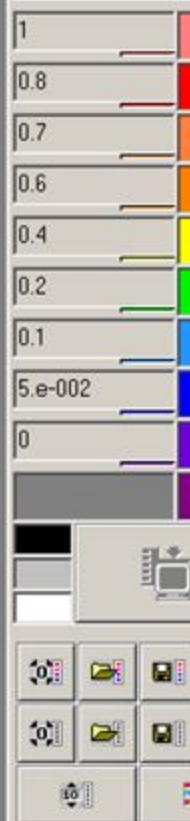


A control panel for the simulation software, featuring a 'RELEASE' button with a downward arrow, a grid of six view mode icons (isometric, perspective, top, bottom, front, back), and a zoom control icon.



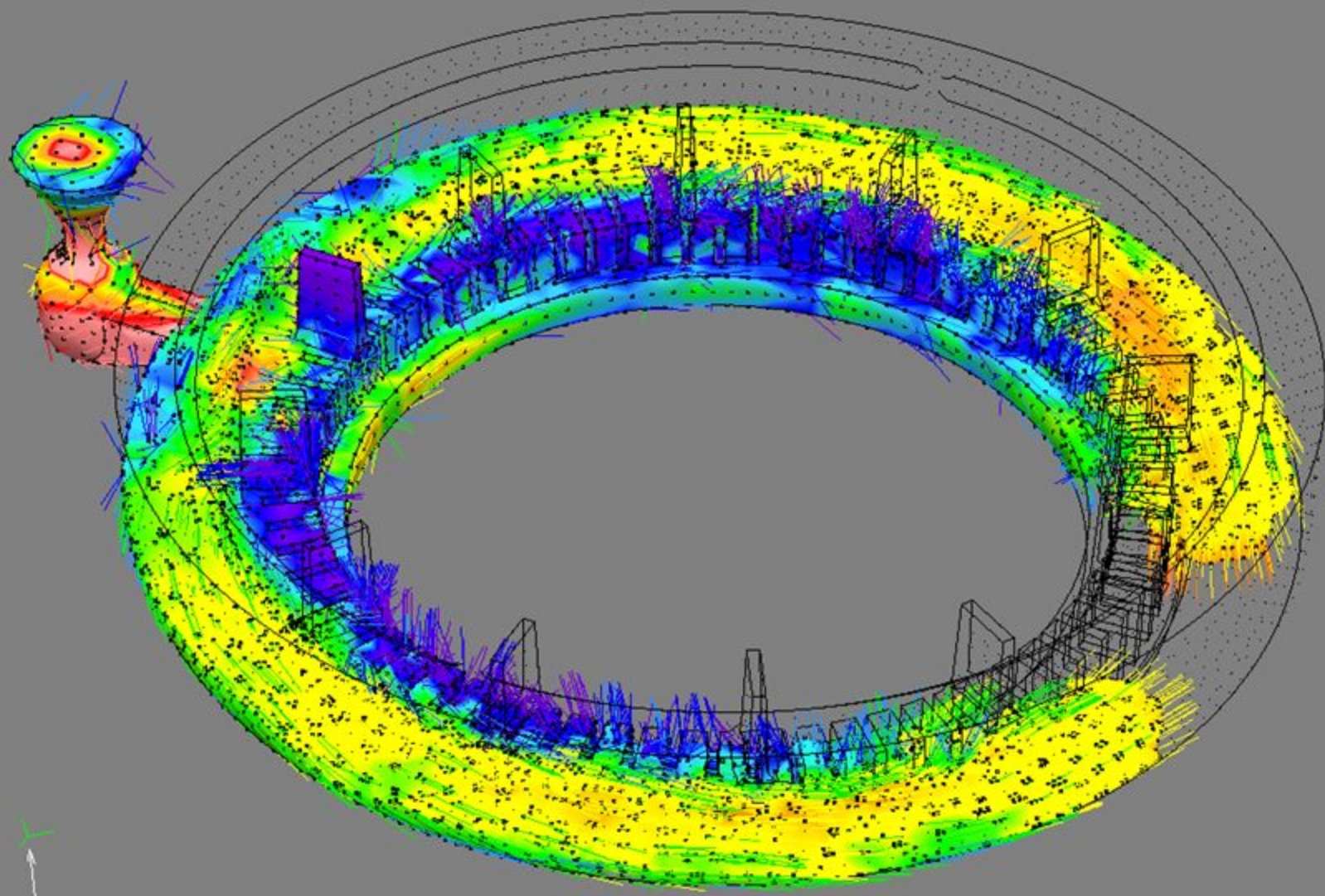
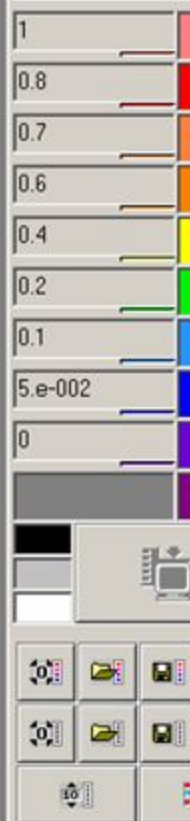
00:00:01

Скорость, м



00:00:02

Скорость, м



00:00.02

Скорость, м

1

0.8

0.7

0.6

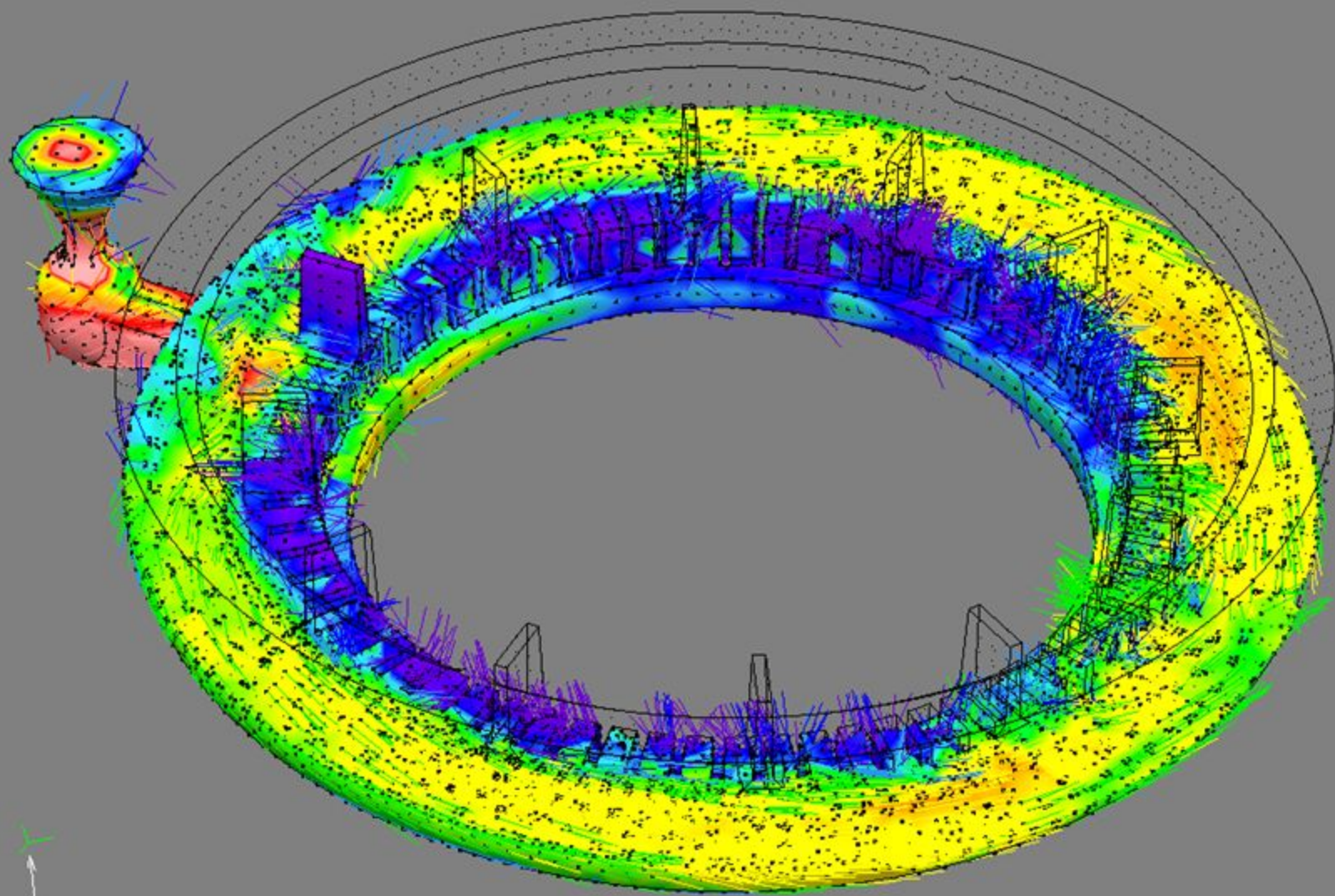
0.4

0.2

0.1

5e-002

0

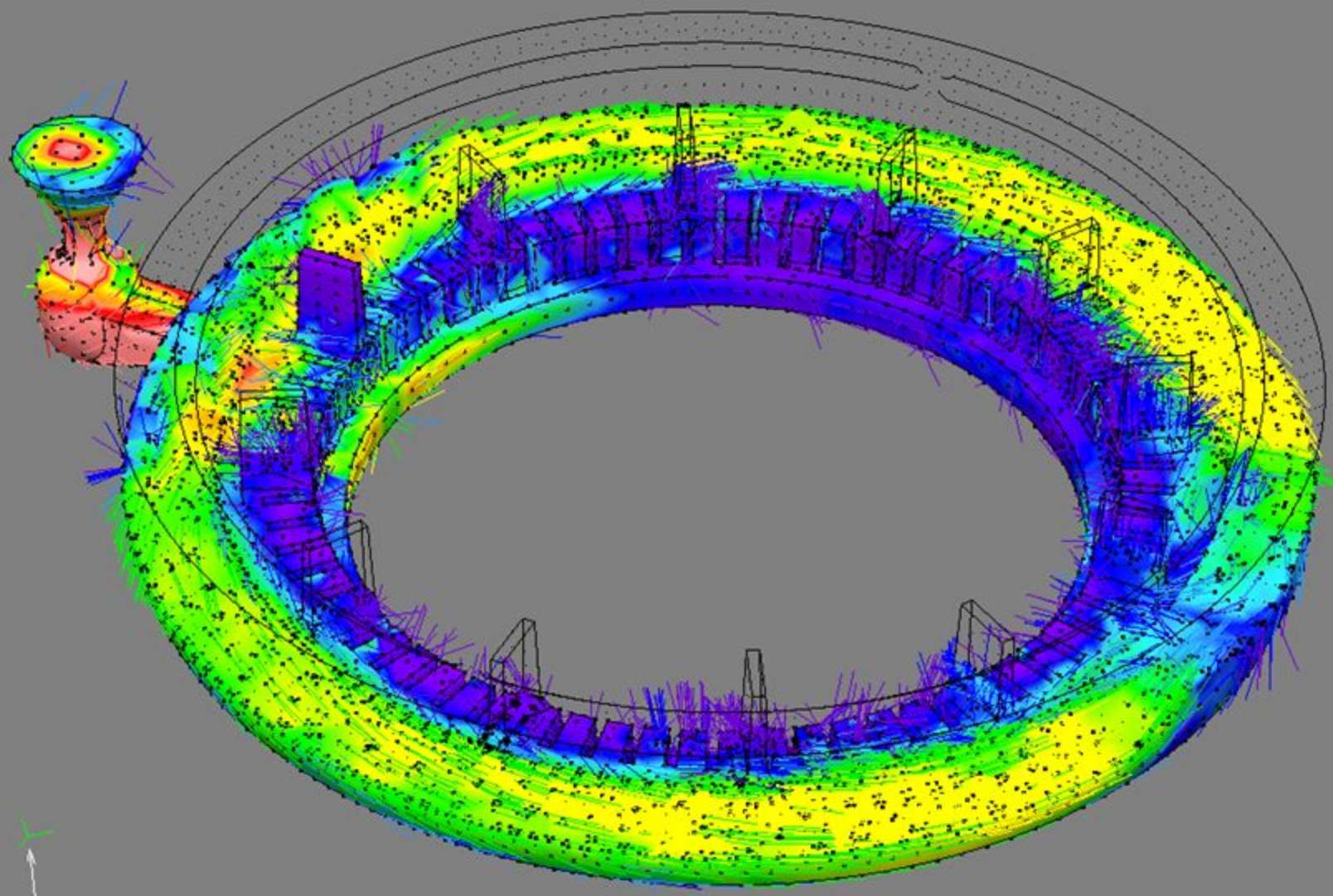


00:00:02

Скорость, м



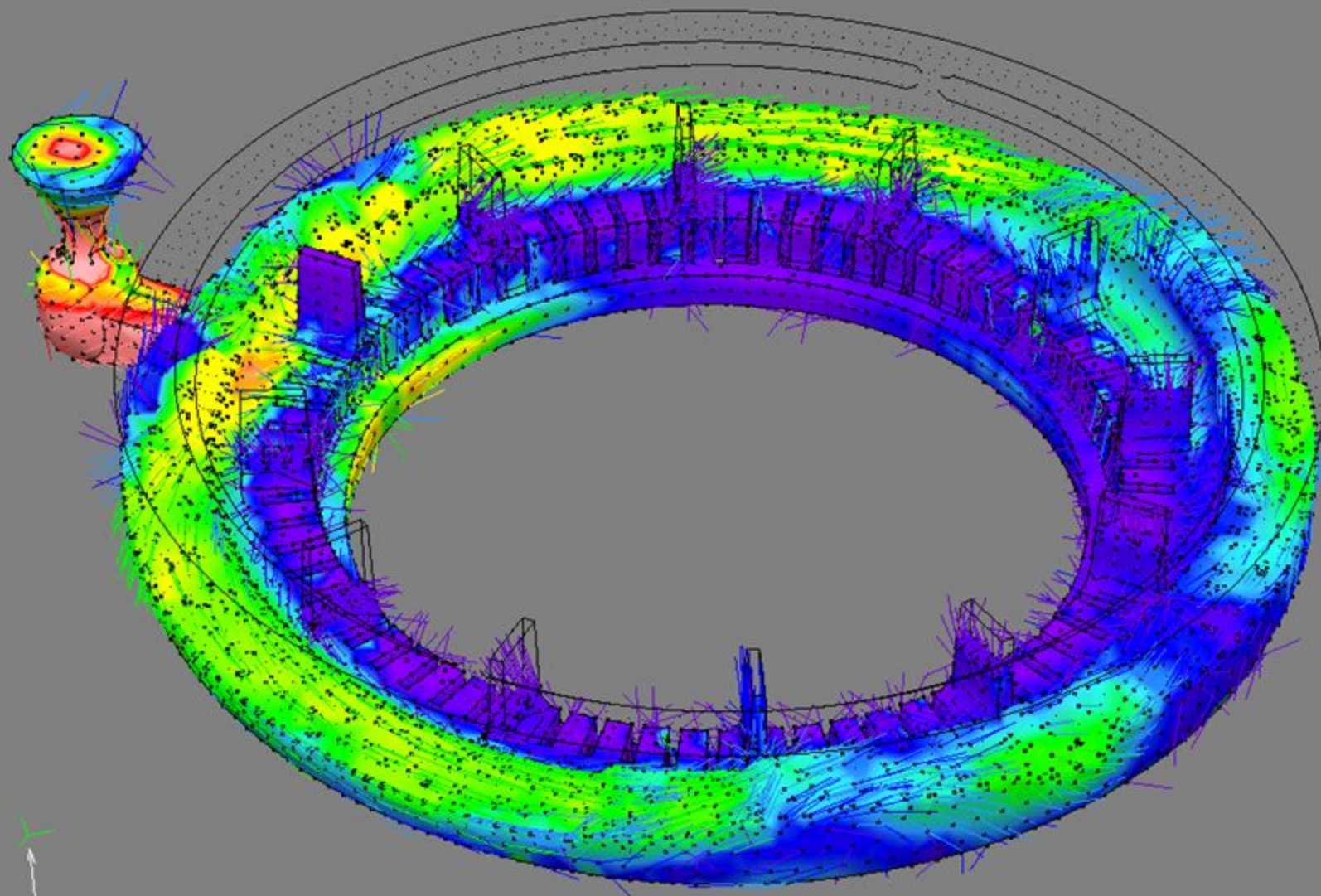
A set of software interface controls including a 'RELEASE' button with a downward arrow, a grid of six view mode icons (isometric, perspective, top, bottom, left, right), and a zoom control icon.





00:00:03

Скорость, м

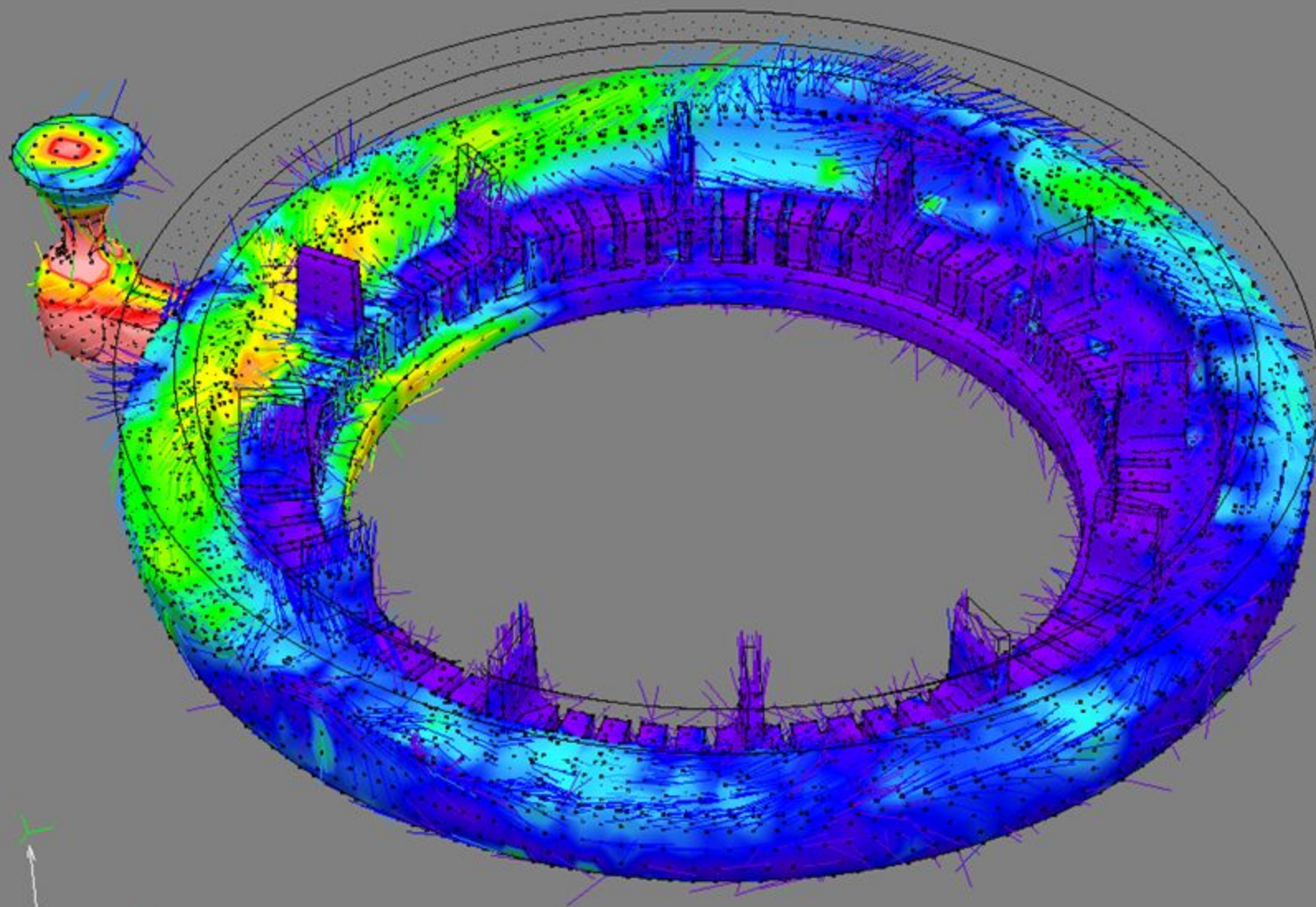


00:00.03

Скорость, м



A control panel for the simulation. 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 sphere, a cube, and a cylinder), the second row has three icons (a sphere, a cube, and a cylinder), and the third row has two icons (a sphere and a cube).

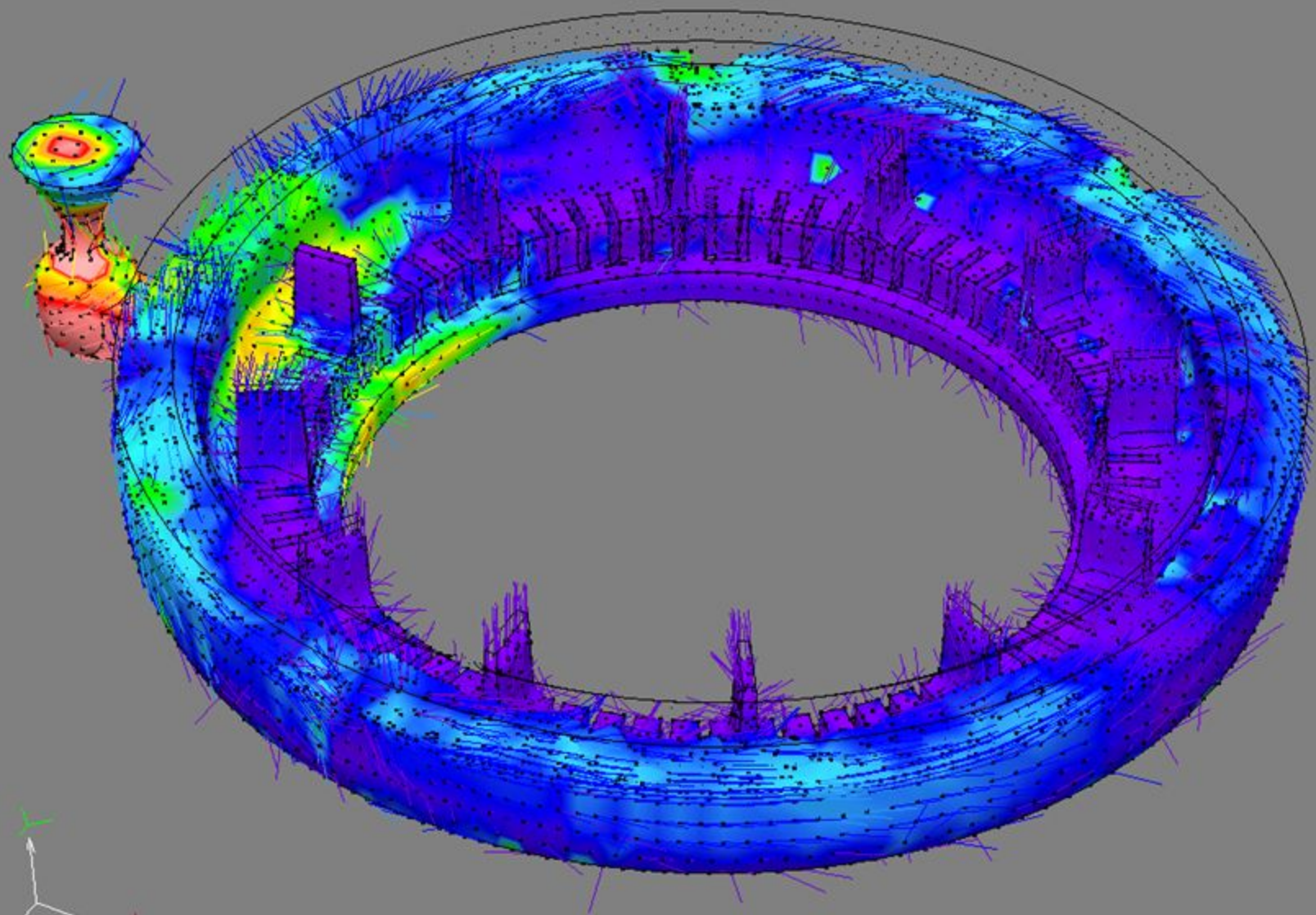


00:00:04

Скорость, м

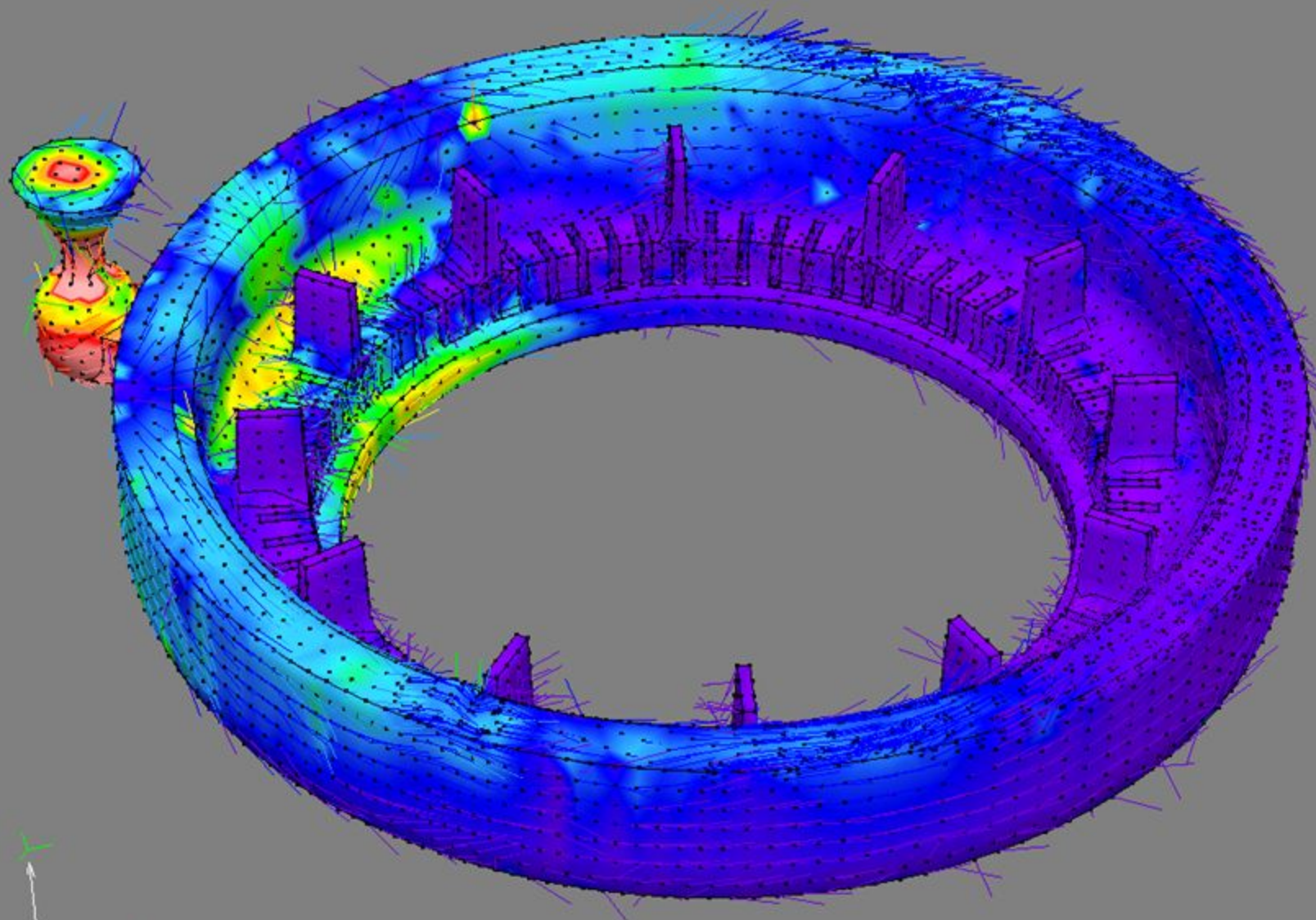
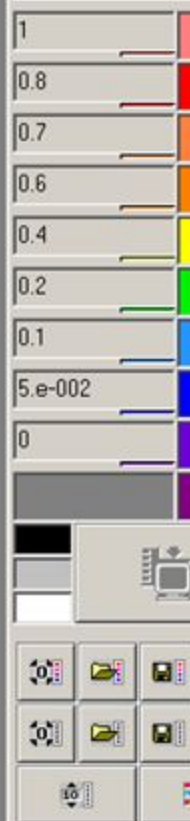


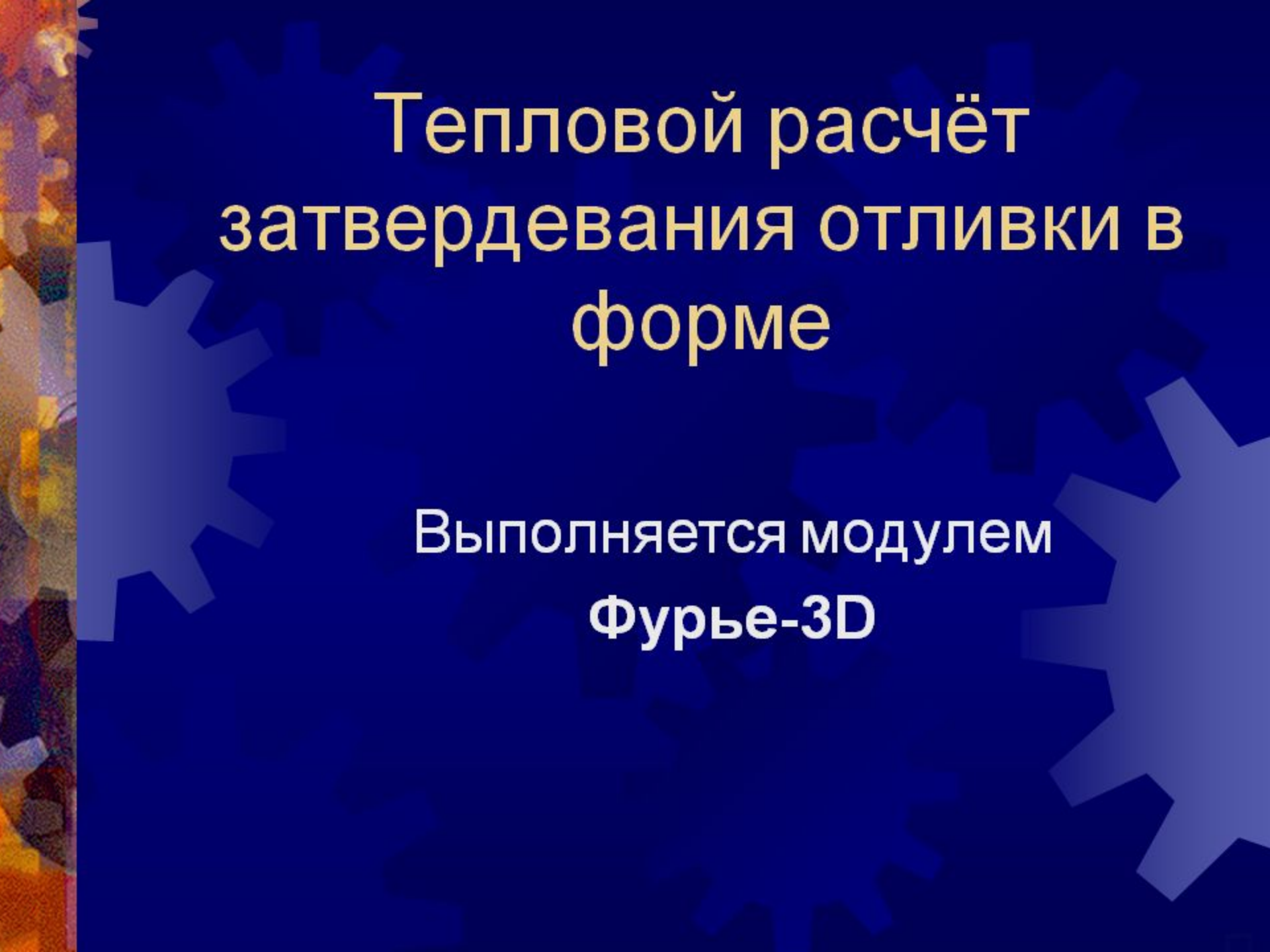
A control panel for the simulation. It includes a 'RELEASE' button with a downward arrow, a 'PAUSE' button with a square icon, and several other icons for simulation control. Below these are three rows of icons: the first row has three icons for different simulation states; the second row has three icons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



00:00:06

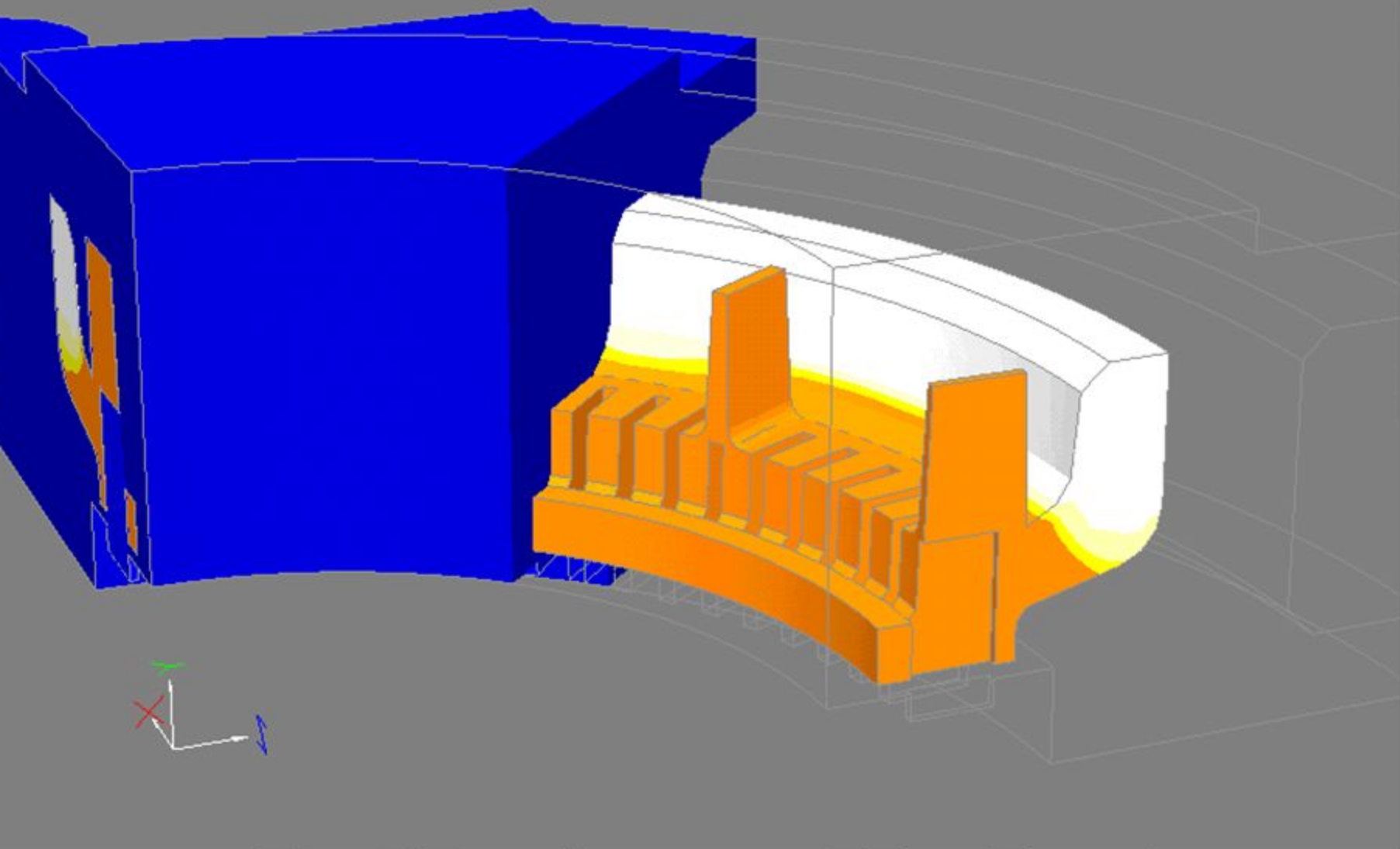
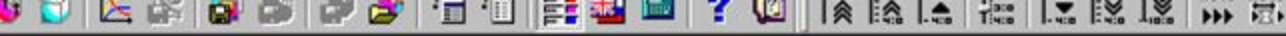
Скорость, м





# Тепловой расчёт затвердевания отливки в форме

Выполняется модулем  
Фурье-3D



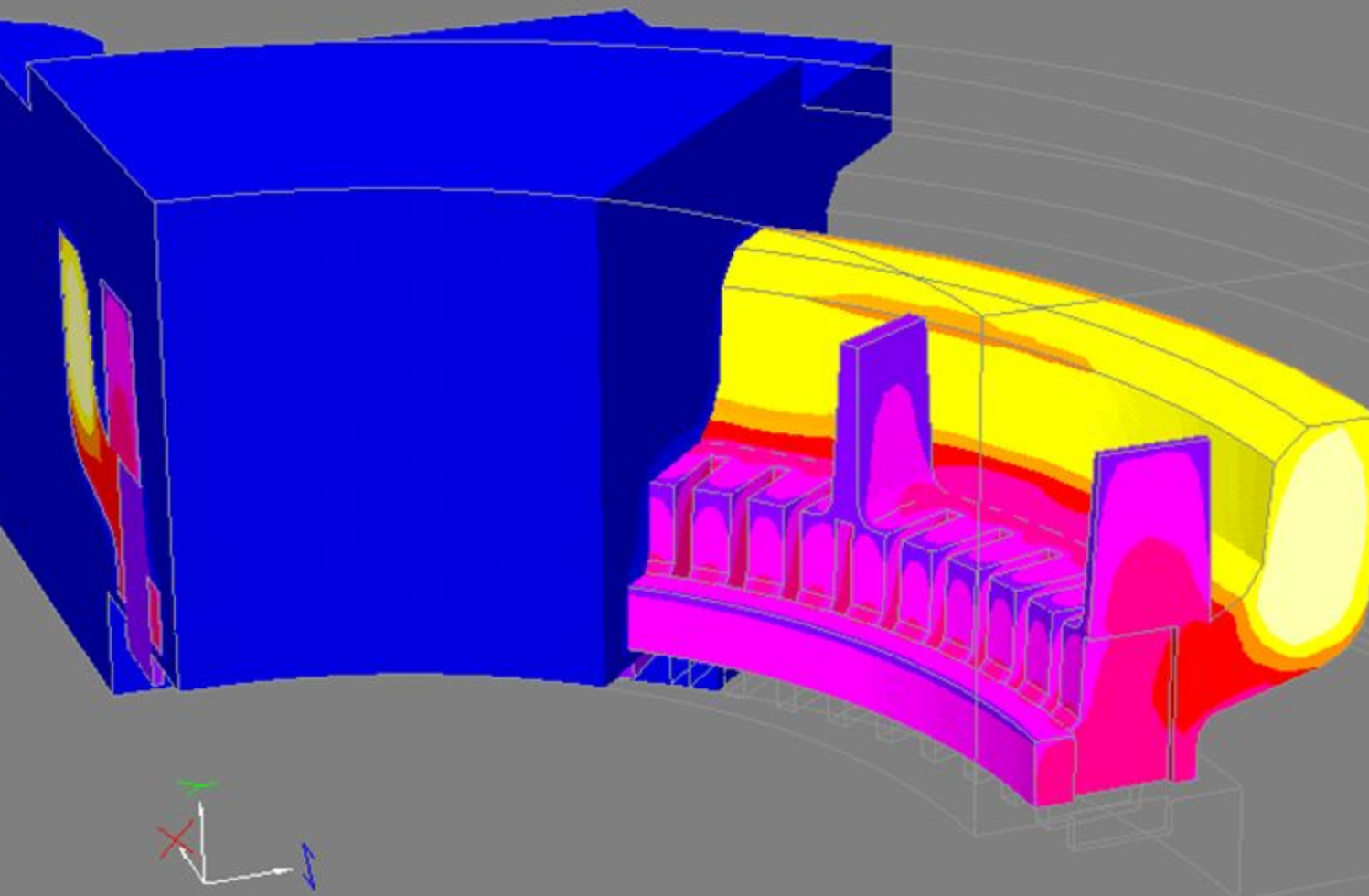
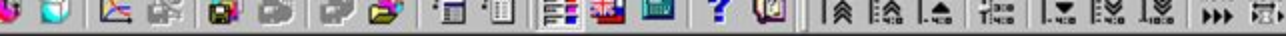
Время, с  
00:00:00

Температура  
Жидкая фаза  
T л=66

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

10

A vertical sidebar containing various CAD software controls. It includes a zoom slider with percentage markers (100%, 85%, 70%, 50%, 30%, 15%, 0%), temperature settings (500 C, 200 C), and a toolbar with icons for different views and editing functions.

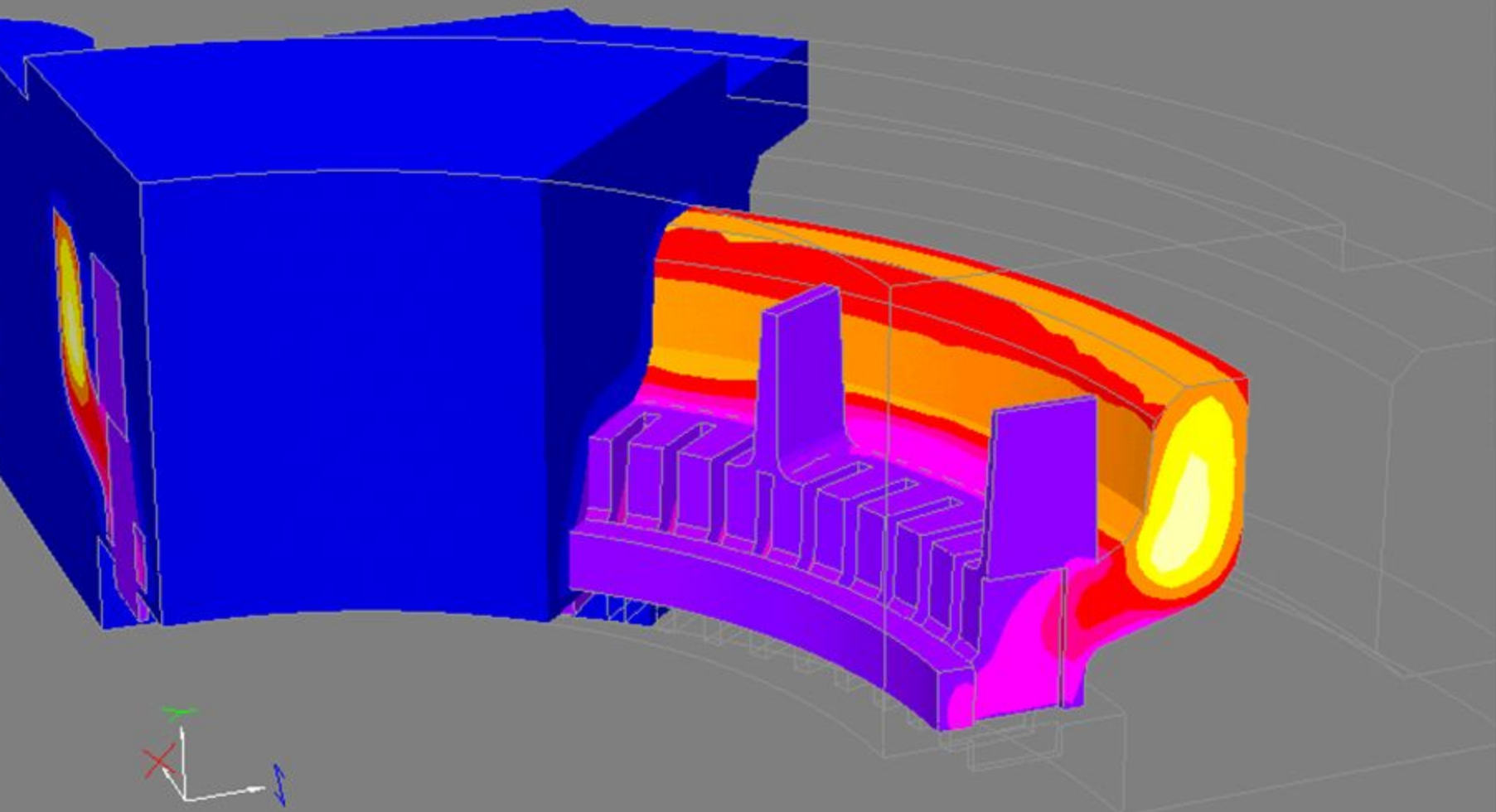
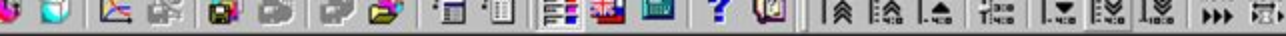


Время, с 5  
00:00:05  
Темпер  
Жидка  
Тл=66

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

☐ ☐  
☐ ☐  
☐ ☐





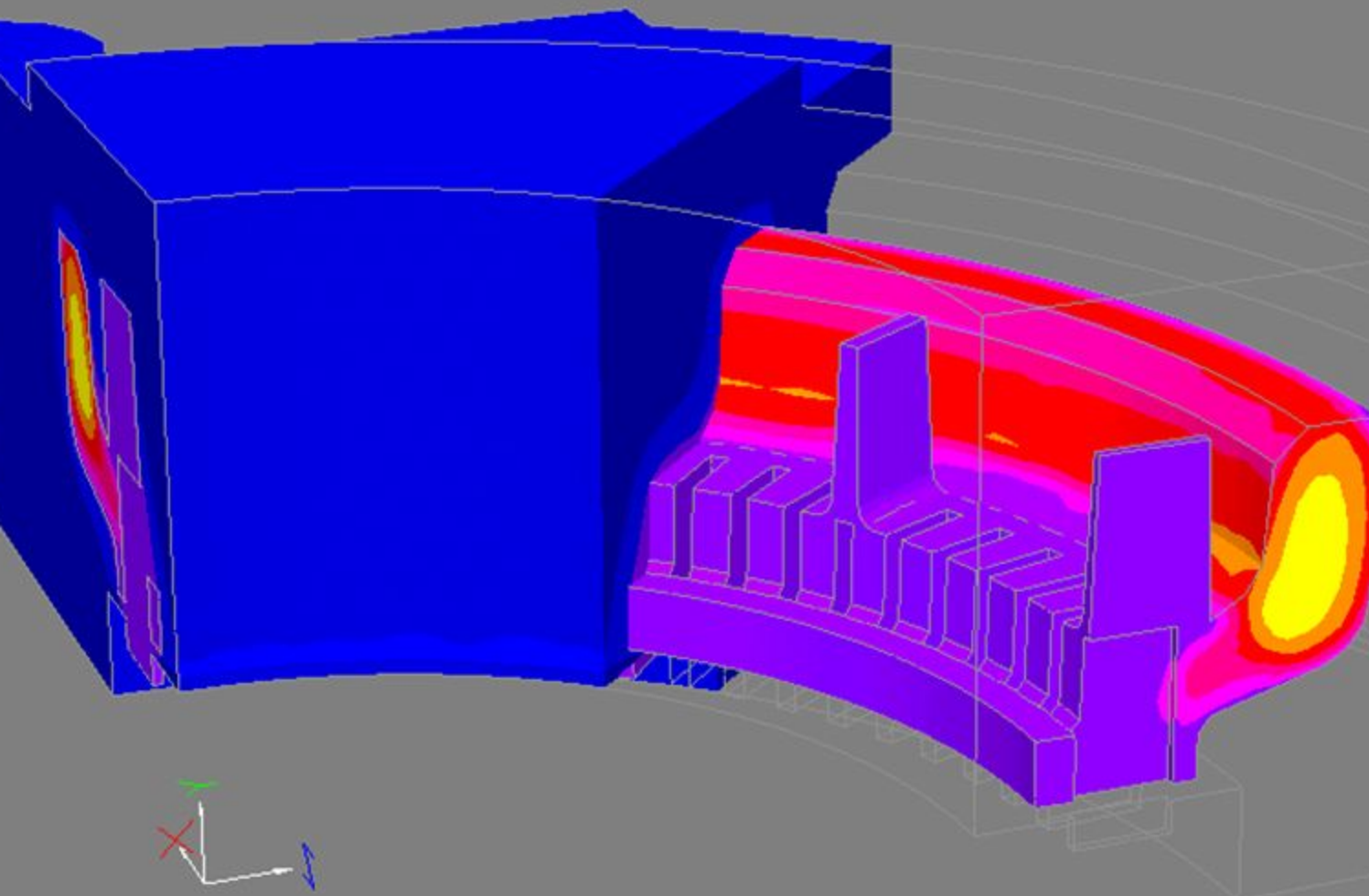
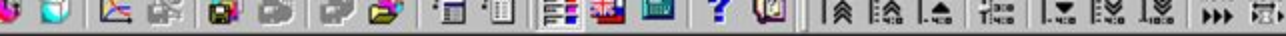
Время, с  
00:00:10

Температура  
Жидкая фаза  
Тл=660

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

A vertical control panel on the right side of the software interface. It contains several icons for navigating the 3D view, including a home icon, a view rotation icon, a zoom in/out icon, and a refresh icon. Below these icons are some numerical input fields and checkboxes.





Время, с  
00:00:15

Температура  
Жидкая фаза  
T л = 660

100 %

85 %

70 %

50 %

30 %

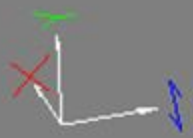
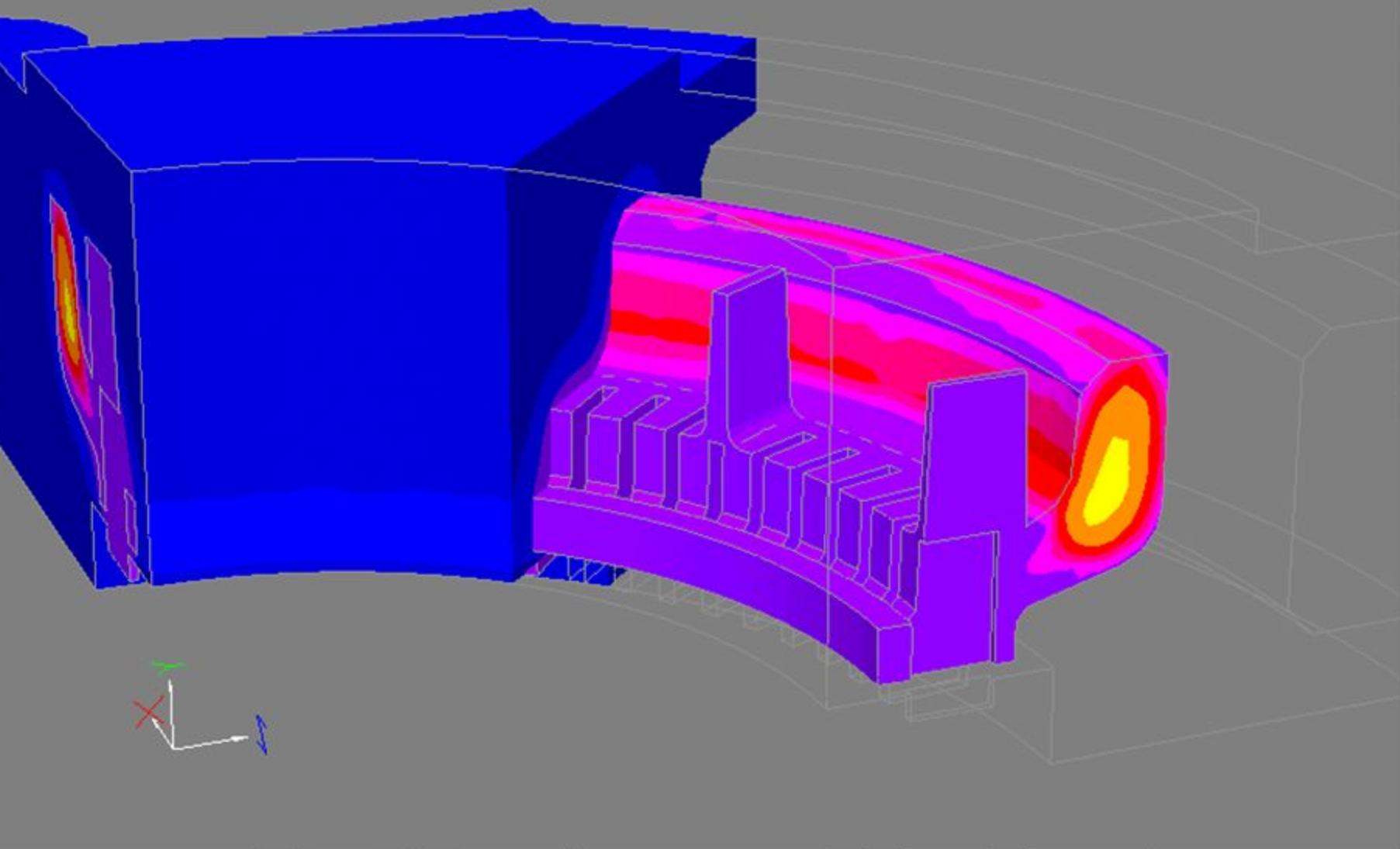
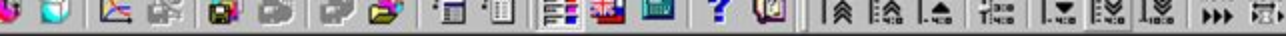
15 %

0 %

300 C

200 C



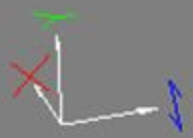
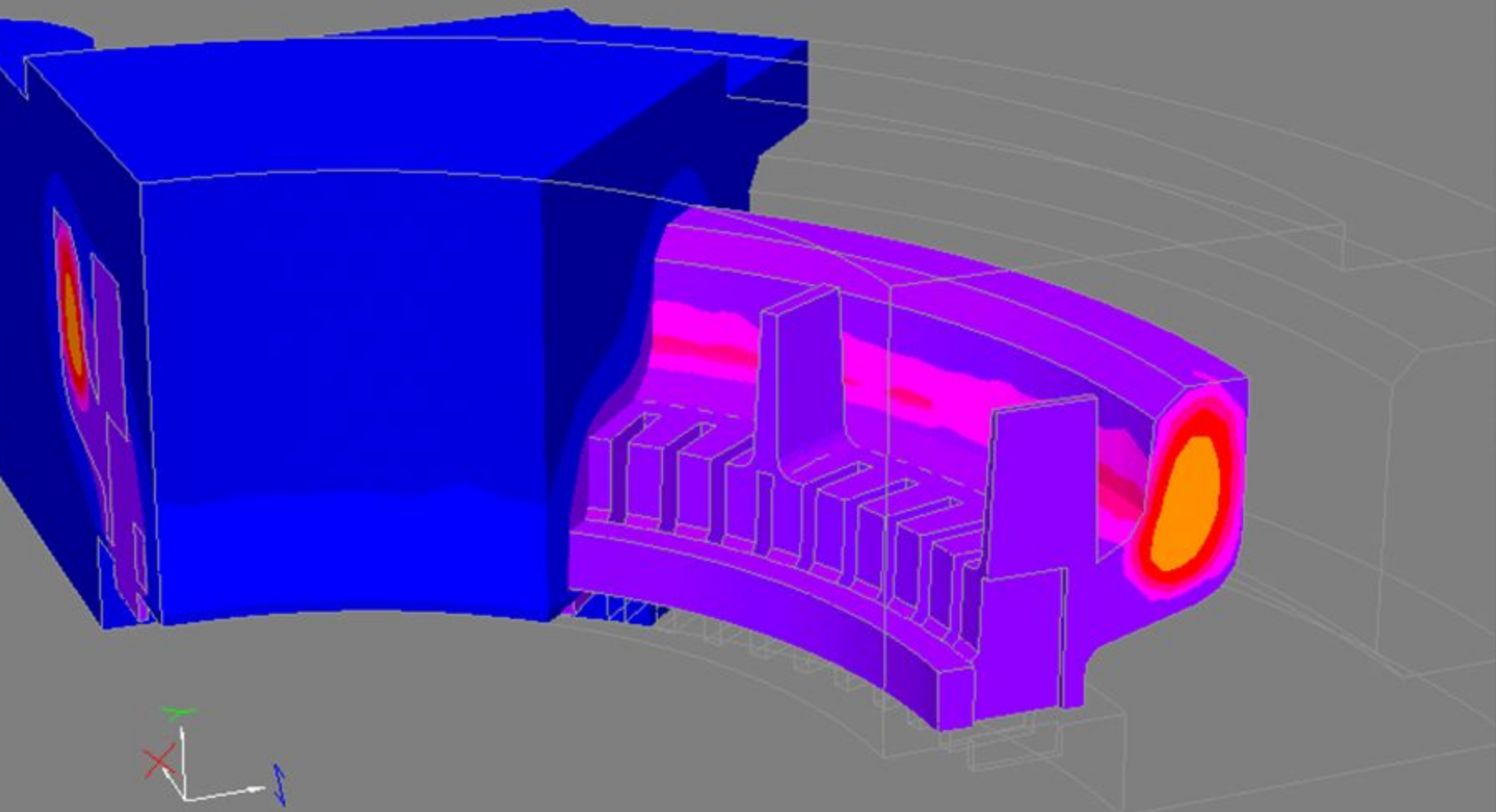
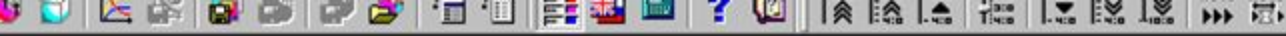


Время, с 2  
00:00:20

Температура  
Жидкая фаза  
T л = 660

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

A vertical control panel on the right side of the software interface. It contains several icons for navigation and analysis, including a home icon, a search icon, a refresh icon, and a zoom icon. There are also some numerical input fields and checkboxes.



Время, с 2  
00:00:25

Температура  
Жидкая фаза  
T л = 660

100 %

85 %

70 %

50 %

30 %

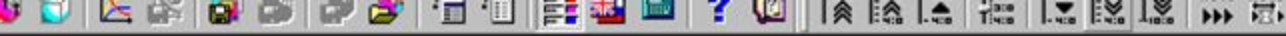
15 %

0 %

300 C

200 C



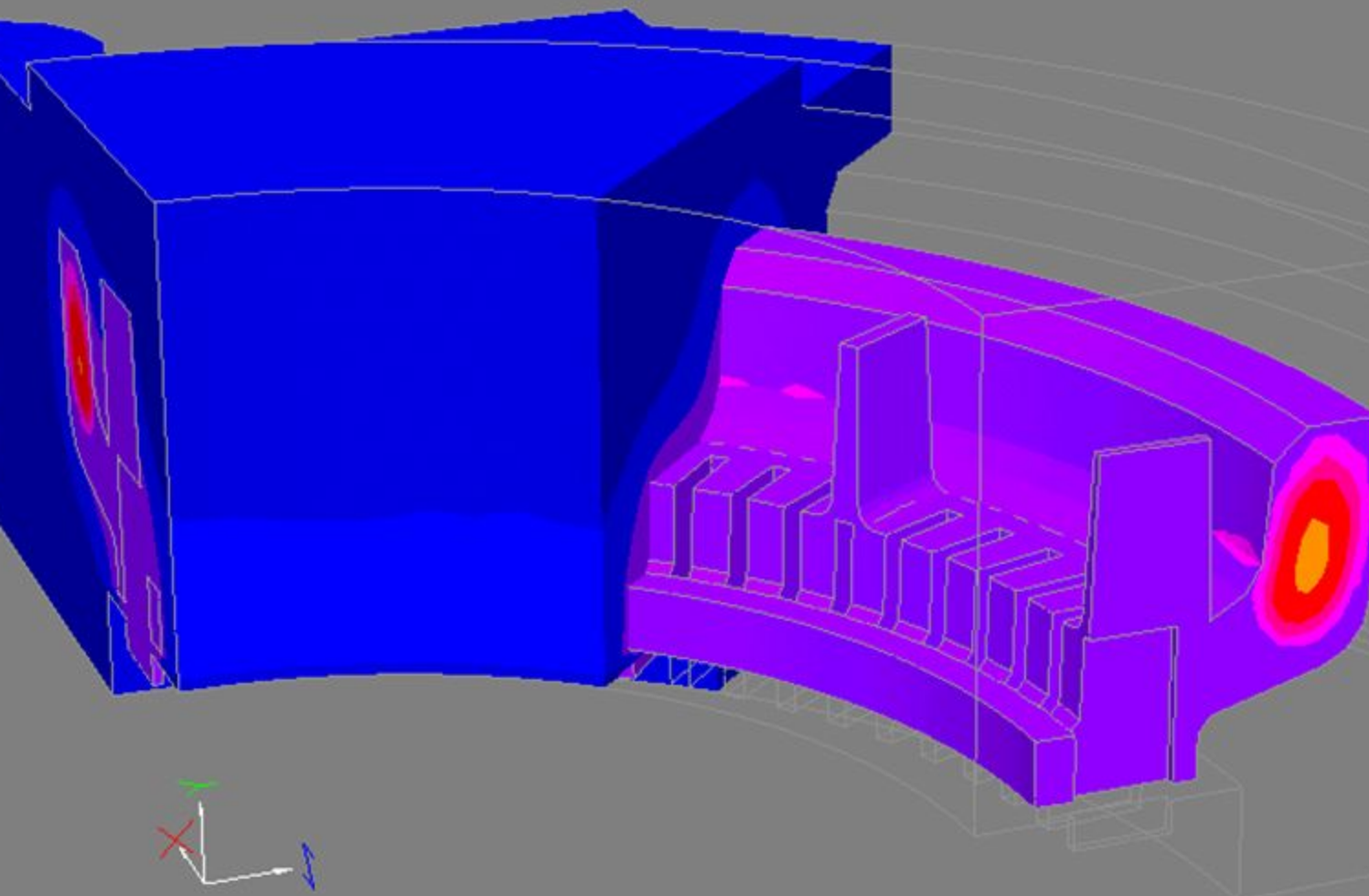


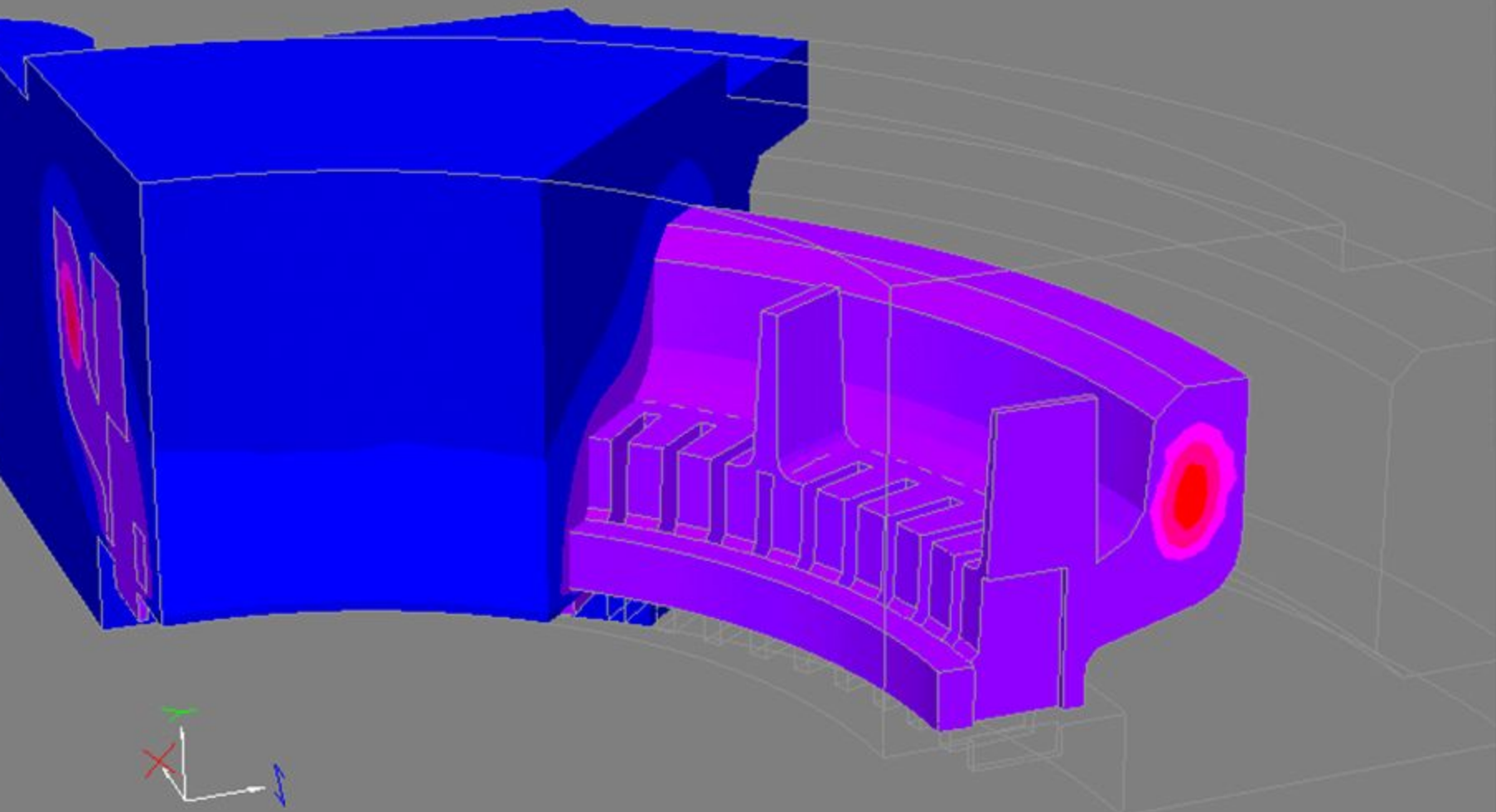
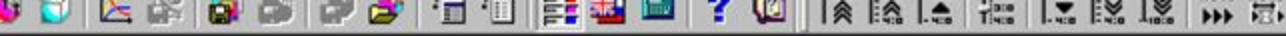
Время, с  
00:00:30

Температура  
Жидкая фаза  
T л = 660

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

Legend for temperature scale: A vertical bar with a color gradient from blue at the bottom to red at the top, with a yellow/orange center. Below it are icons for 'Info', 'Zoom In', 'Zoom Out', and 'Reset View'.





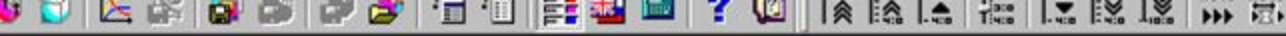
Время, с  
00:00:35

Температура  
Жидкая фаза  
T л = 660

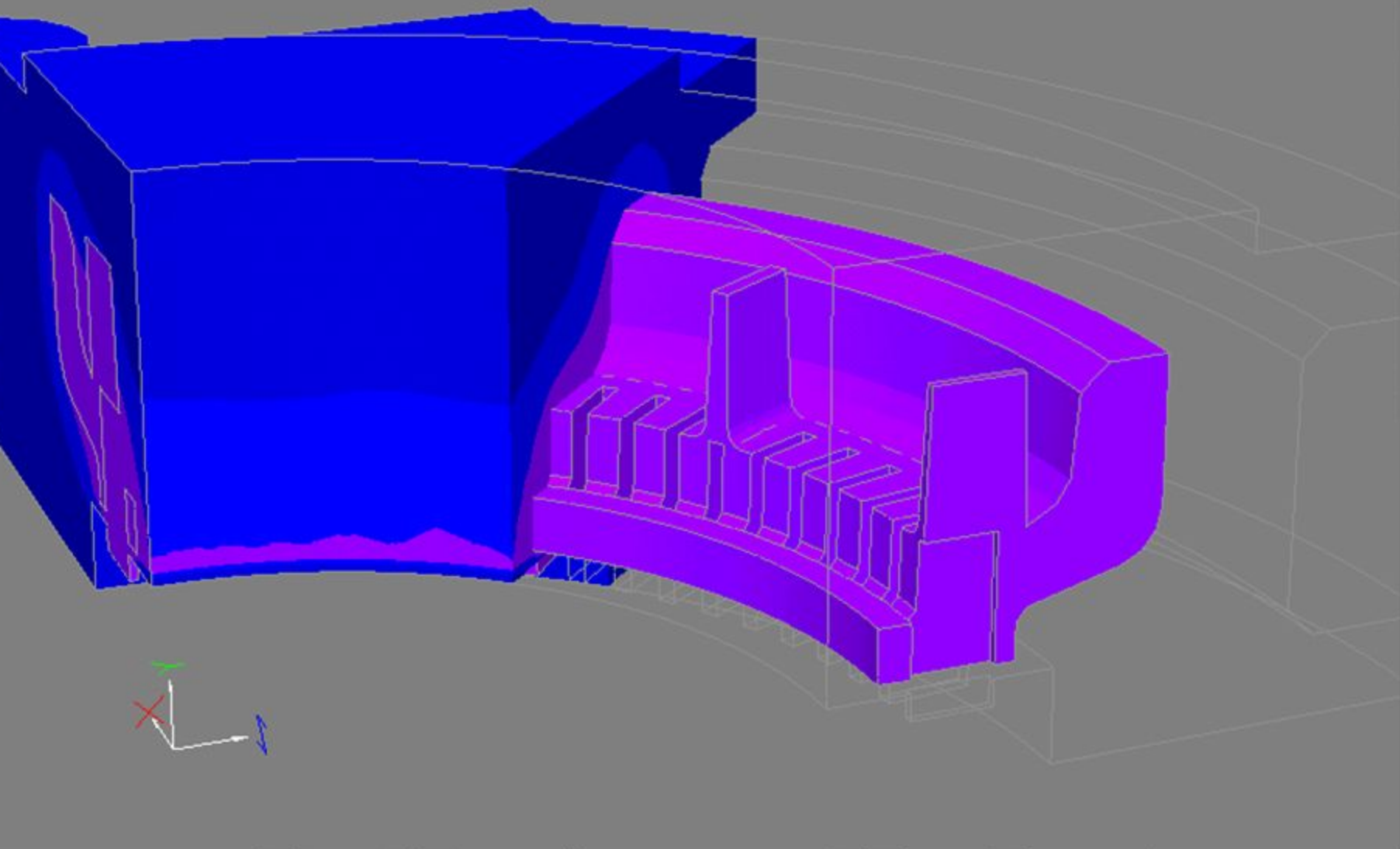
100 %  
85 %  
70 %  
50 %  
30 %  
15 %  
0 %  
300 C  
200 C

Info  
View  
Zoom





Время, с 4  
00:00:43  
Темпер  
Жидка:  
Тл=66



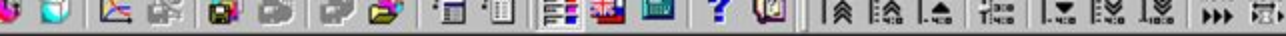
100 %  
85 %  
70 %  
50 %  
30 %  
15 %  
0 %  
300 C  
200 C

A vertical panel of controls on the right side of the CAD software interface. It includes a zoom slider with percentage markers (100%, 85%, 70%, 50%, 30%, 15%, 0%), temperature indicators (300 C, 200 C), and several icons for navigation and manipulation, such as pan, rotate, and zoom in/out.



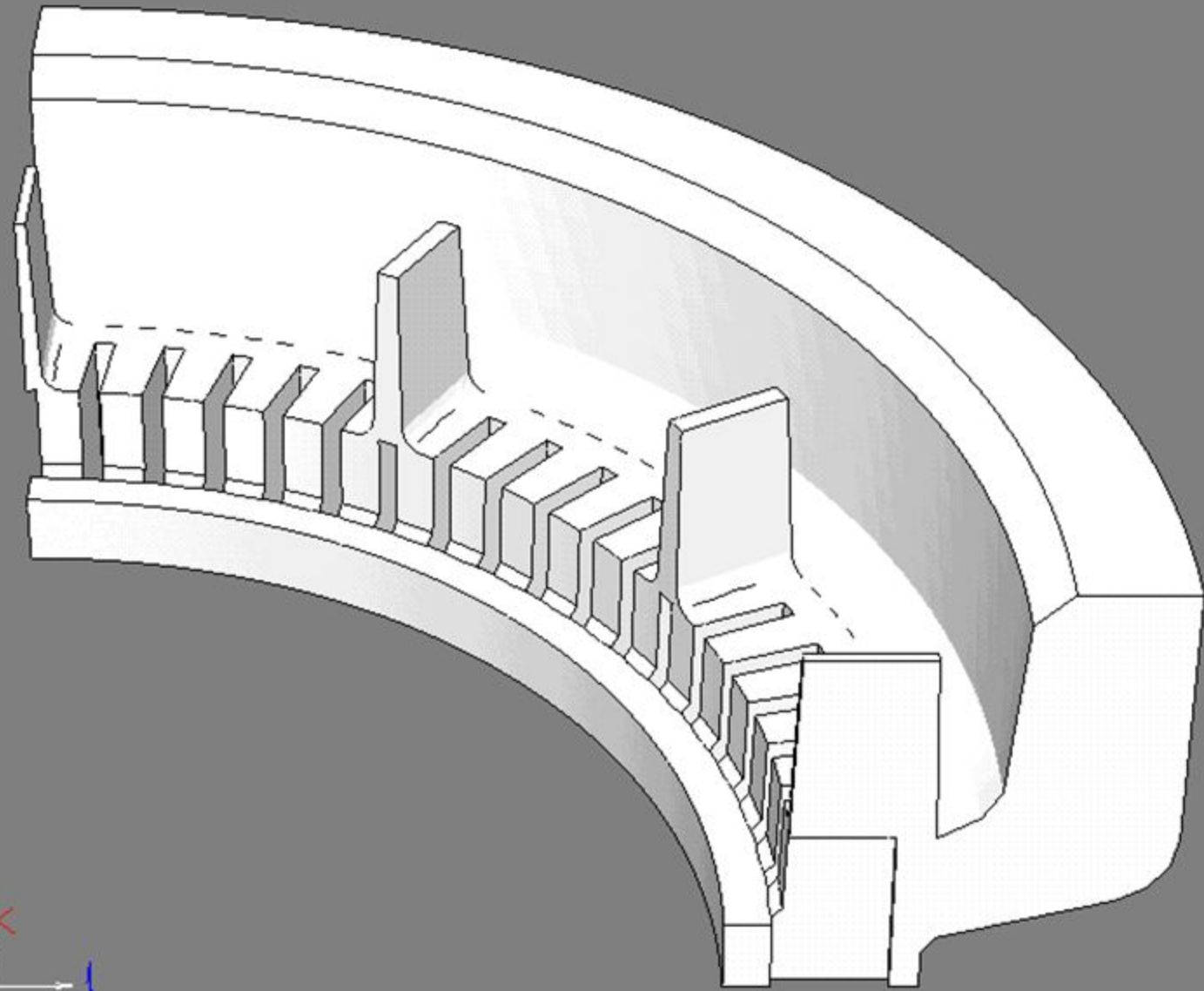
# Усадочный расчёт образования макро- и микропористости

Выполняется модулем  
Фурье-3D



Время, с  
00:00:00

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

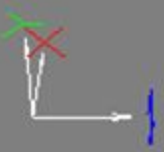
4 %

3 %

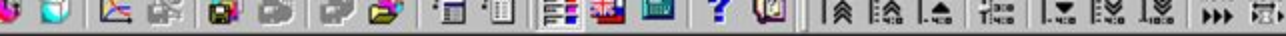
2 %

1 %

0.5 %







Время, с 1  
00:00:01

Порис

90 %

50 %

10 %

5 %

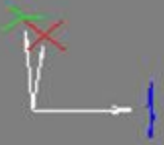
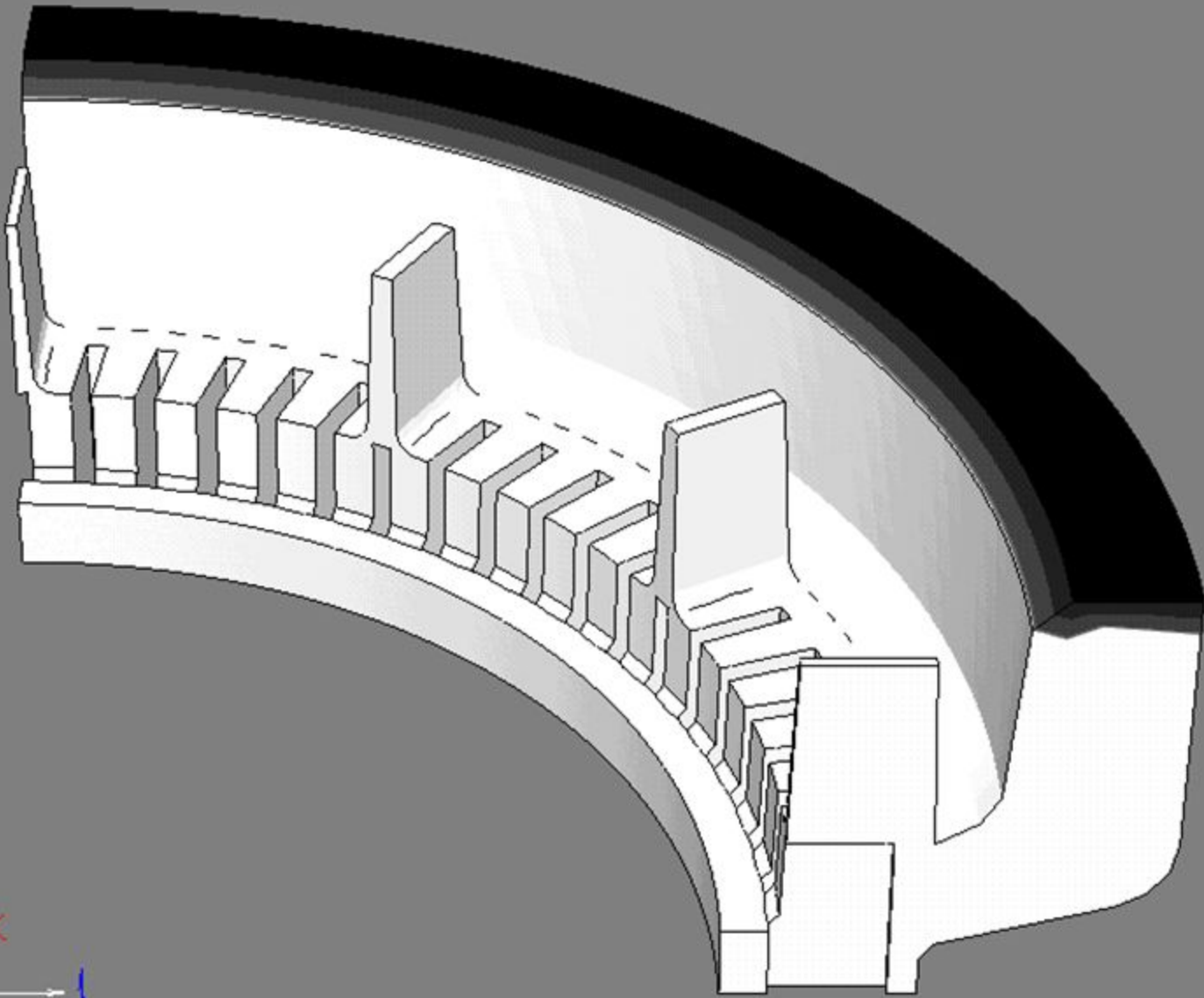
4 %

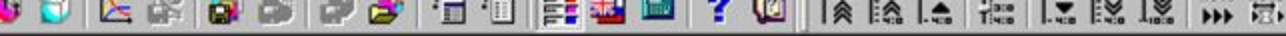
3 %

2 %

1 %

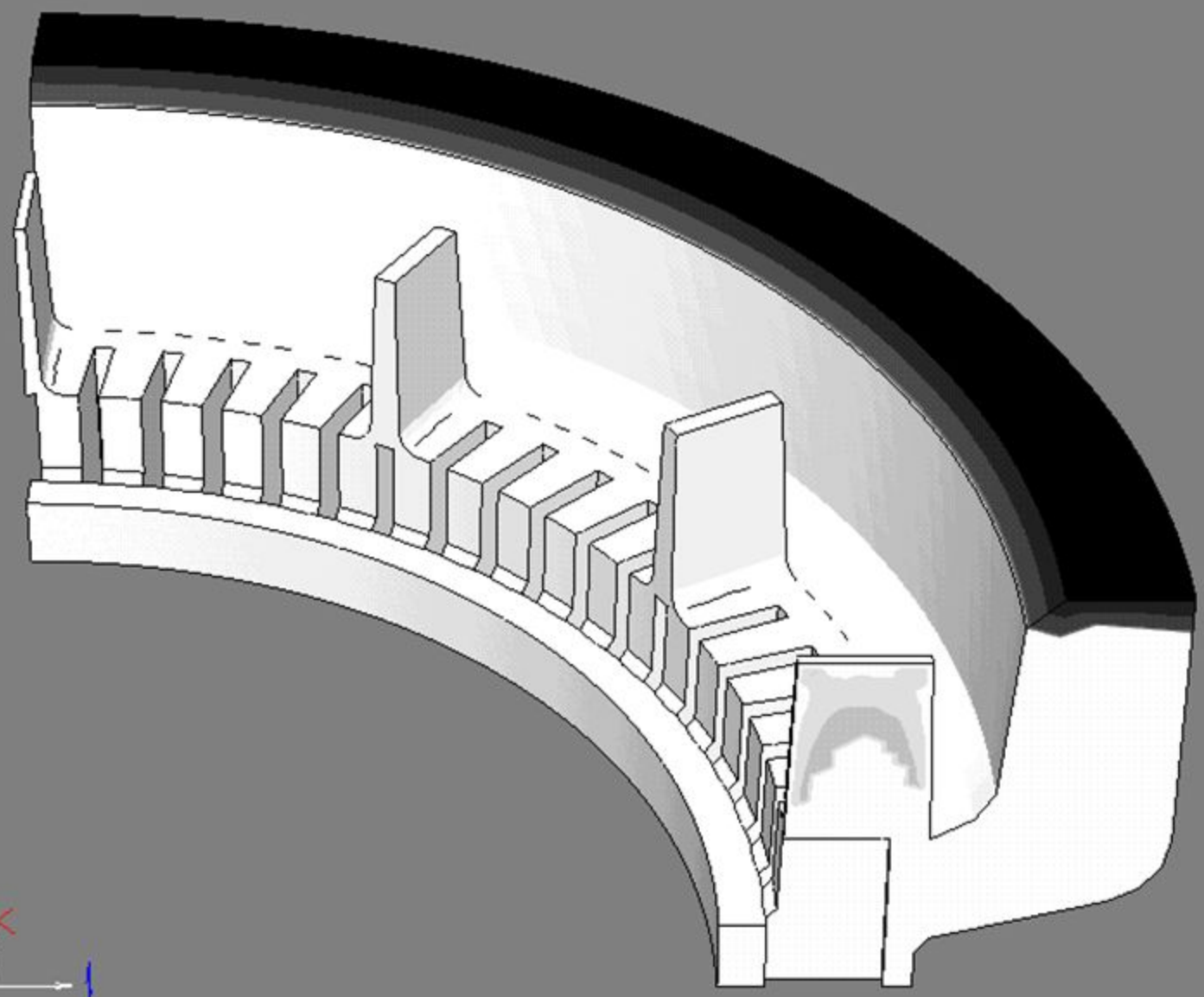
0.5 %

A vertical sidebar on the right side of the screen containing various CAD software controls. It includes a zoom level list (90%, 50%, 10%, 5%, 4%, 3%, 2%, 1%, 0.5%), a color selection tool, and several icons for view manipulation and object selection.



Время, с 3  
00:00:03

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

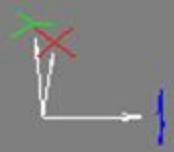
4 %

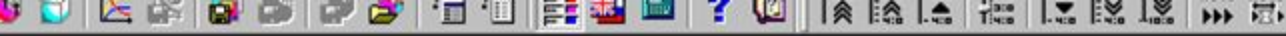
3 %

2 %

1 %

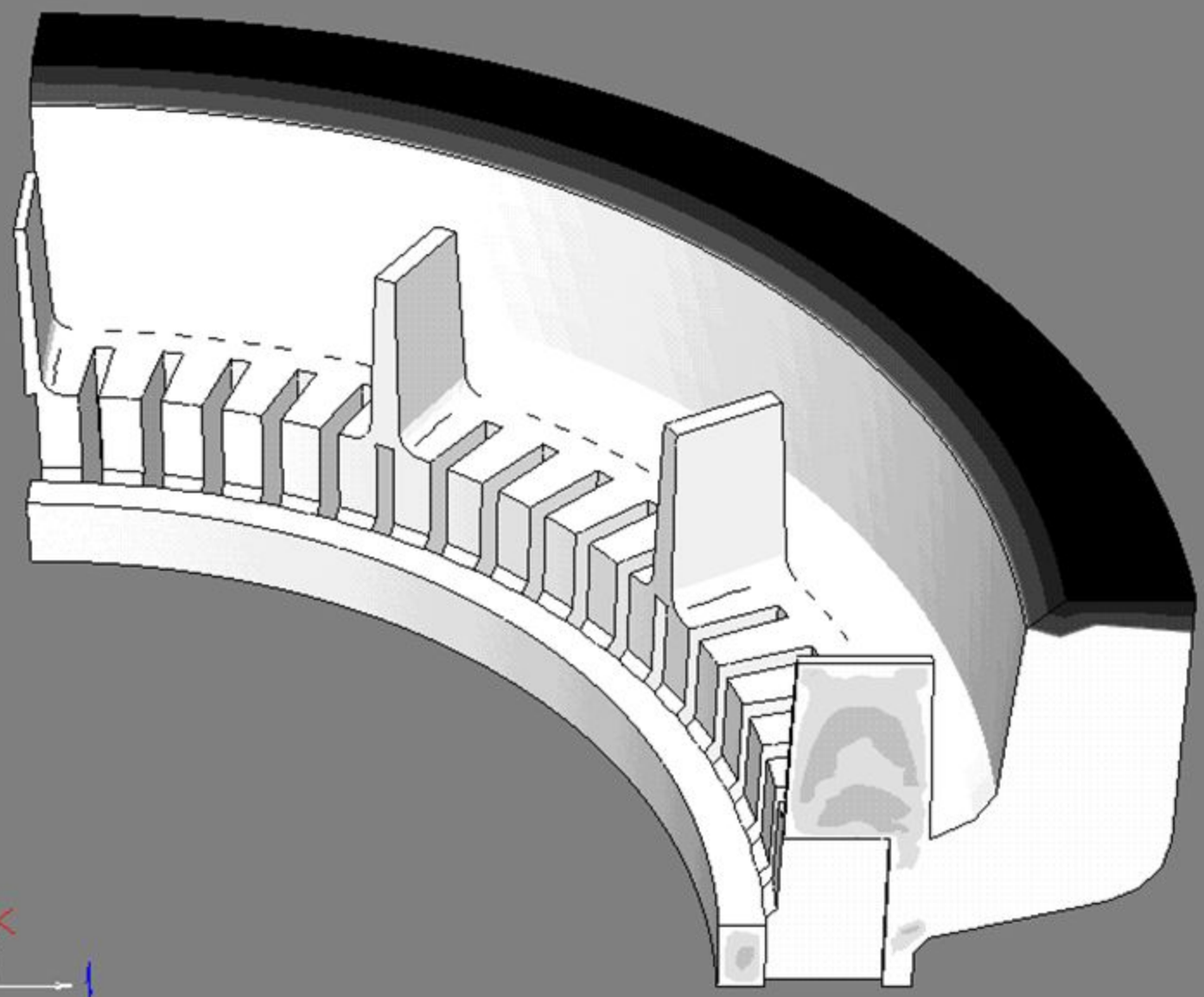
0.5 %





Время, с 1  
00:00:10

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

4 %

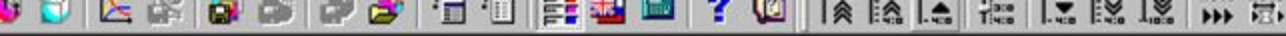
3 %

2 %

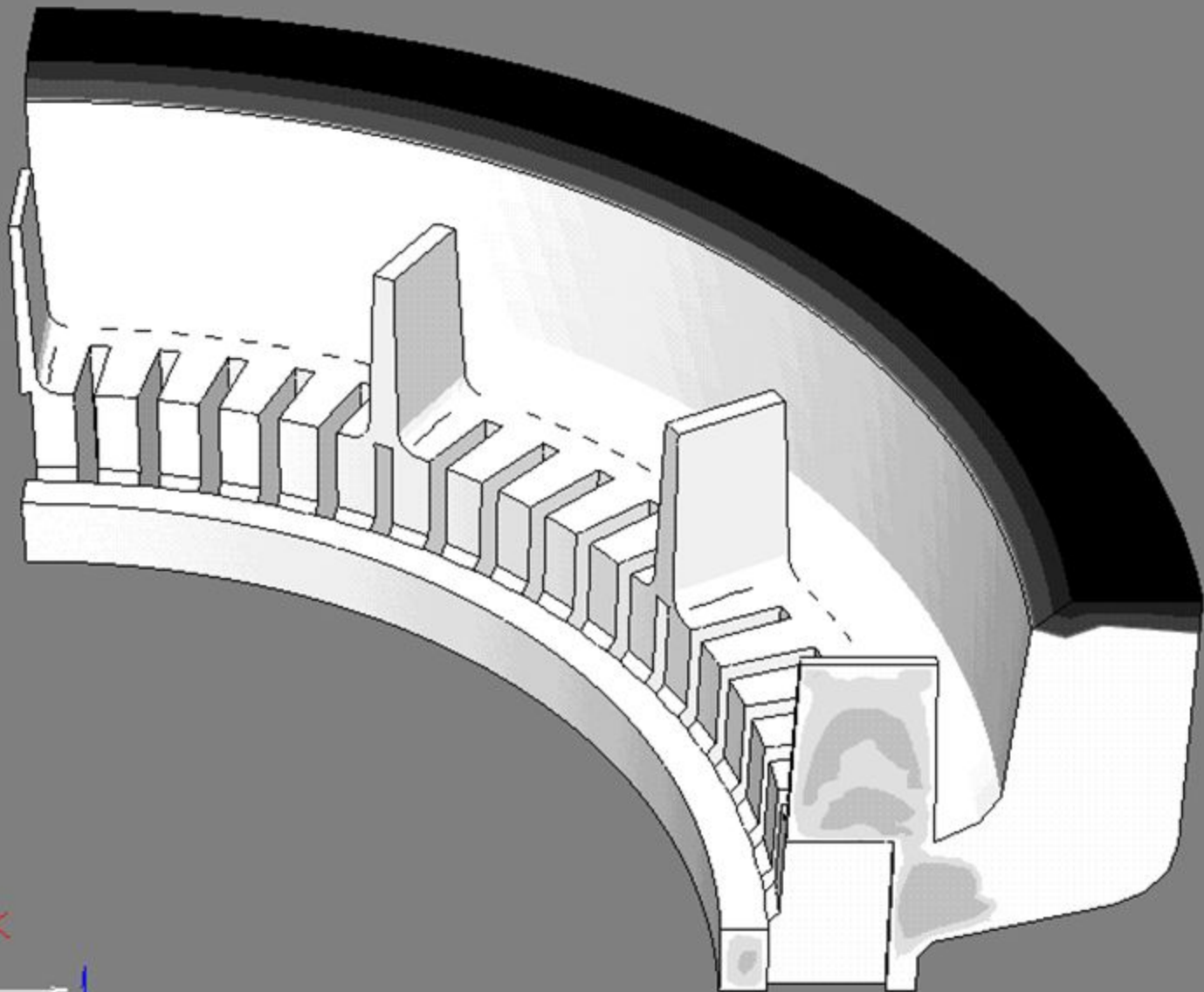
1 %

0.5 %





Предыдущий Шаг (Shift+стрелка вверх)



Время, с  
00:00:15

Порис

90 %

50 %

10 %

5 %

4 %

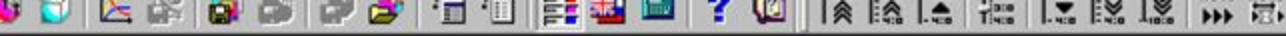
3 %

2 %

1 %

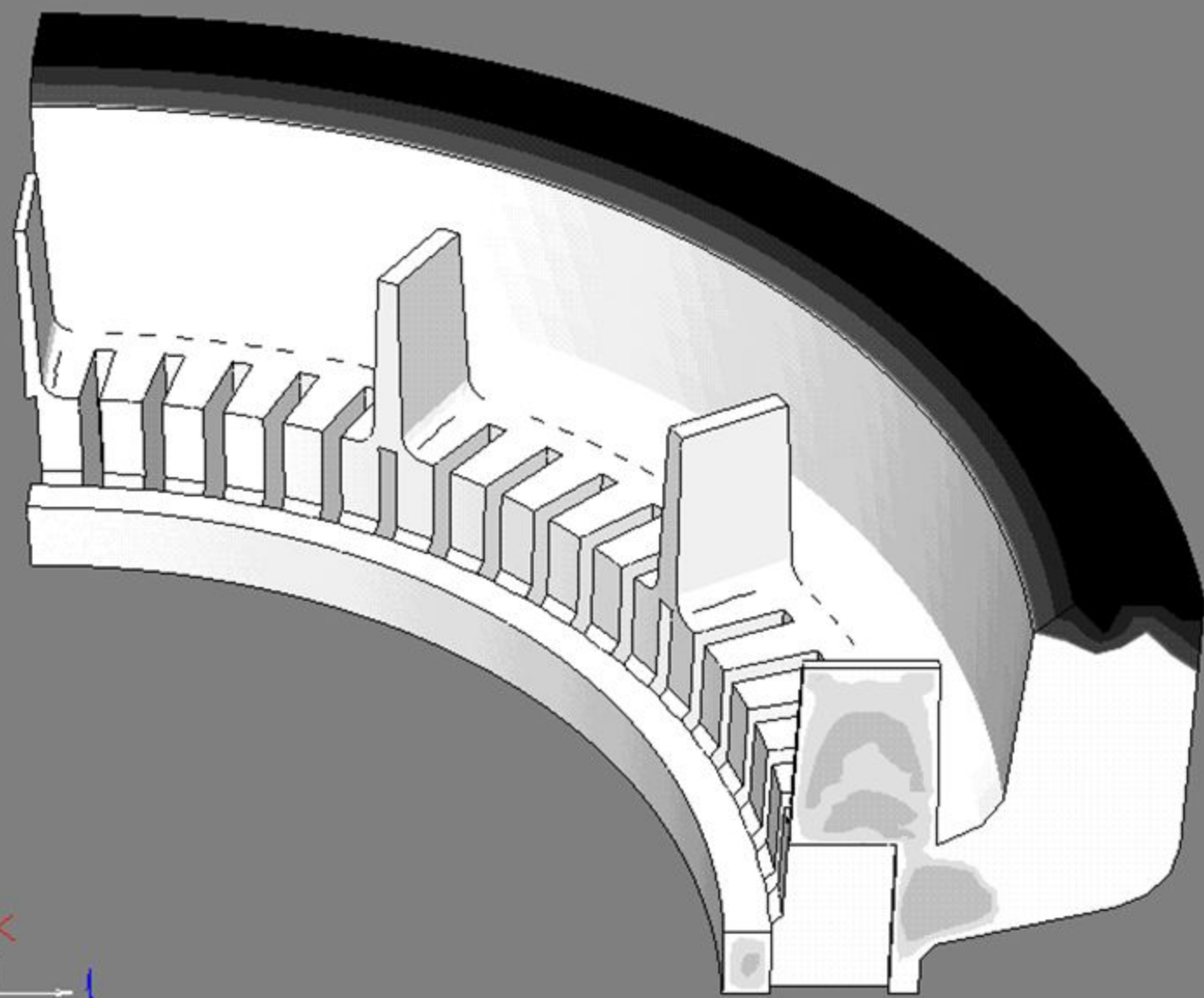
0.5 %





Время, с 2  
00:00:20

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

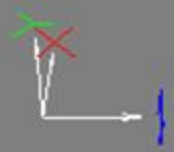
4 %

3 %

2 %

1 %

0.5 %





Время, с 2  
00:00:25

Порис

90 %

50 %

10 %

5 %

4 %

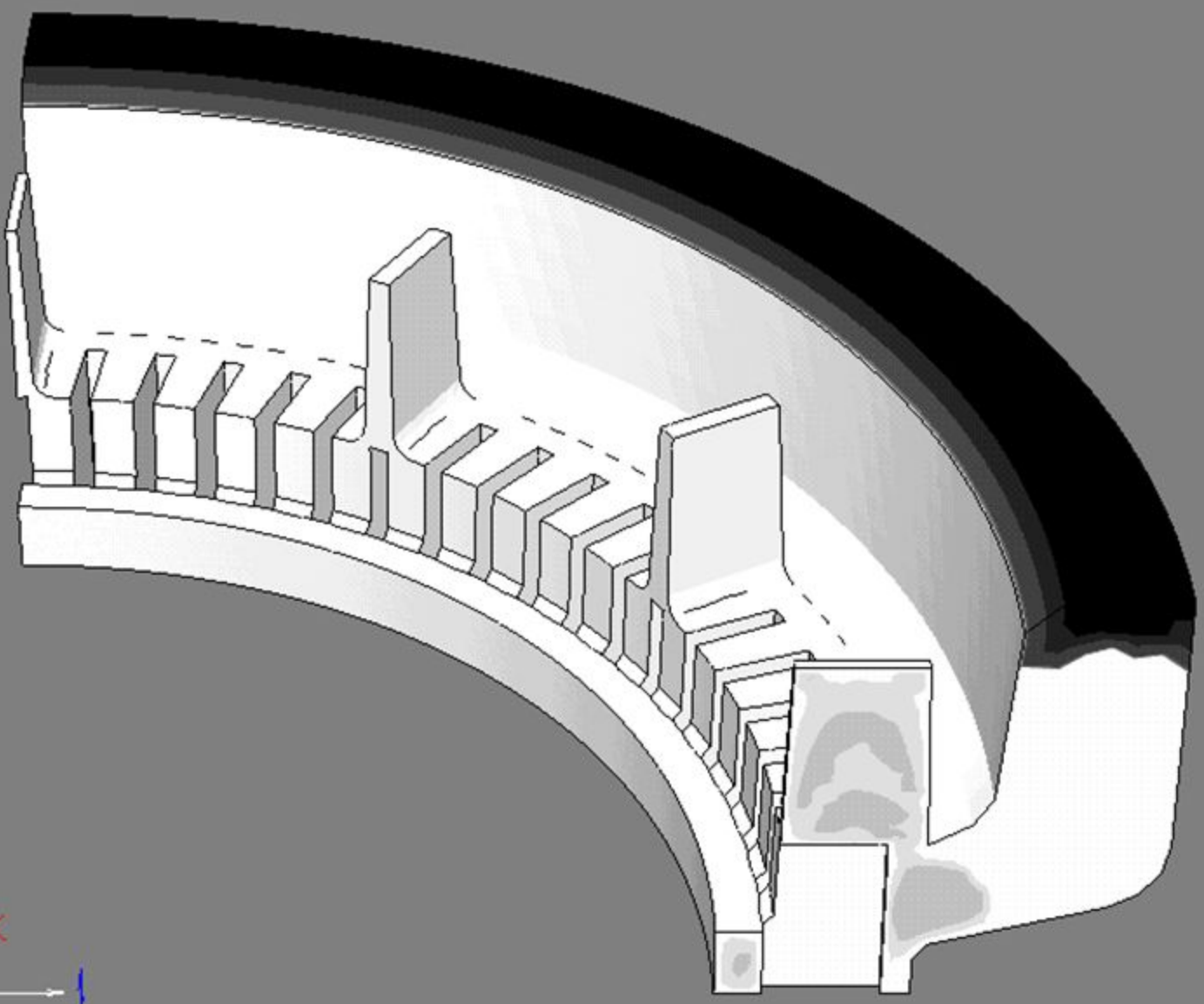
3 %

2 %

1 %

0.5 %

The interface includes a 3D coordinate system with red, green, and blue axes and a vertical list of zoom percentages (90%, 50%, 10%, 5%, 4%, 3%, 2%, 1%, 0.5%) for navigating the model.





Время, с 3  
00:00:30

Порис

90 %

50 %

10 %

5 %

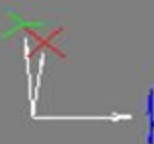
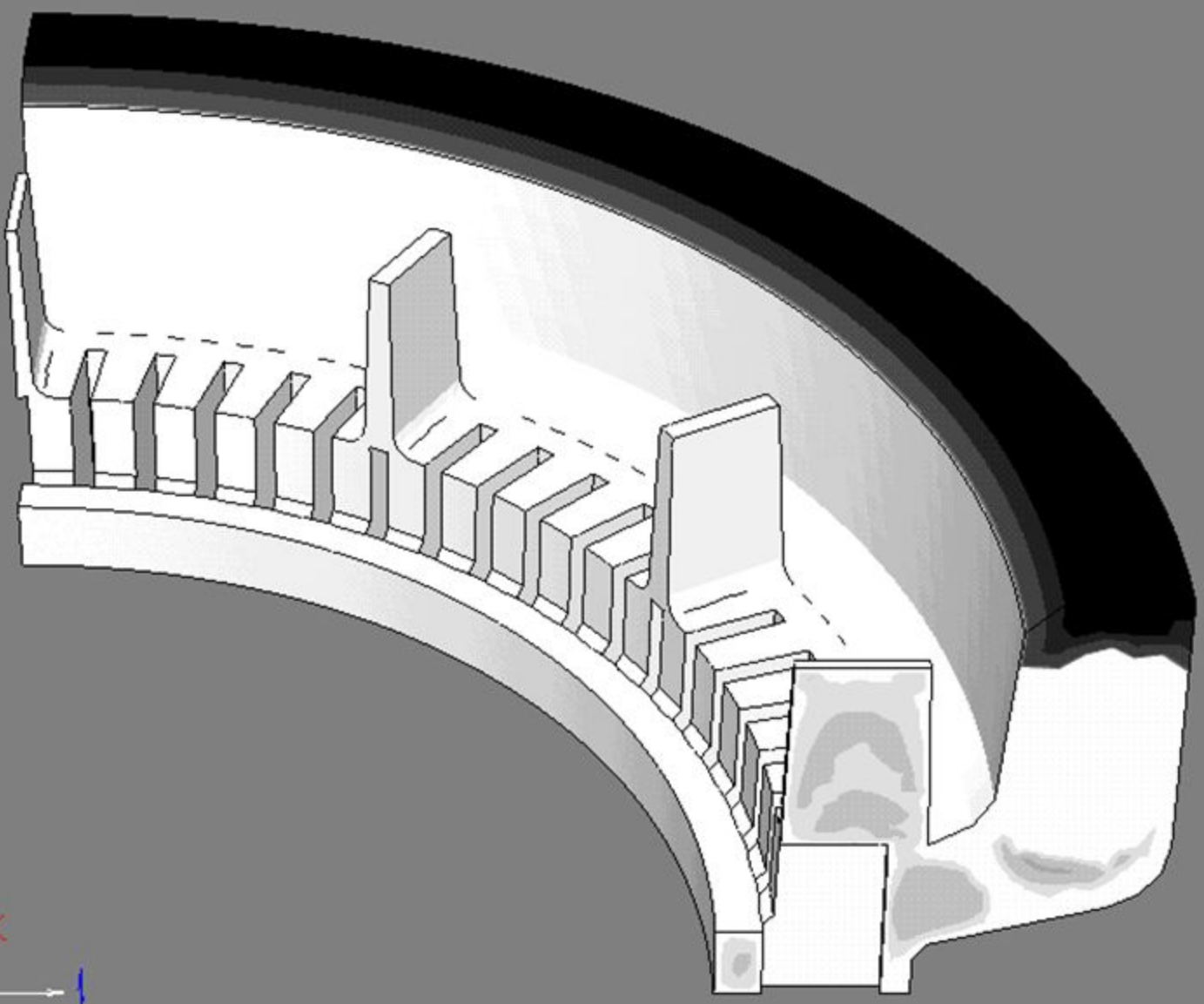
4 %

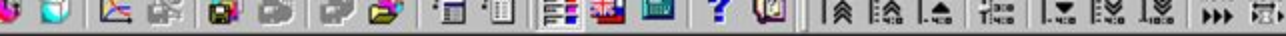
3 %

2 %

1 %

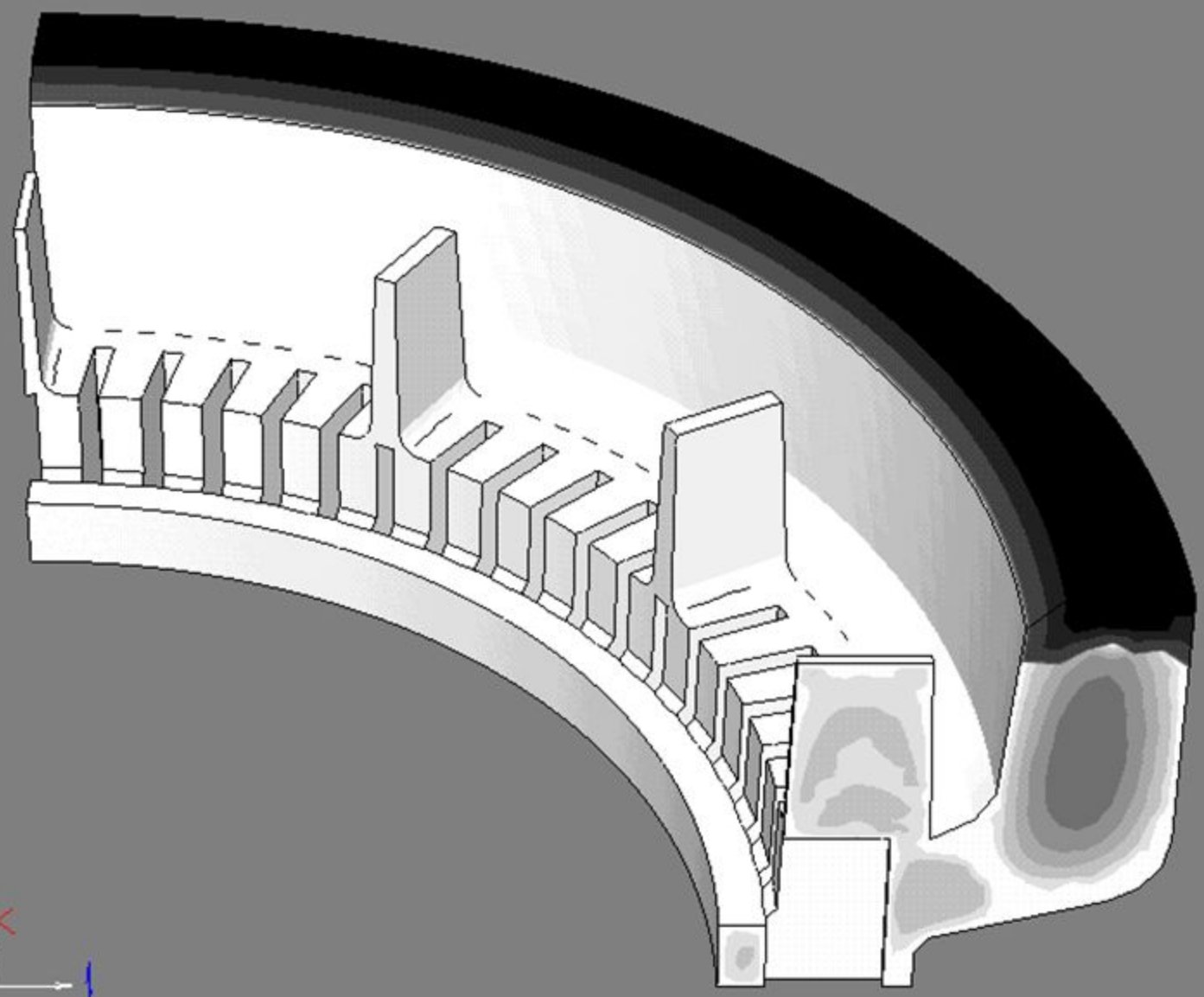
0.5 %

The right side of the interface contains a vertical toolbar with various icons for CAD operations. Below the zoom list, there are icons for a coordinate system, a view orientation, and a zoom control.



Время, с 3  
00:00:35

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

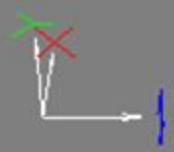
4 %

3 %

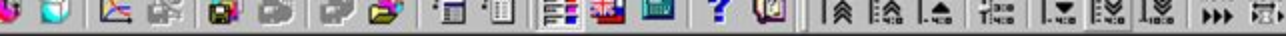
2 %

1 %

0.5 %

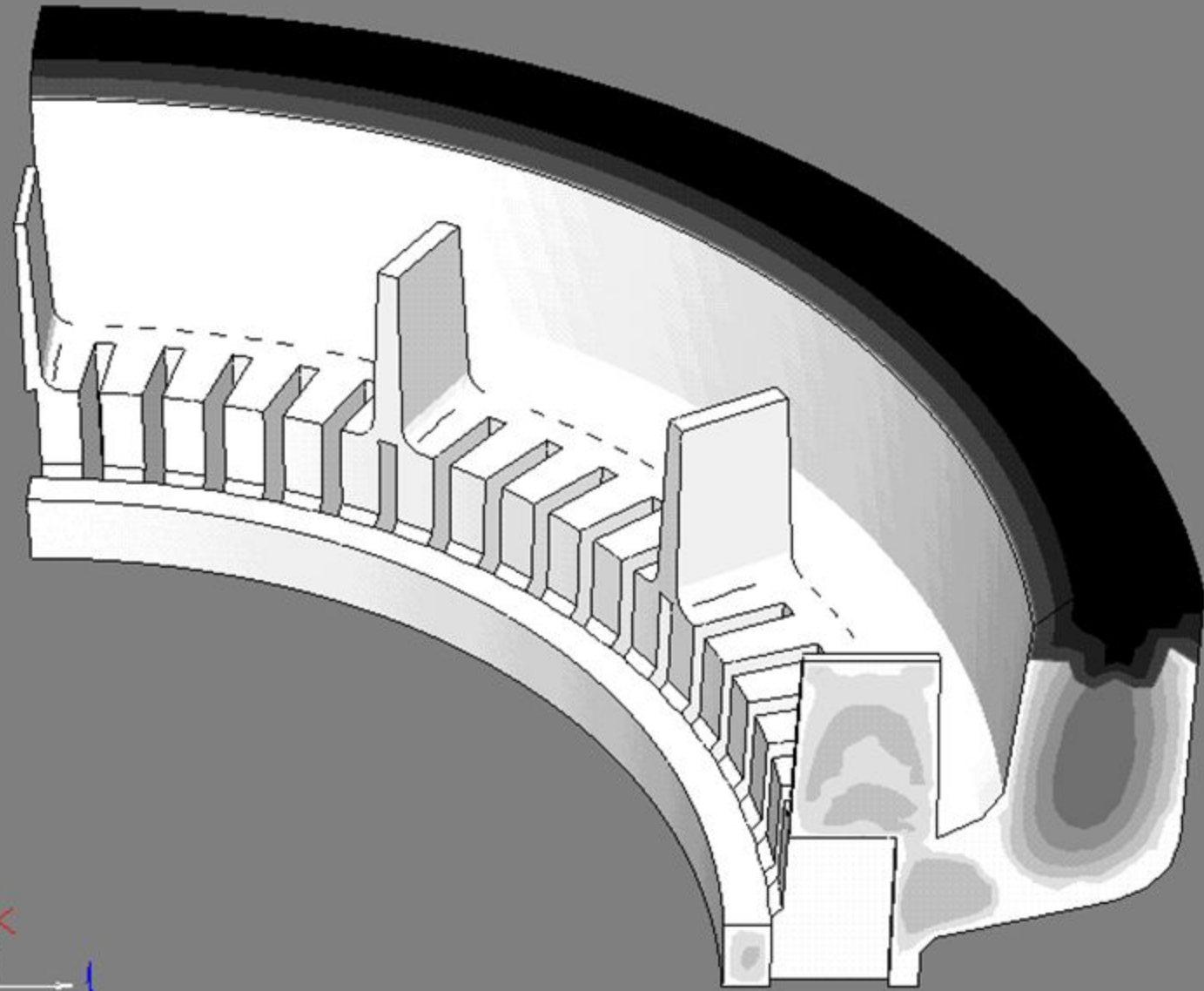






Время, с 4  
00:00:45

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

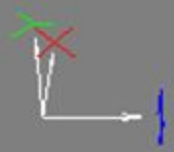
4 %

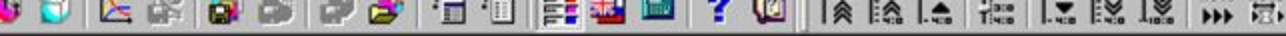
3 %

2 %

1 %

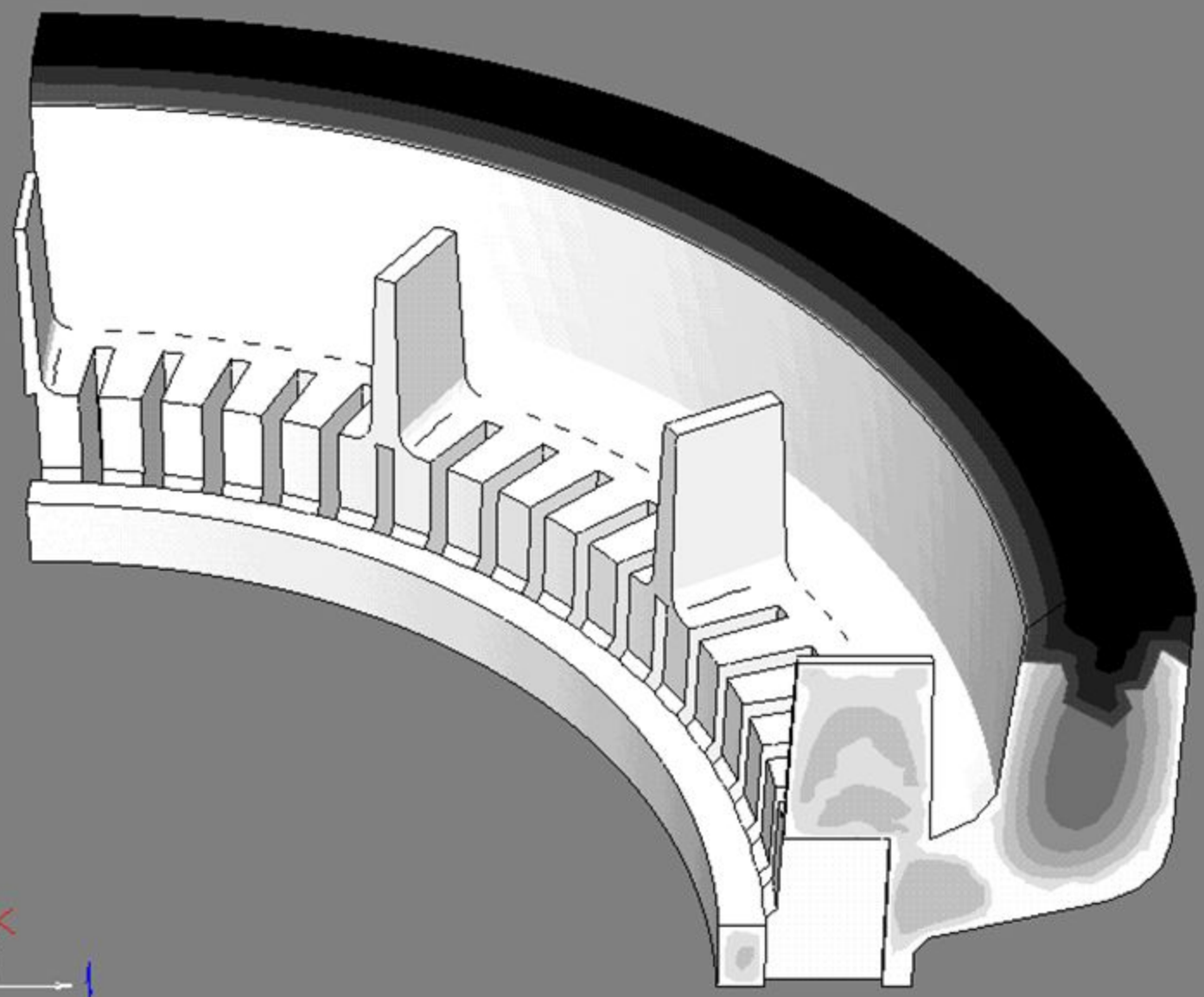
0.5 %





Время, с 5  
00:00:50

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

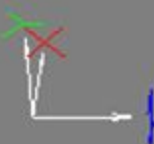
4 %

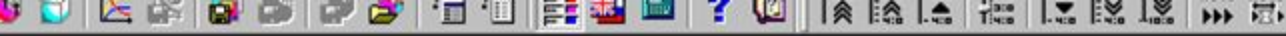
3 %

2 %

1 %

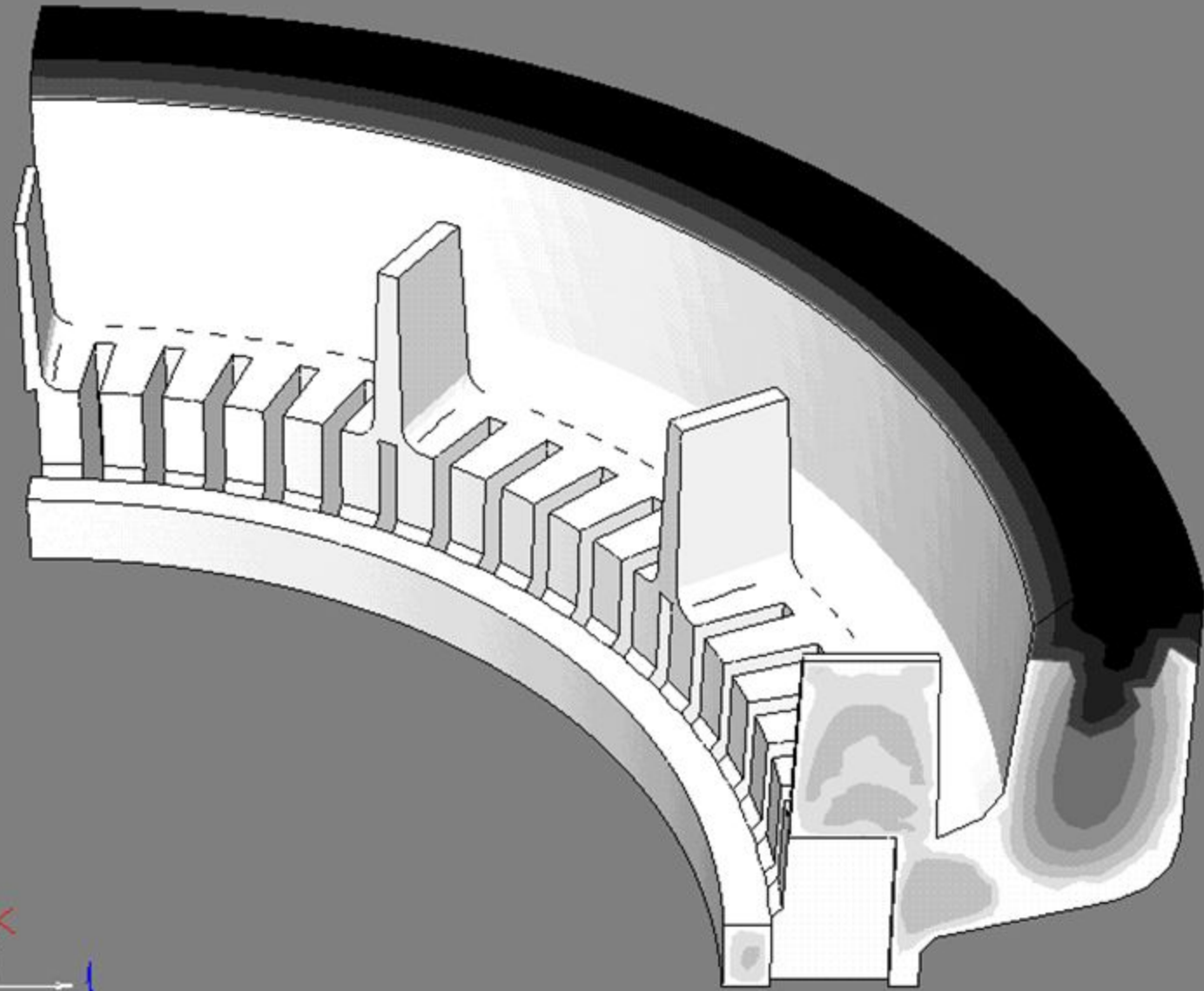
0.5 %





Время, с 5  
00:00:55

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

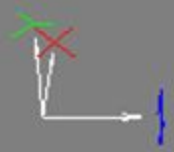
4 %

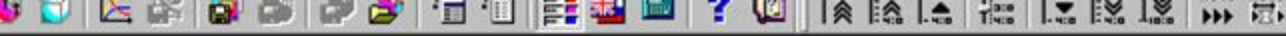
3 %

2 %

1 %

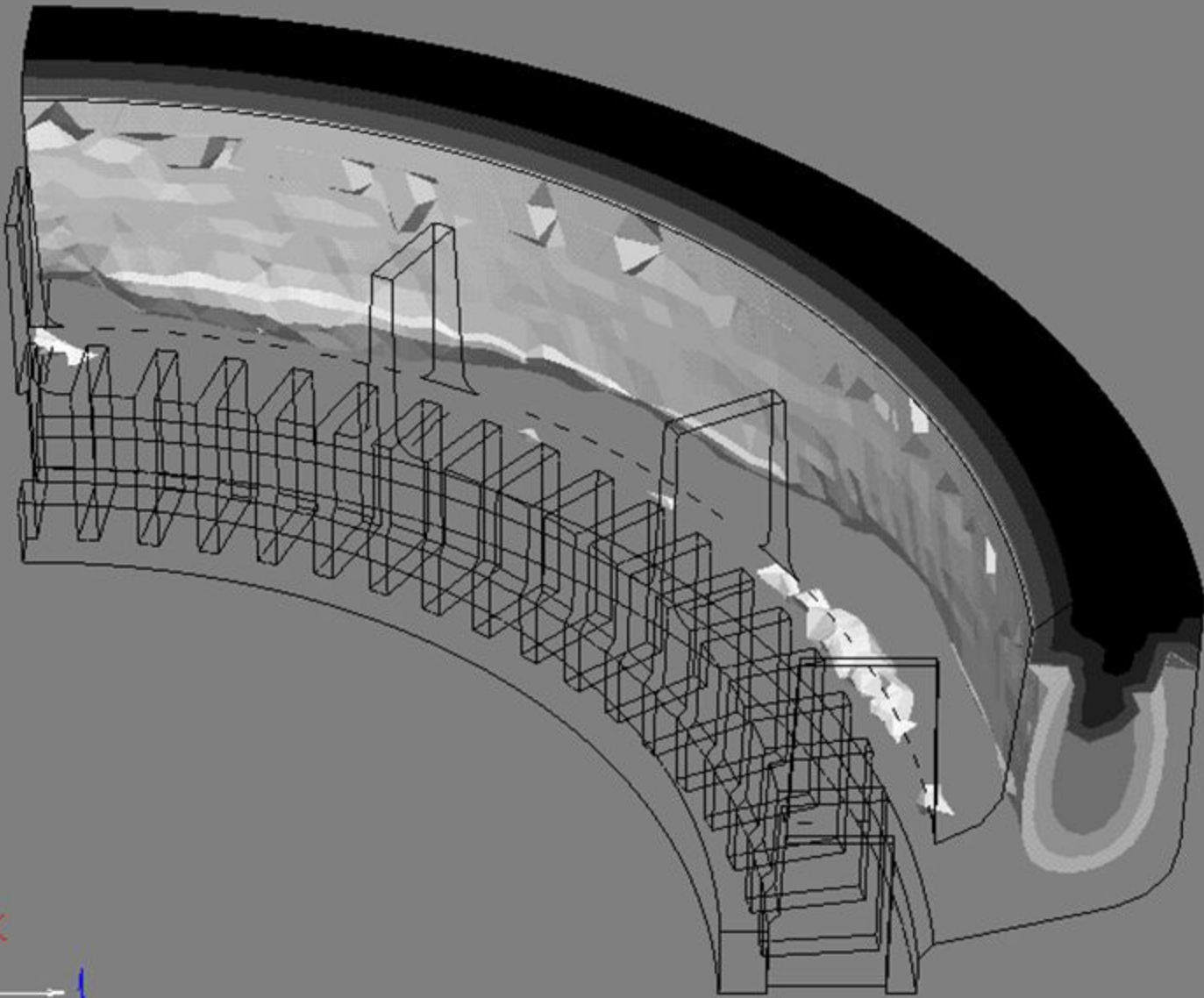
0.5 %





Время, с 5  
00:00:55

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

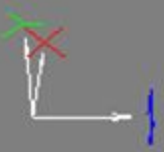
4 %

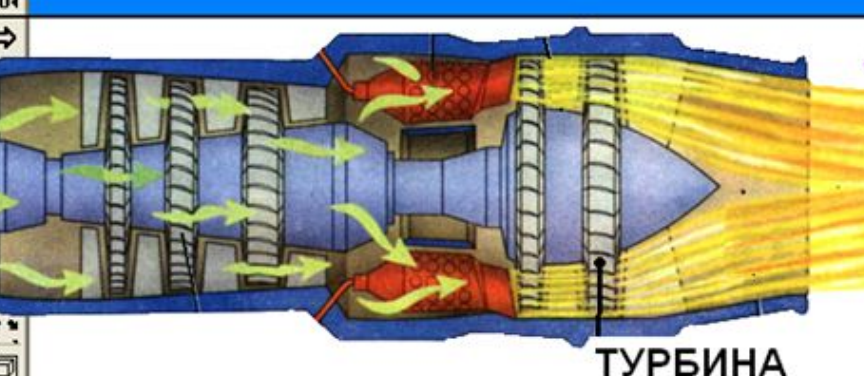
3 %

2 %

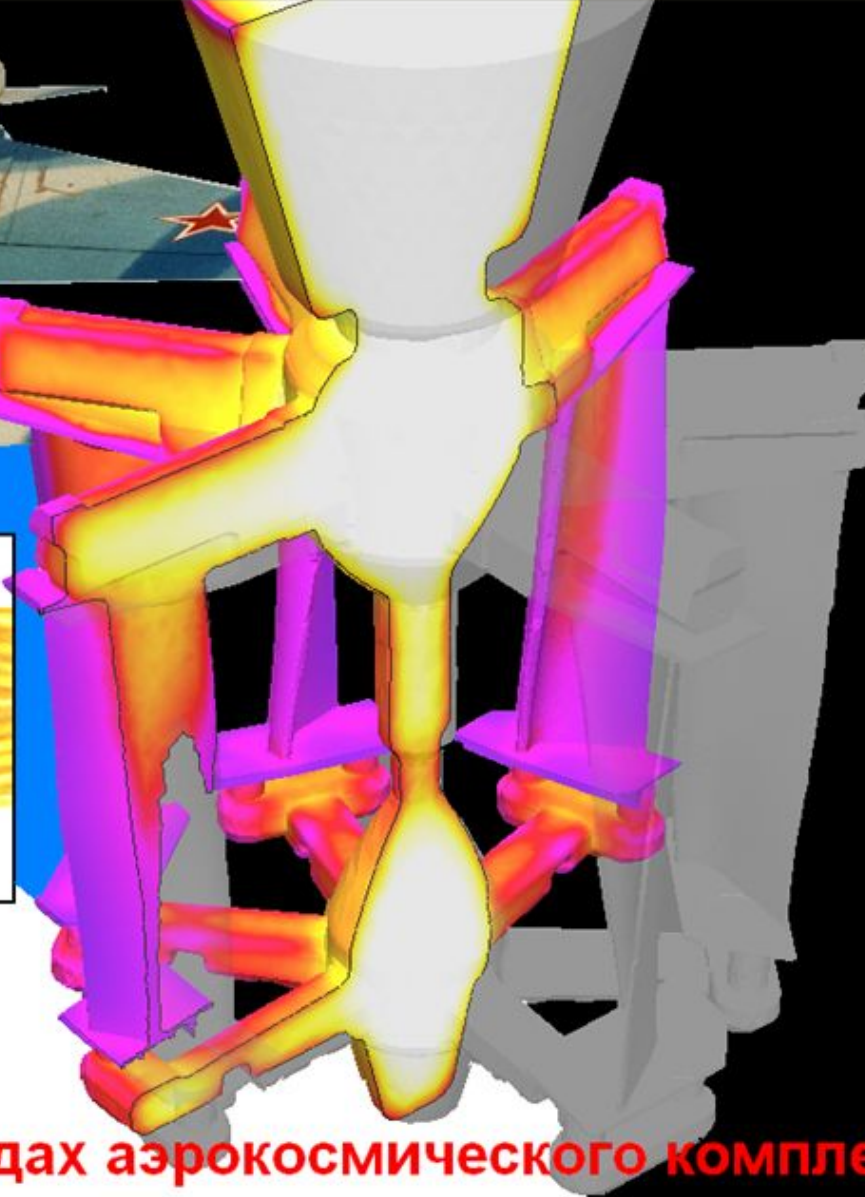
1 %

0.5 %





ТУРБИНА

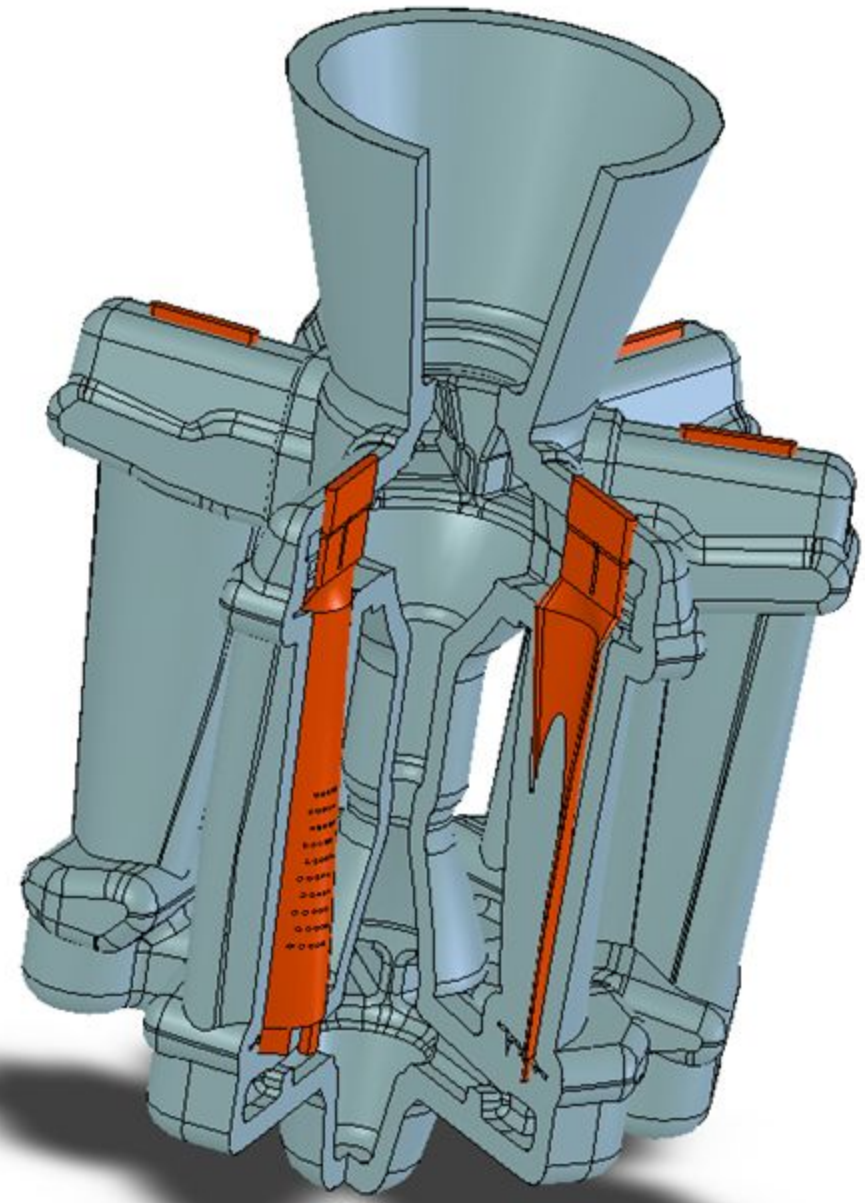
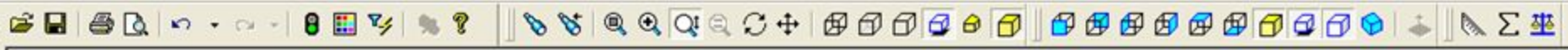


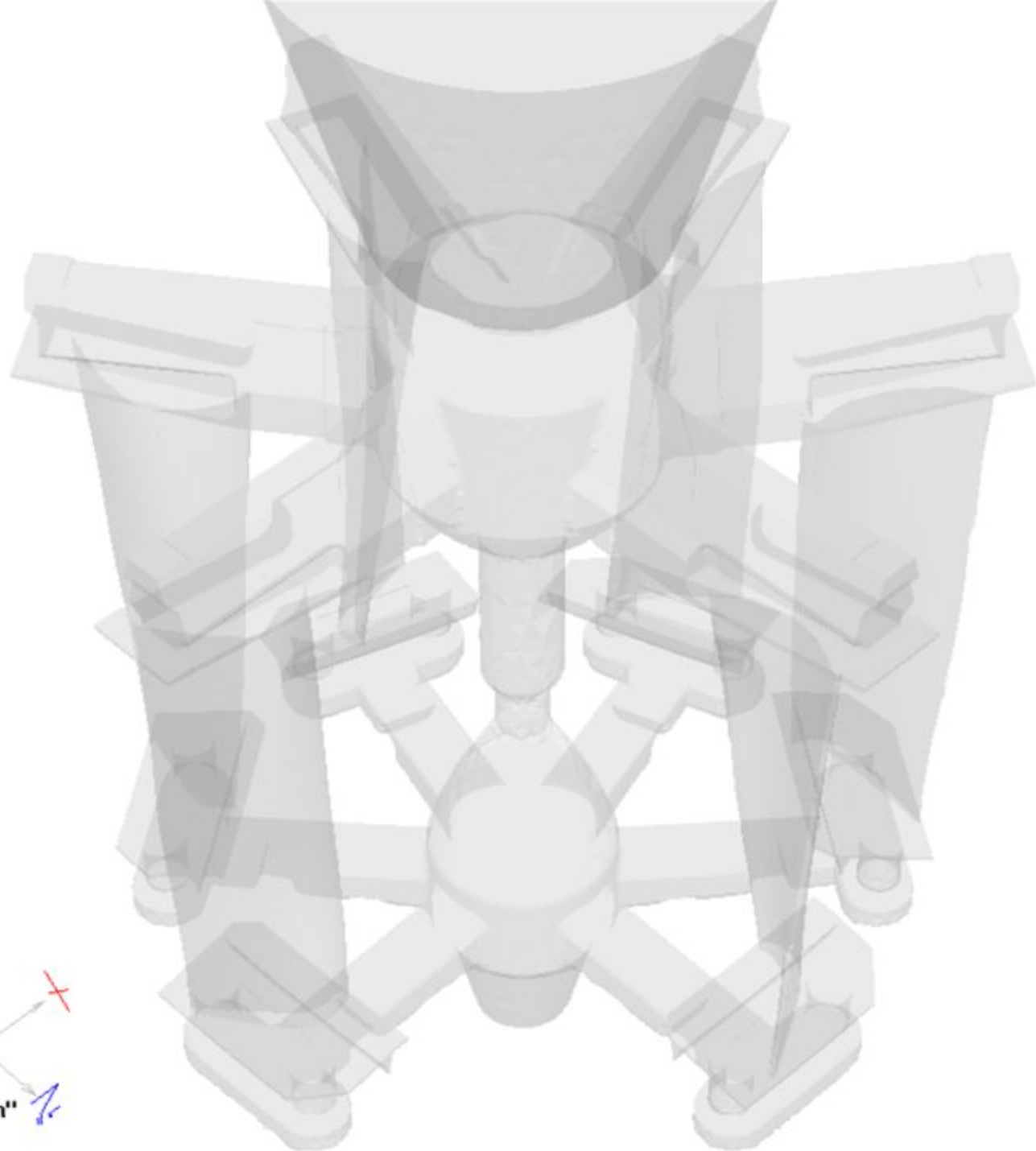
Время, с 10  
00:00:10

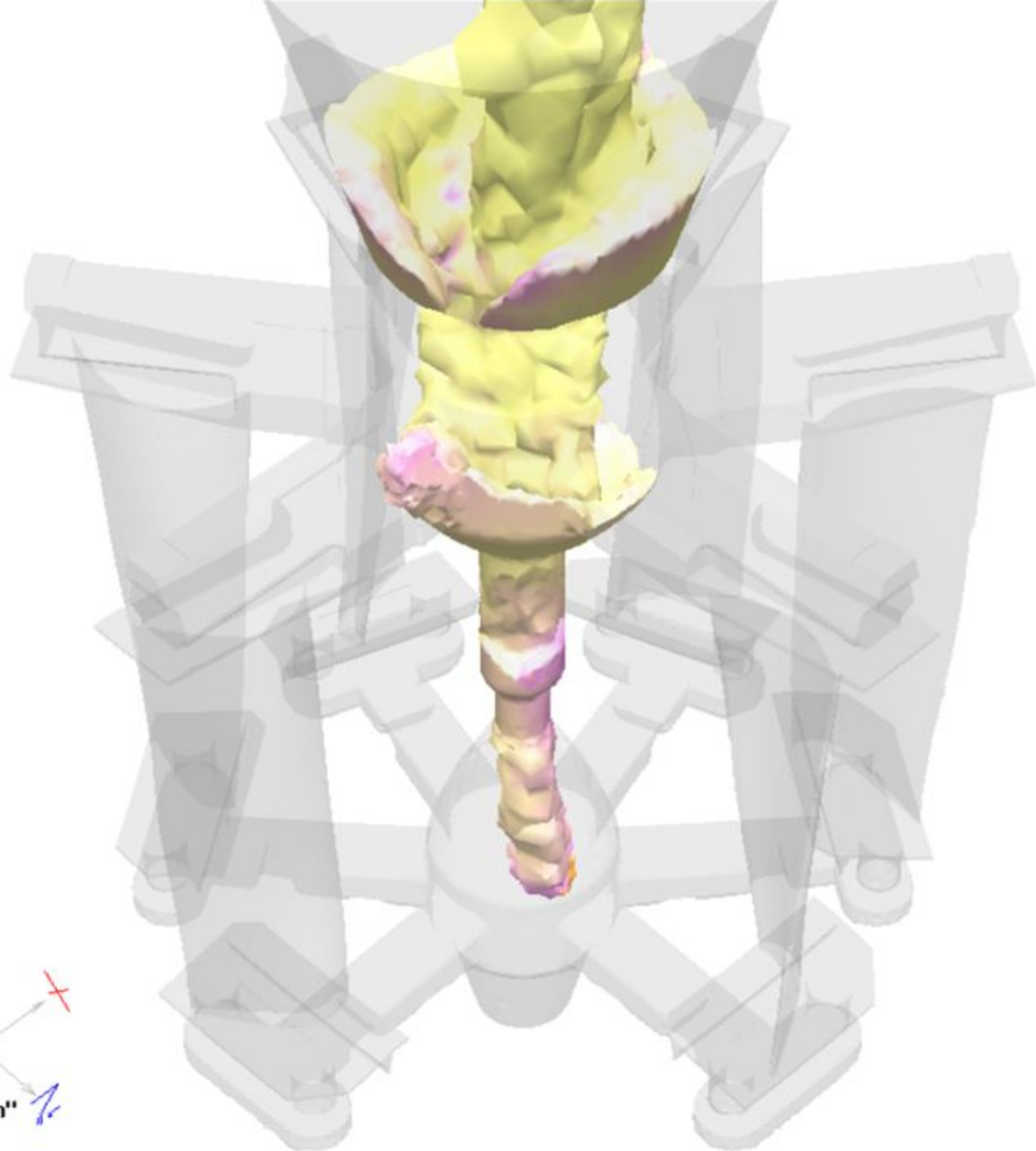
Температура, С  
Жидкая фаза, %  
Тл=1370 Тс=1250

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

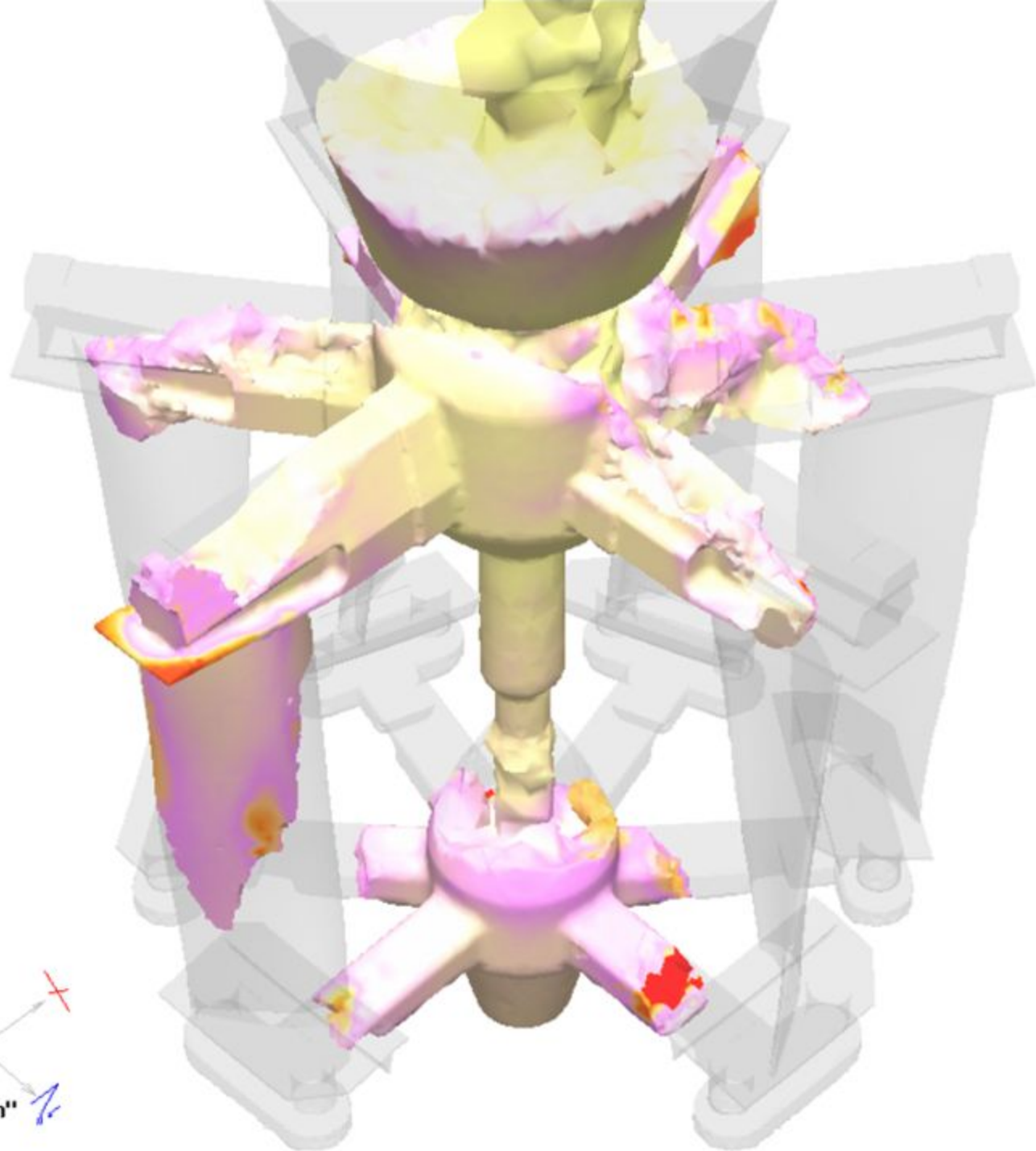
**ПОЛИГОН** применяют для отработки сложнейших литейных технологий турбинных лопаток **на заводах аэрокосмического комплекса**

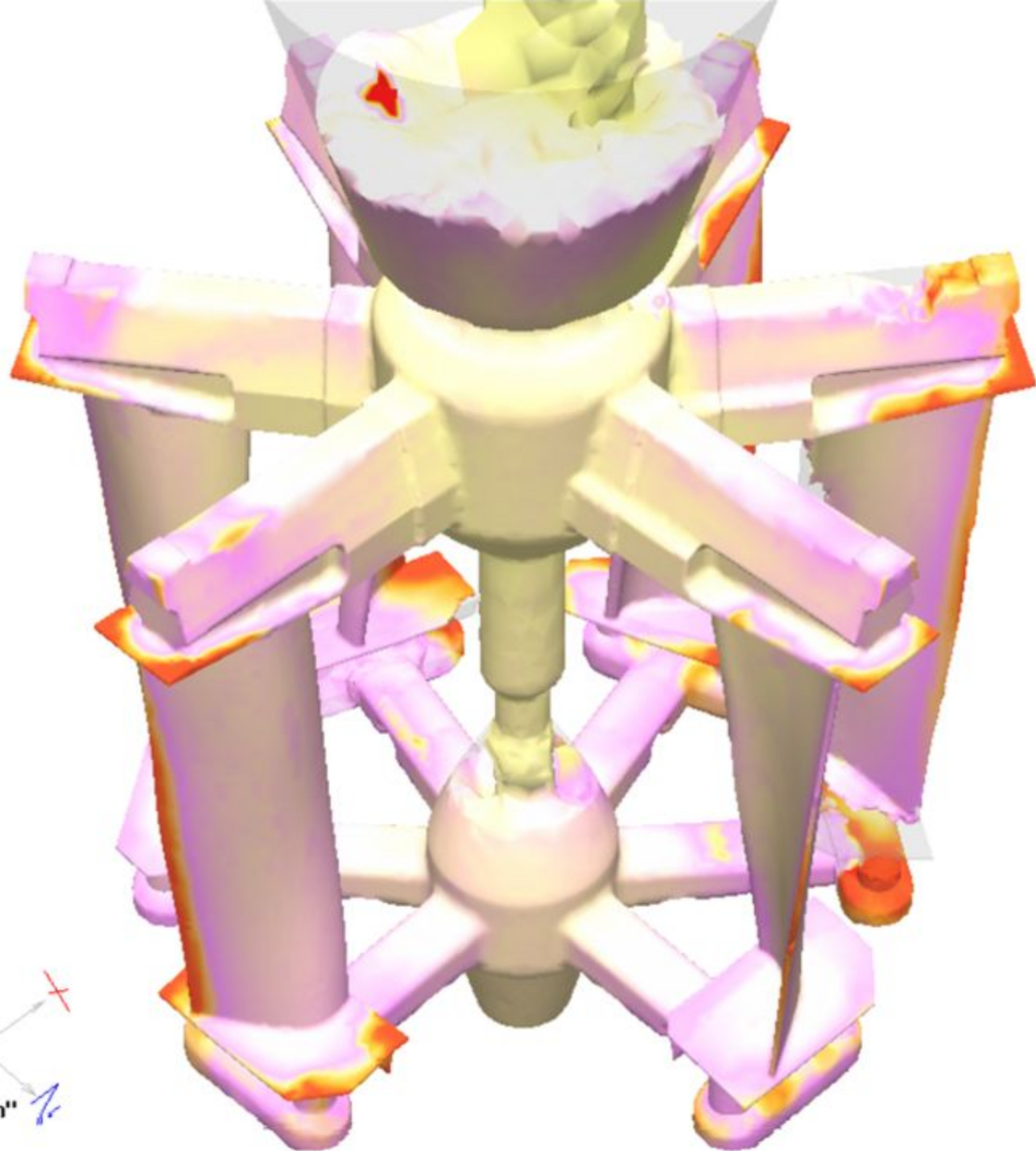


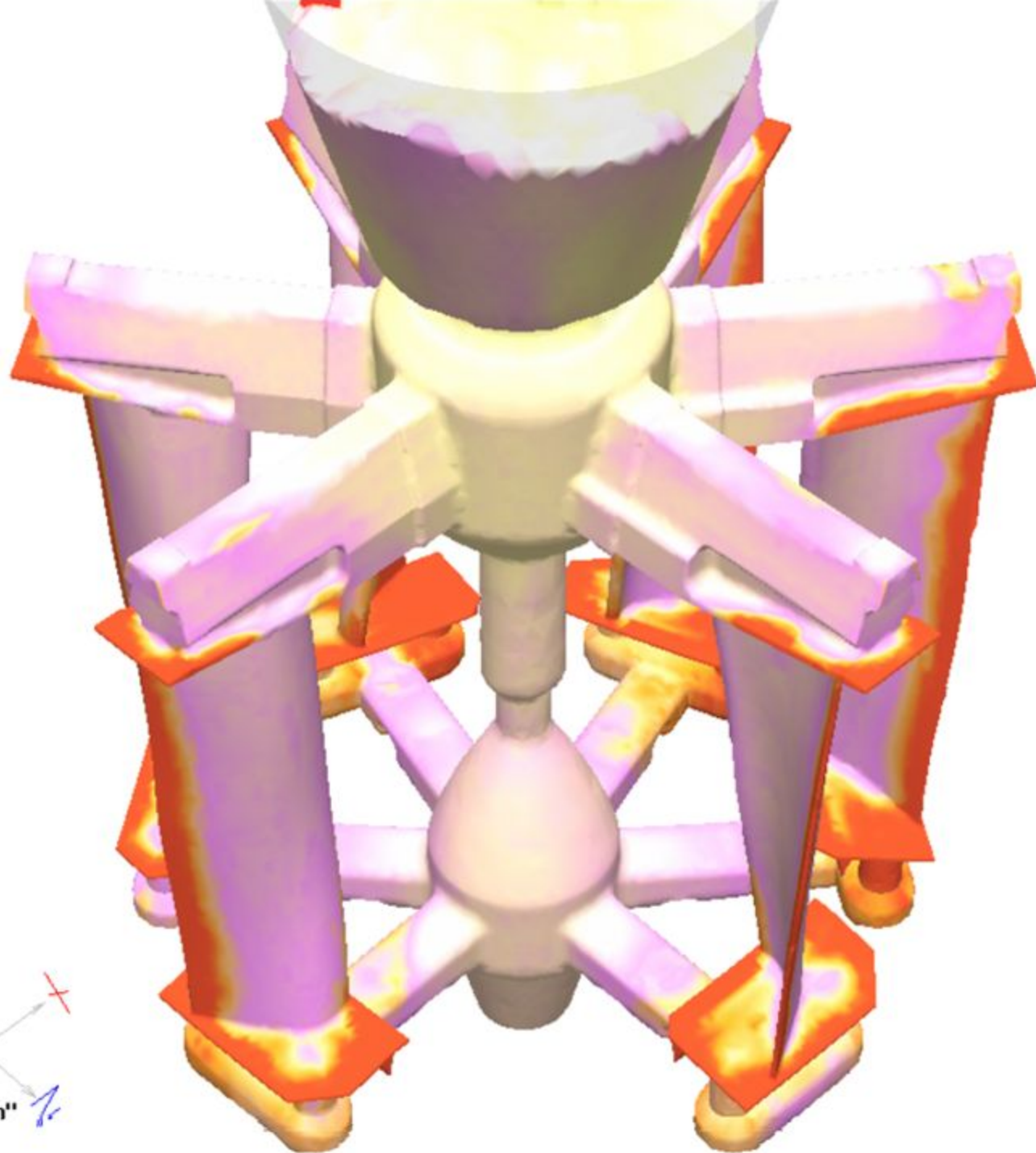


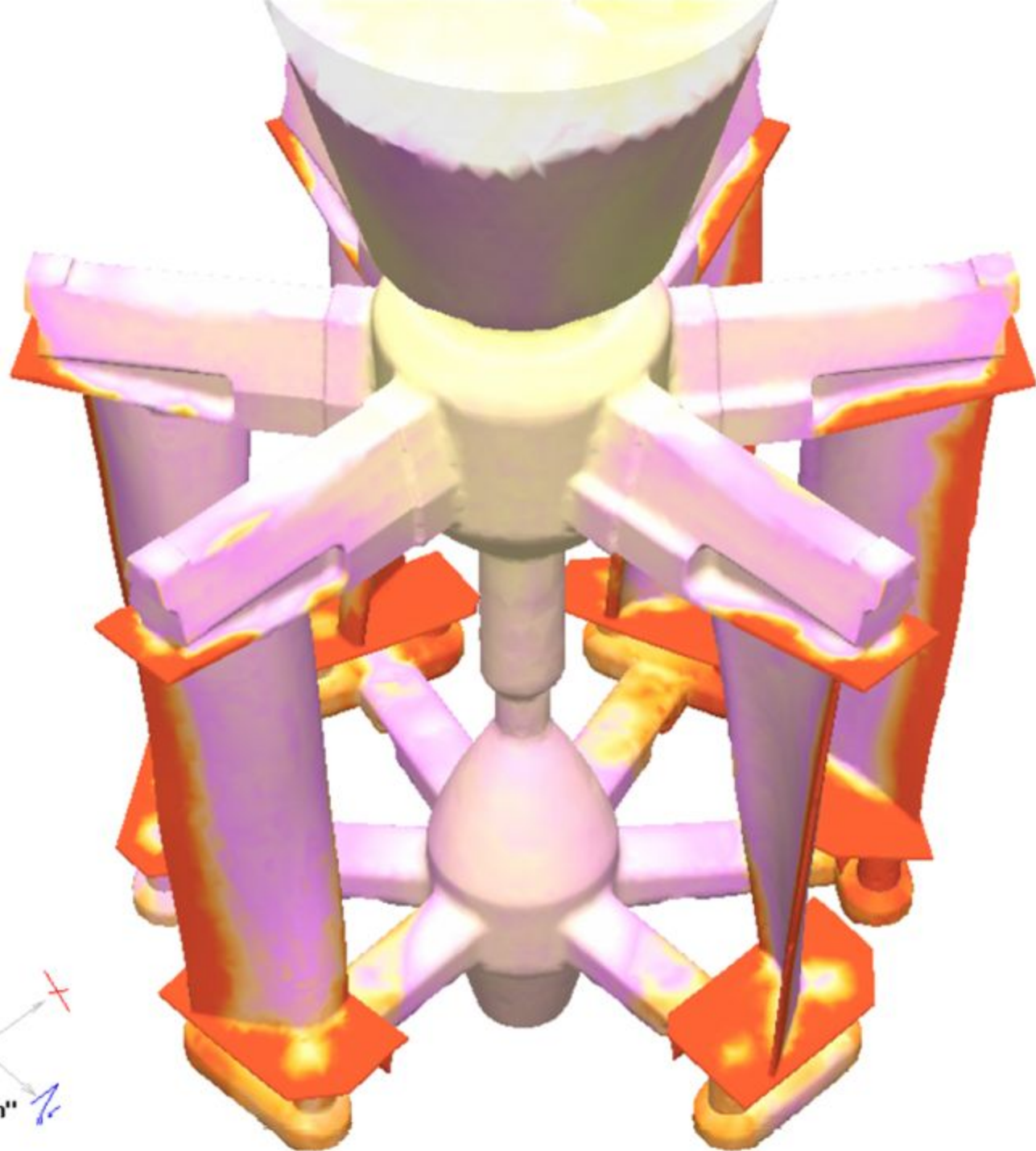


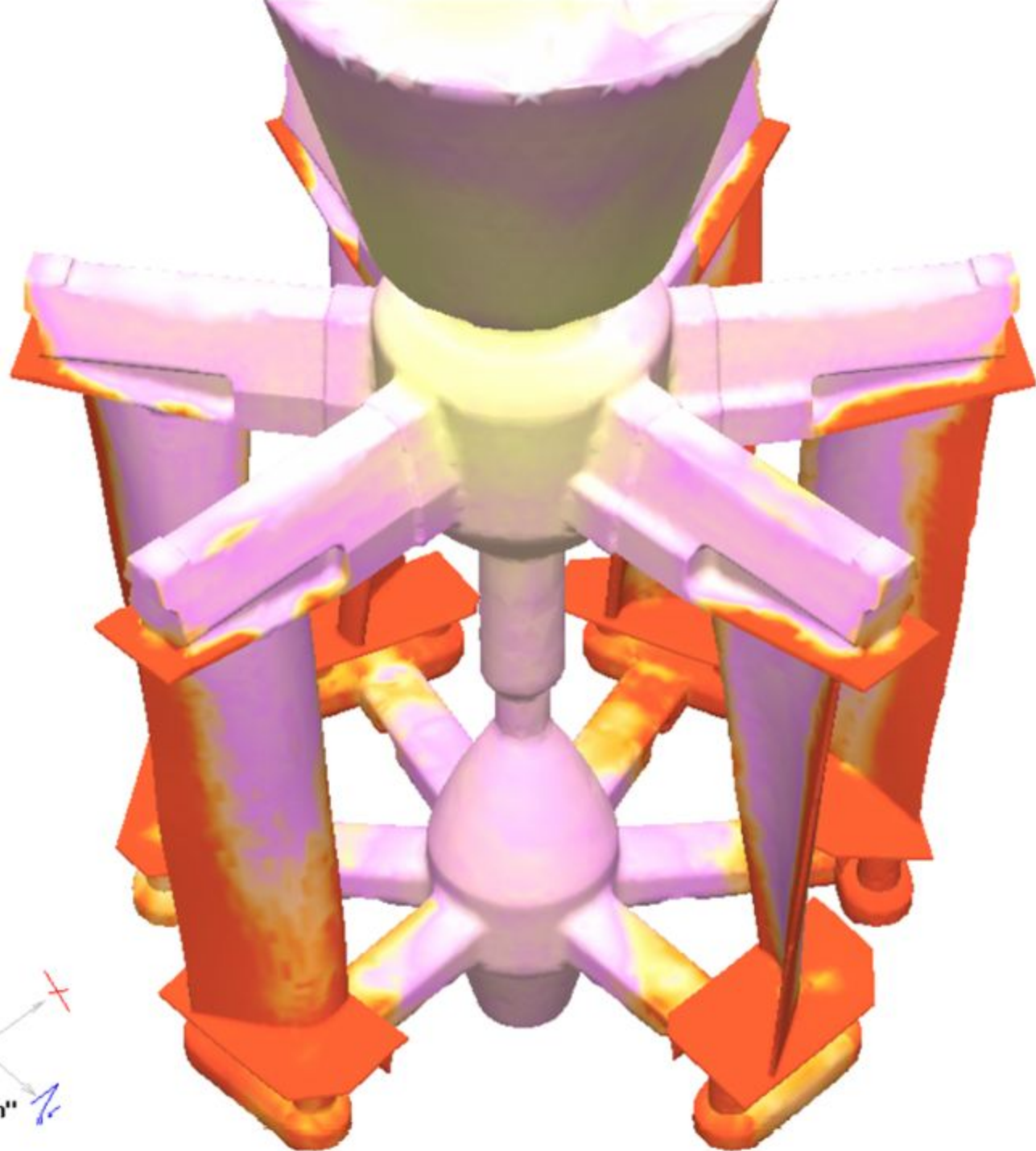


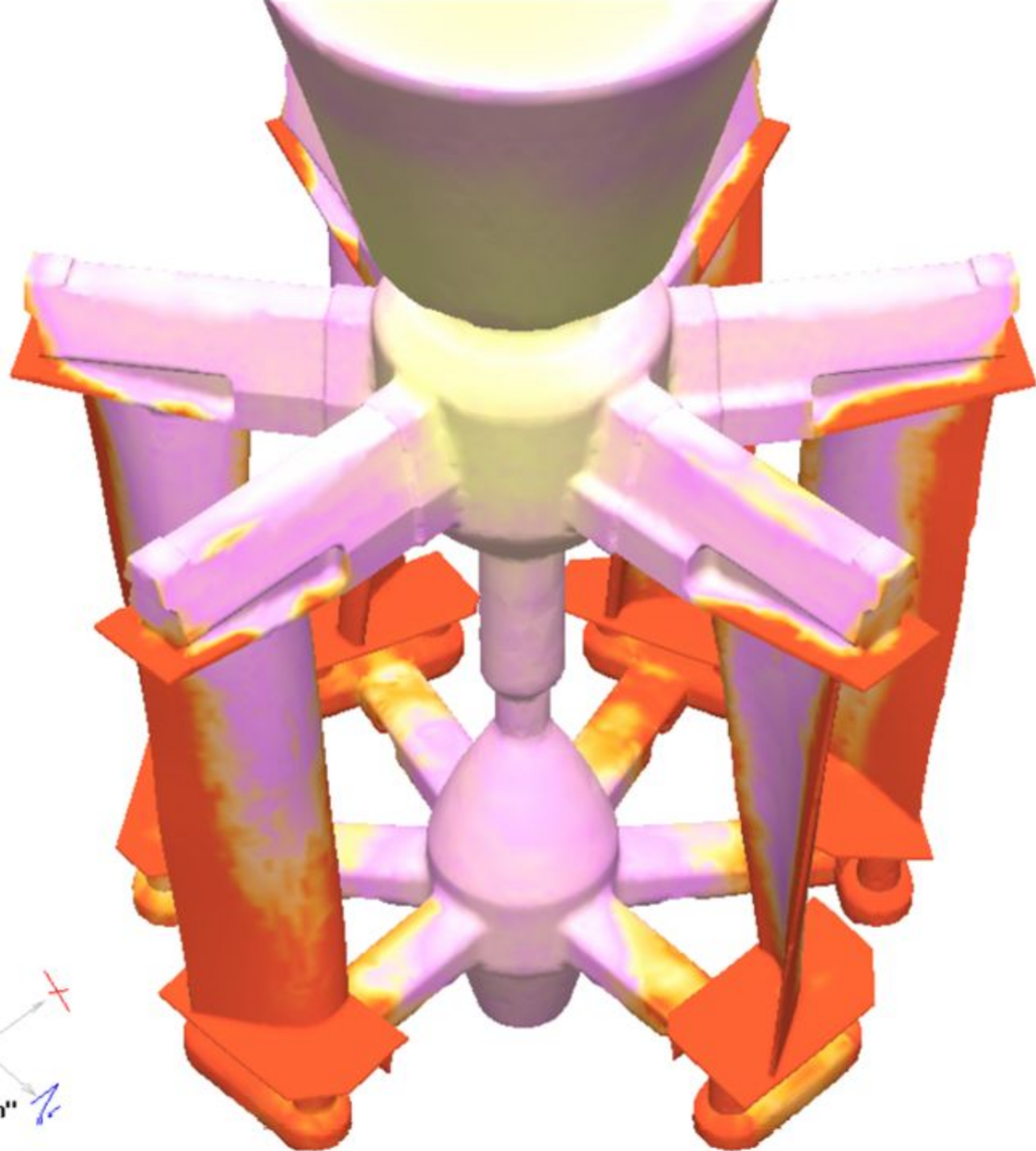




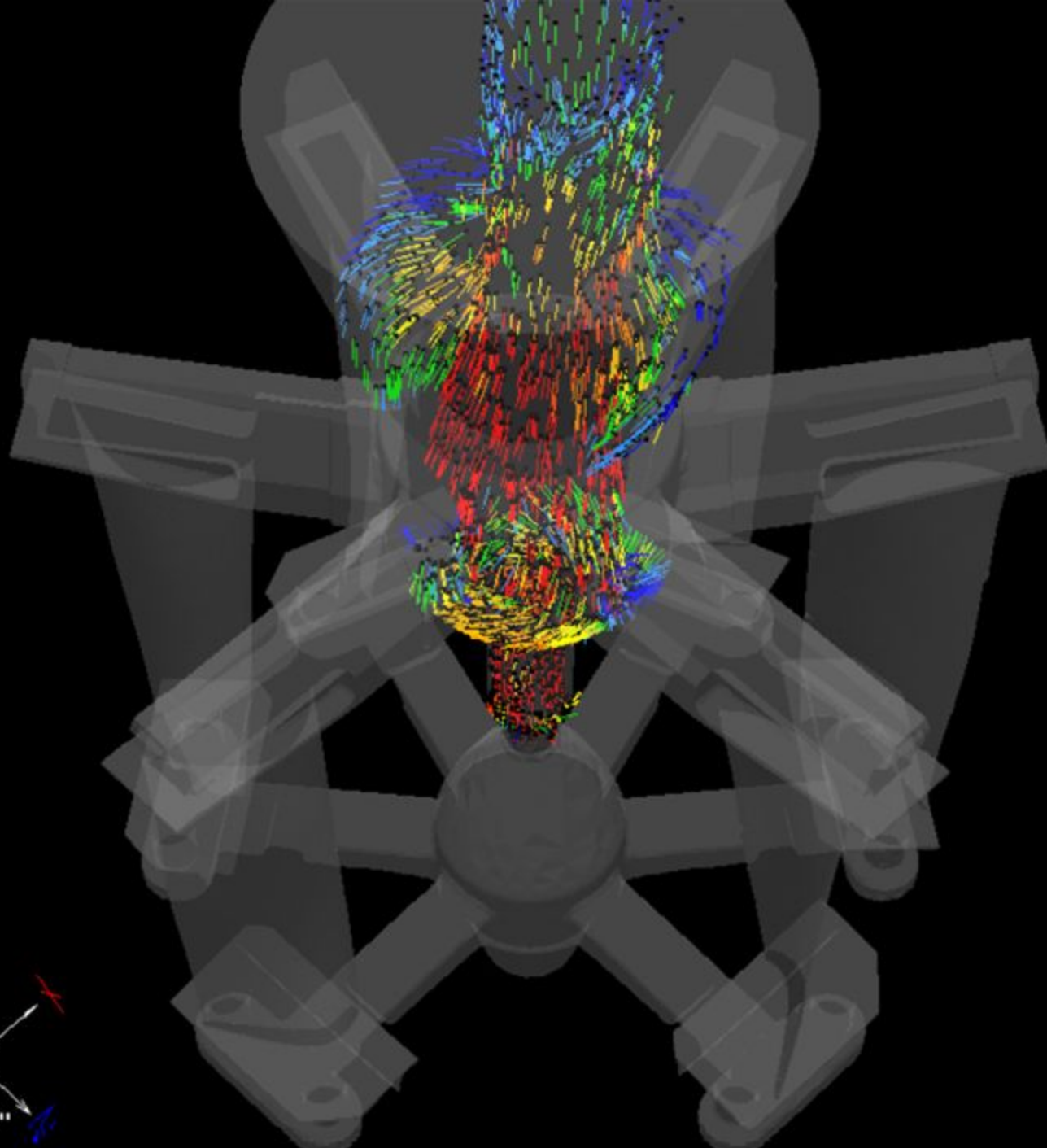




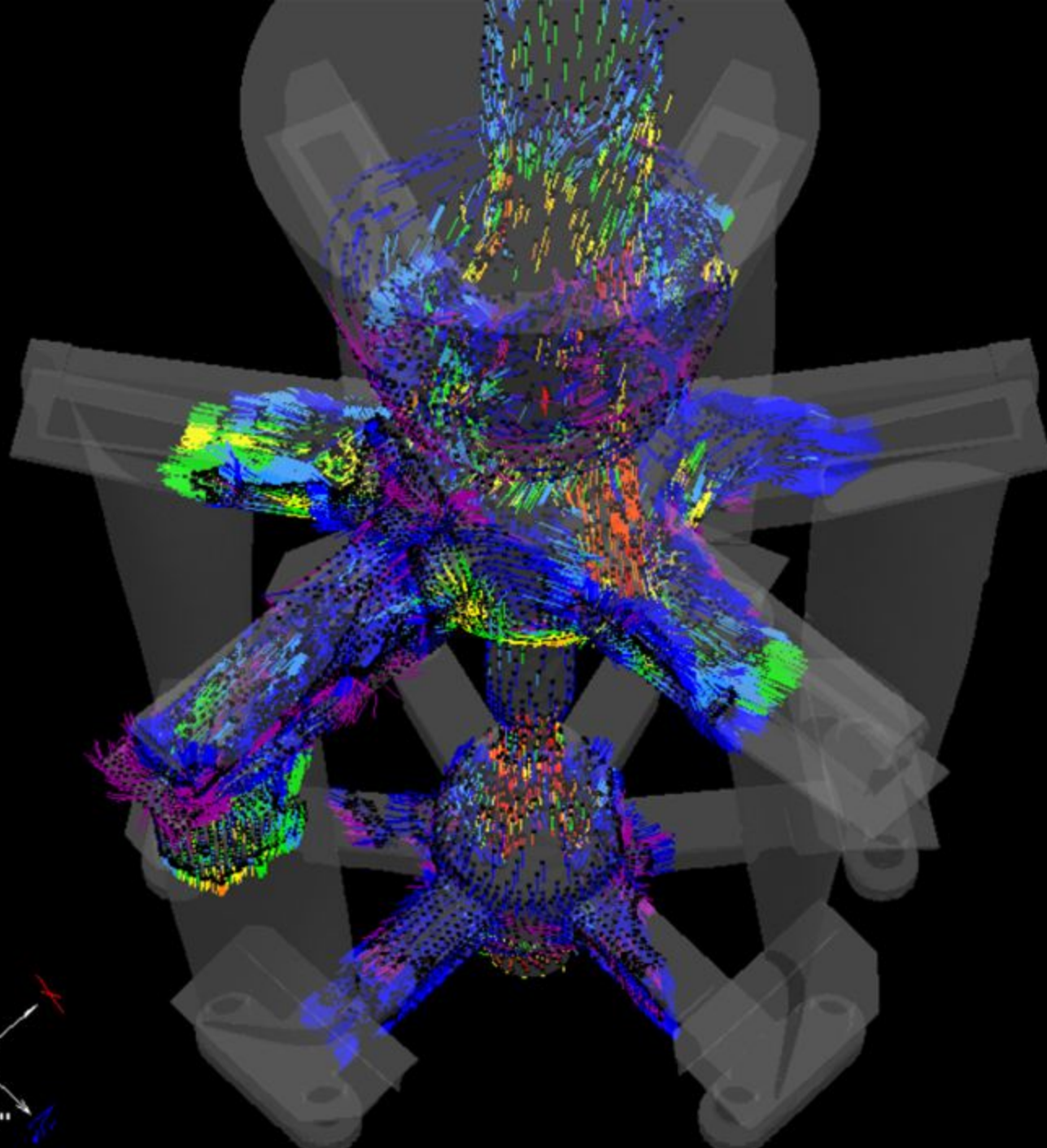


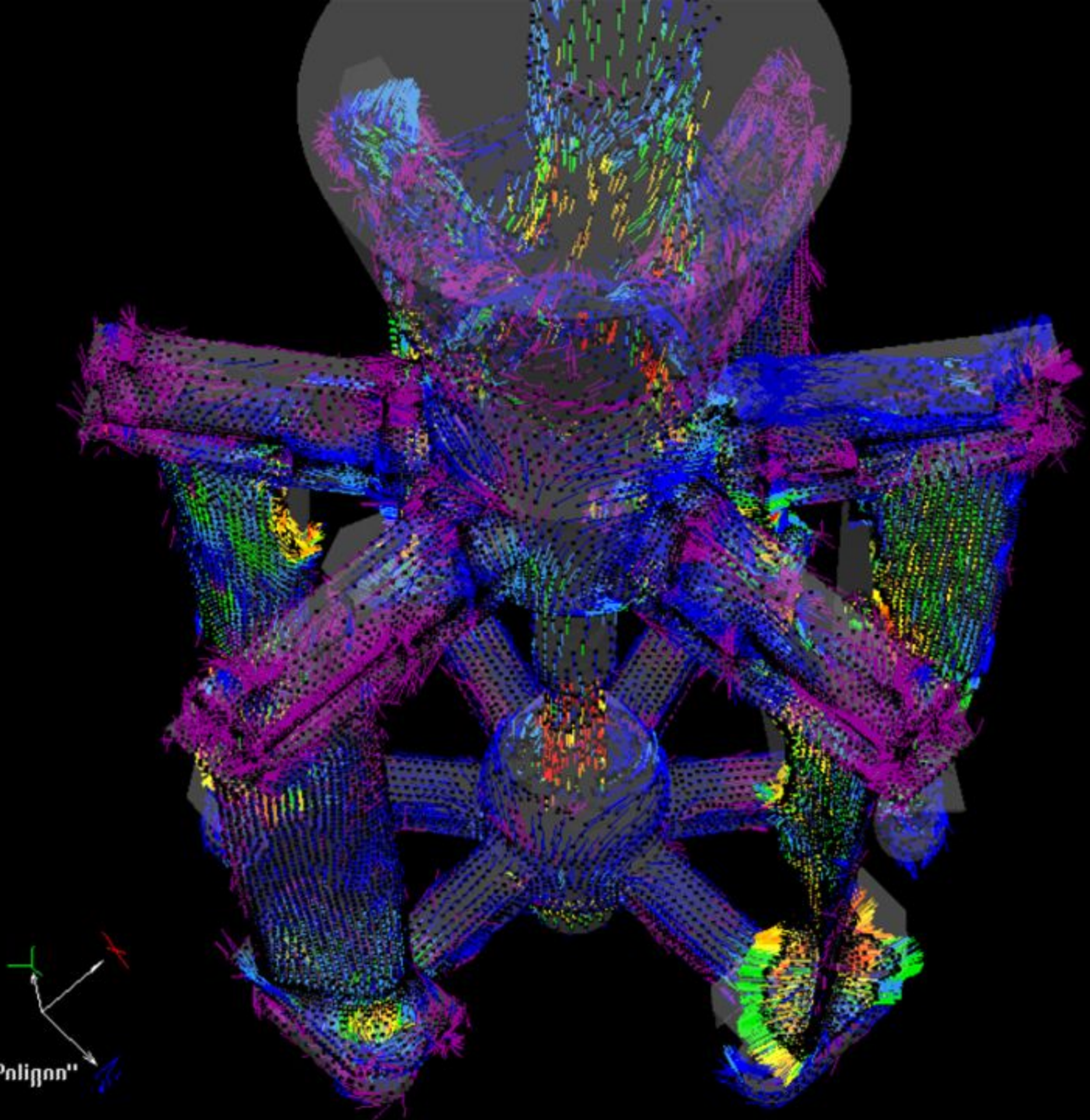


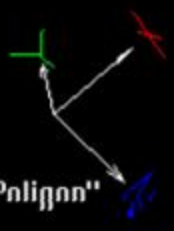
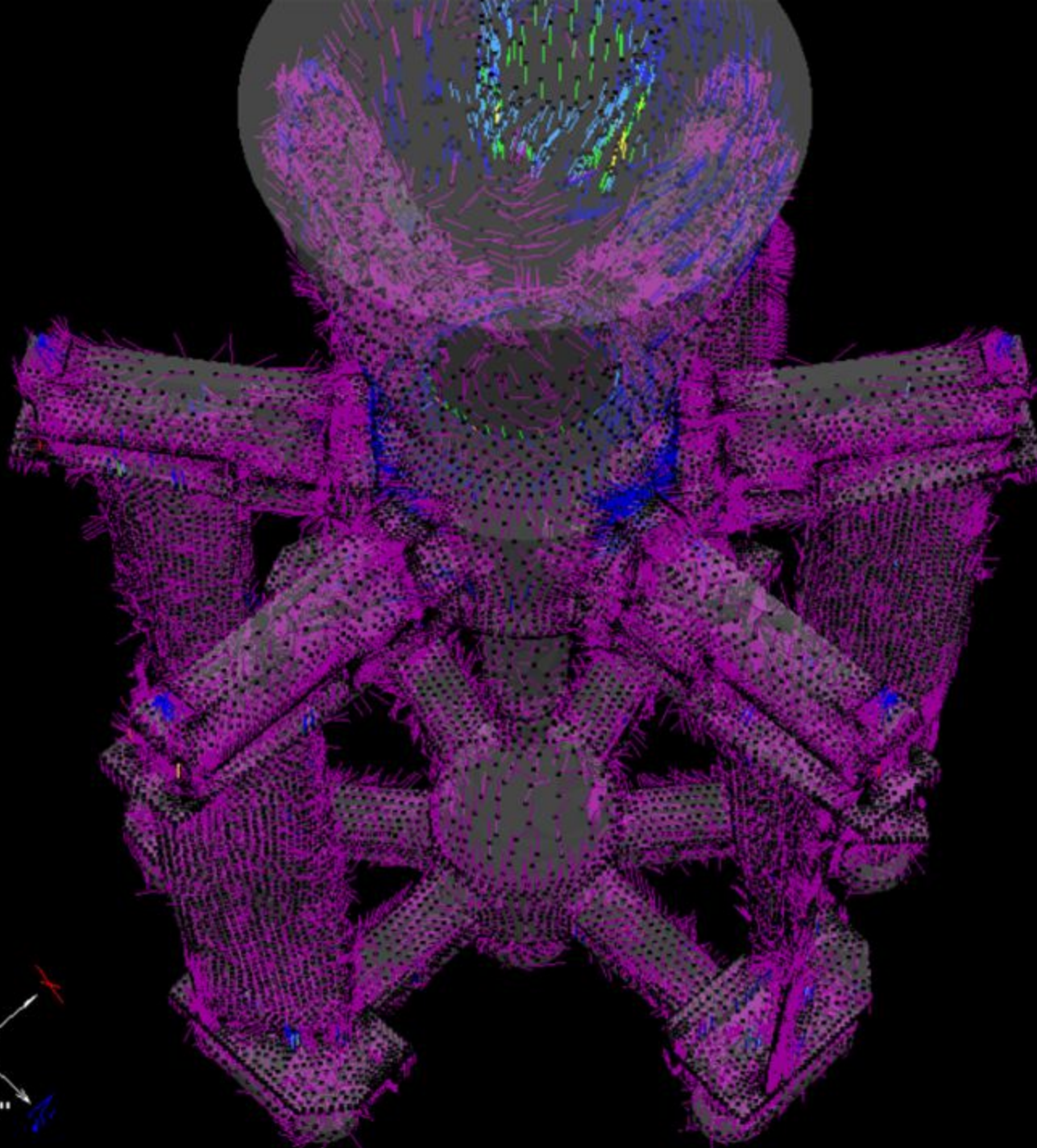


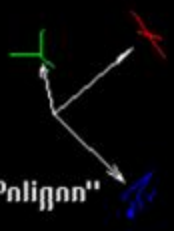
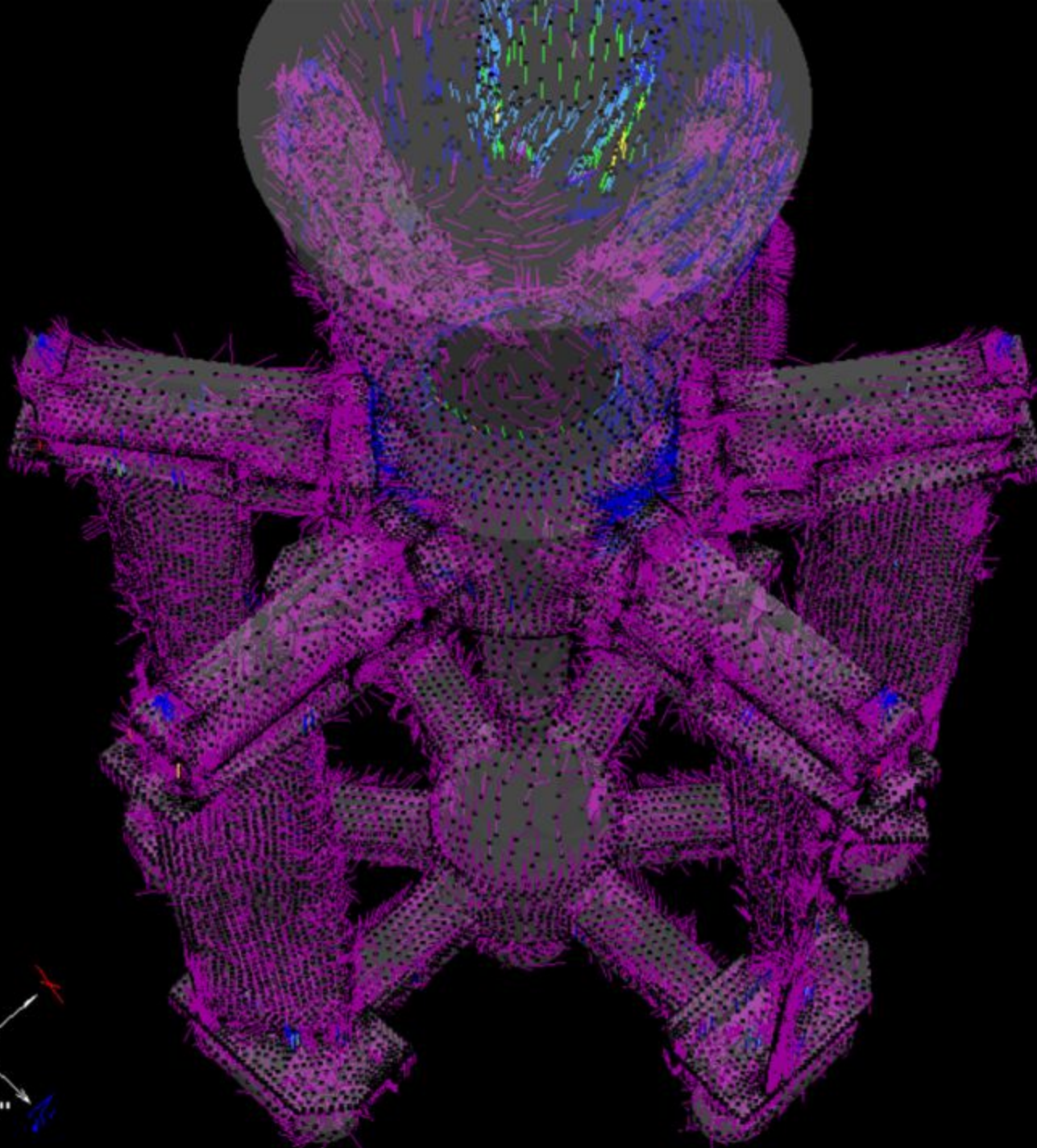




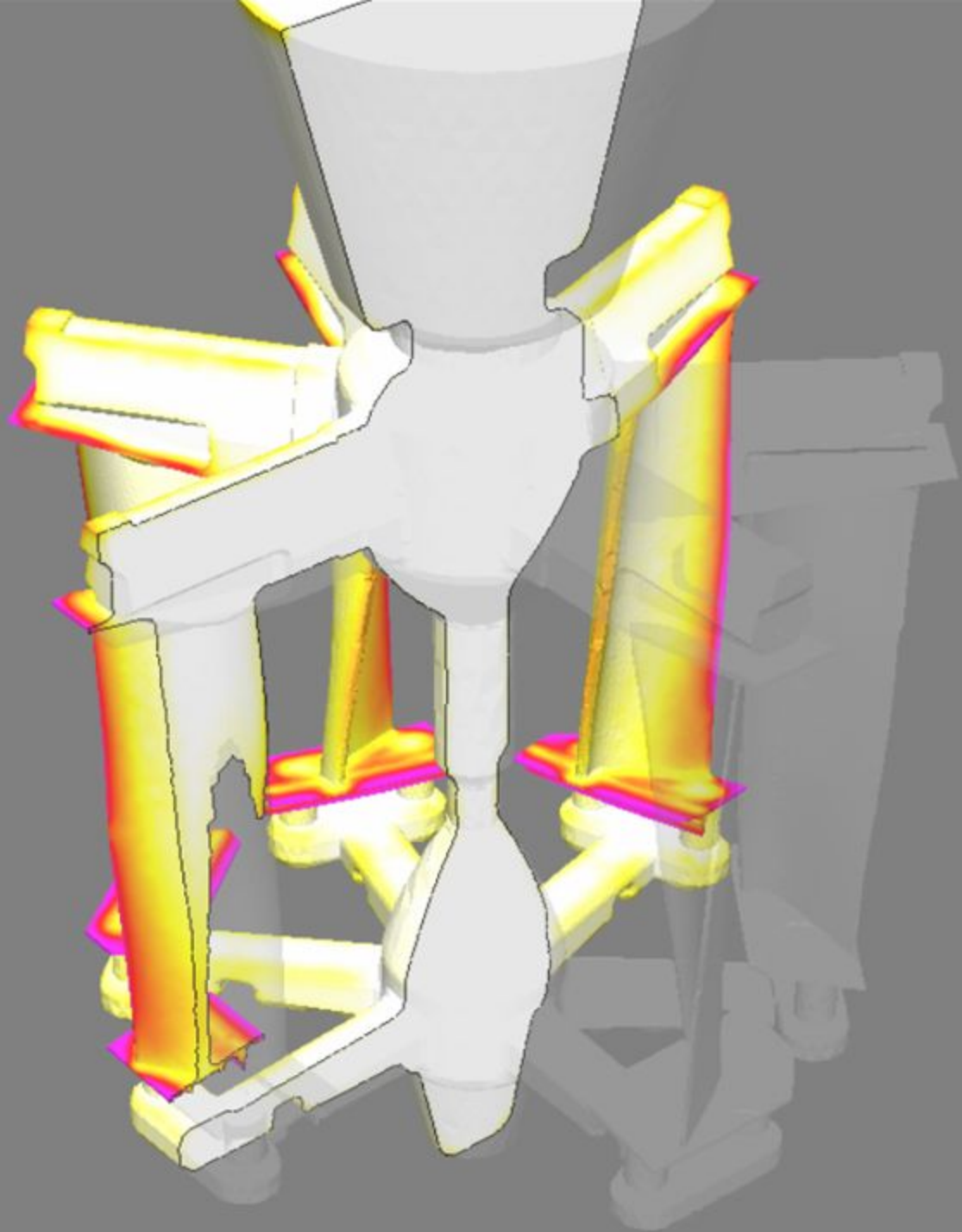


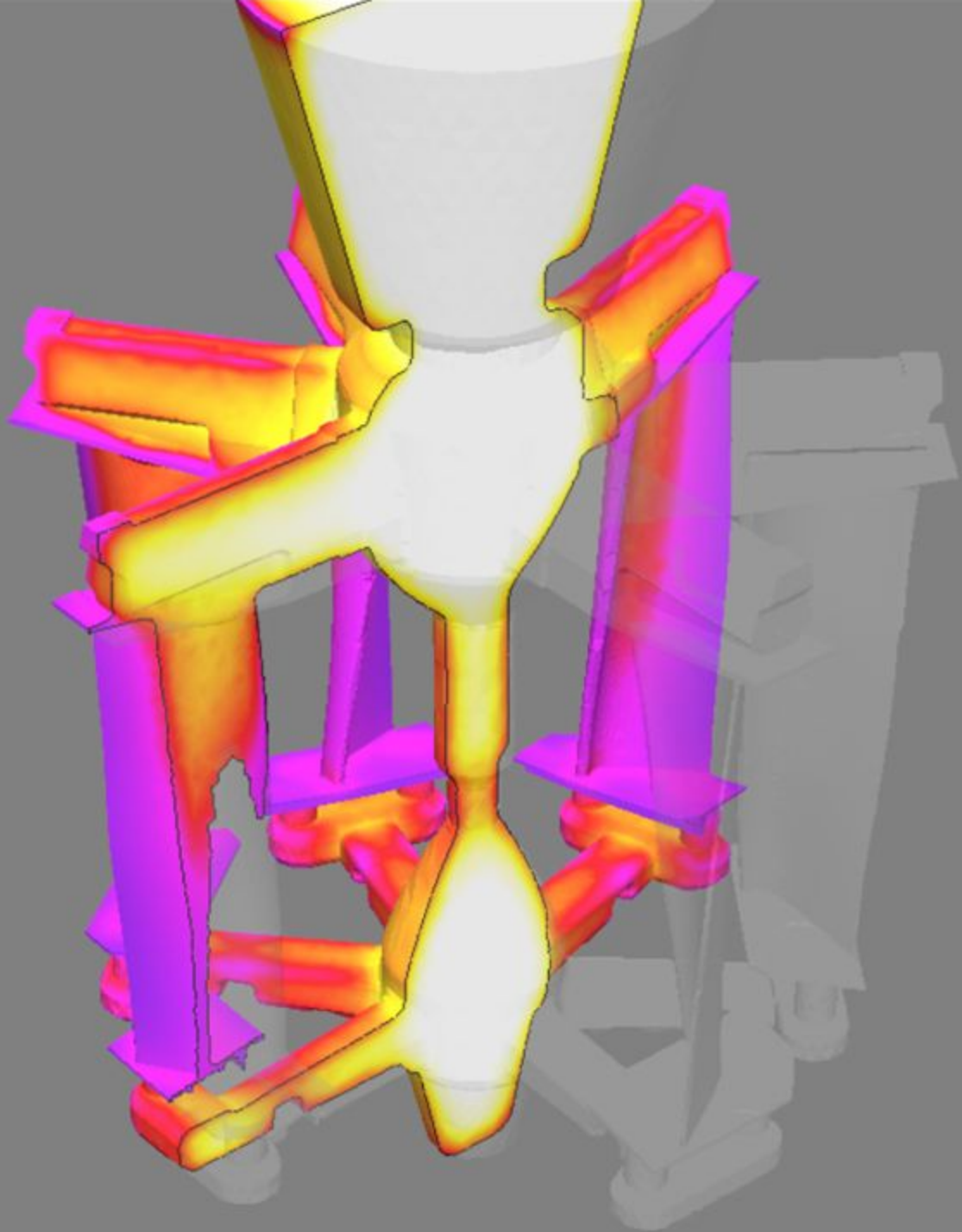






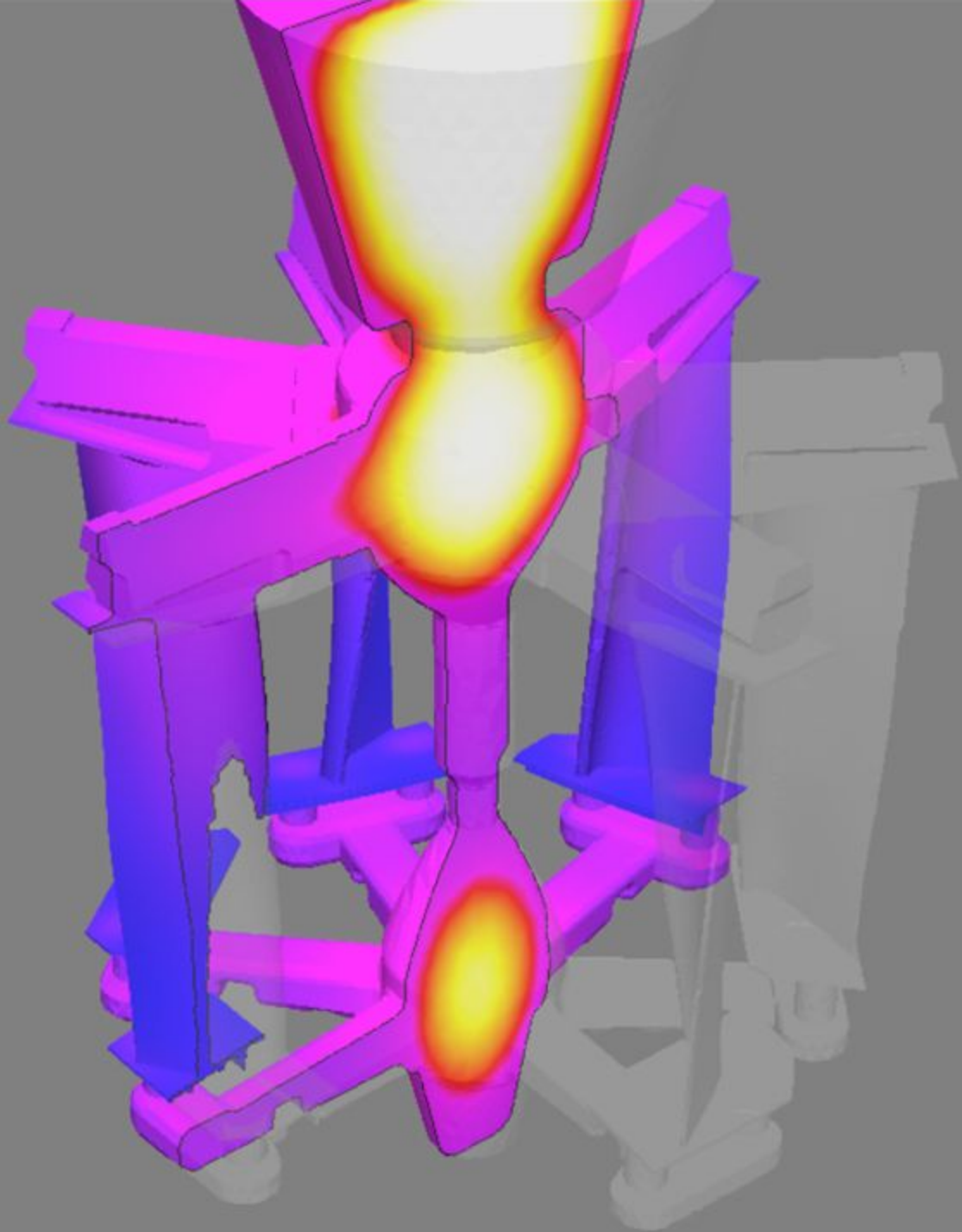


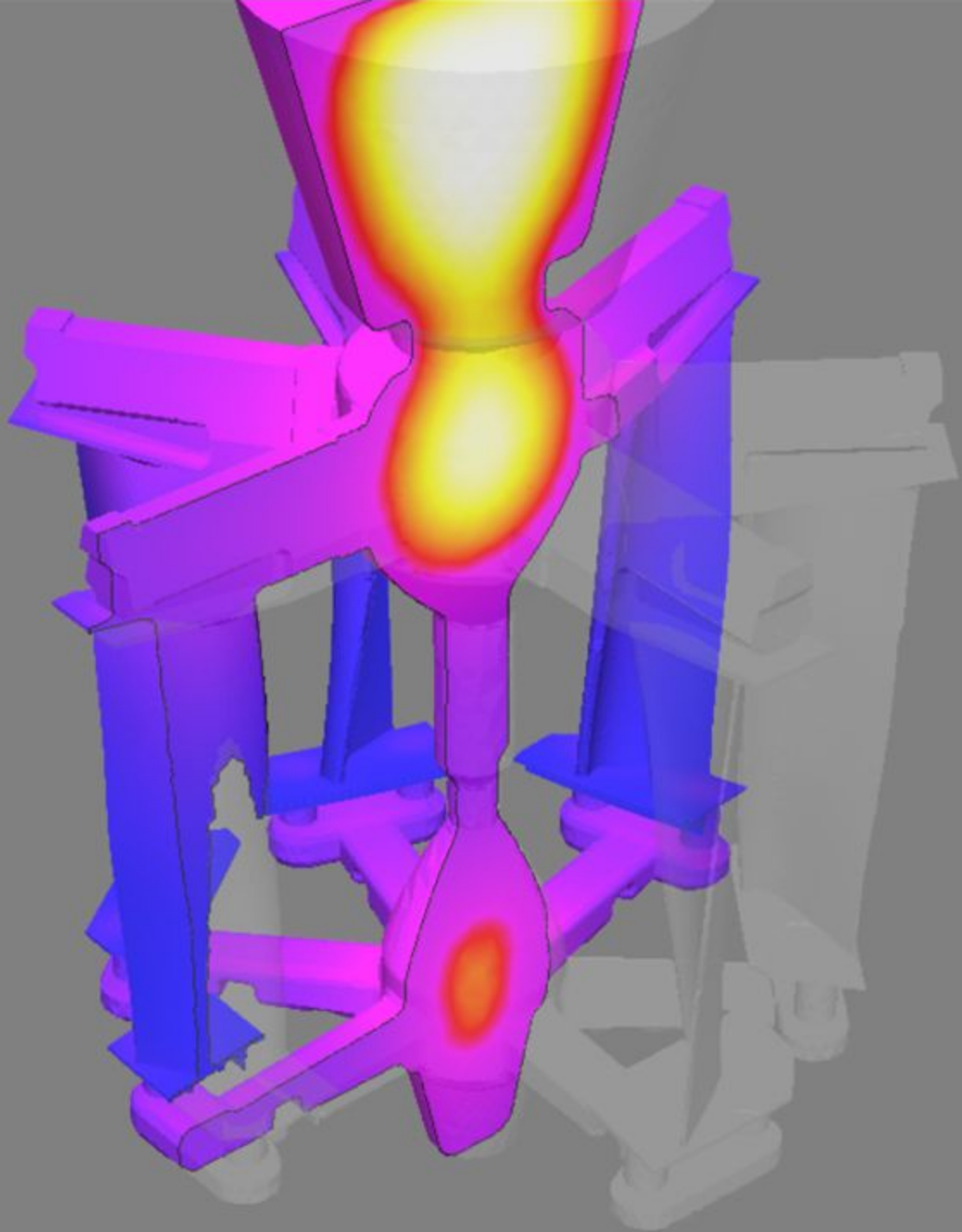


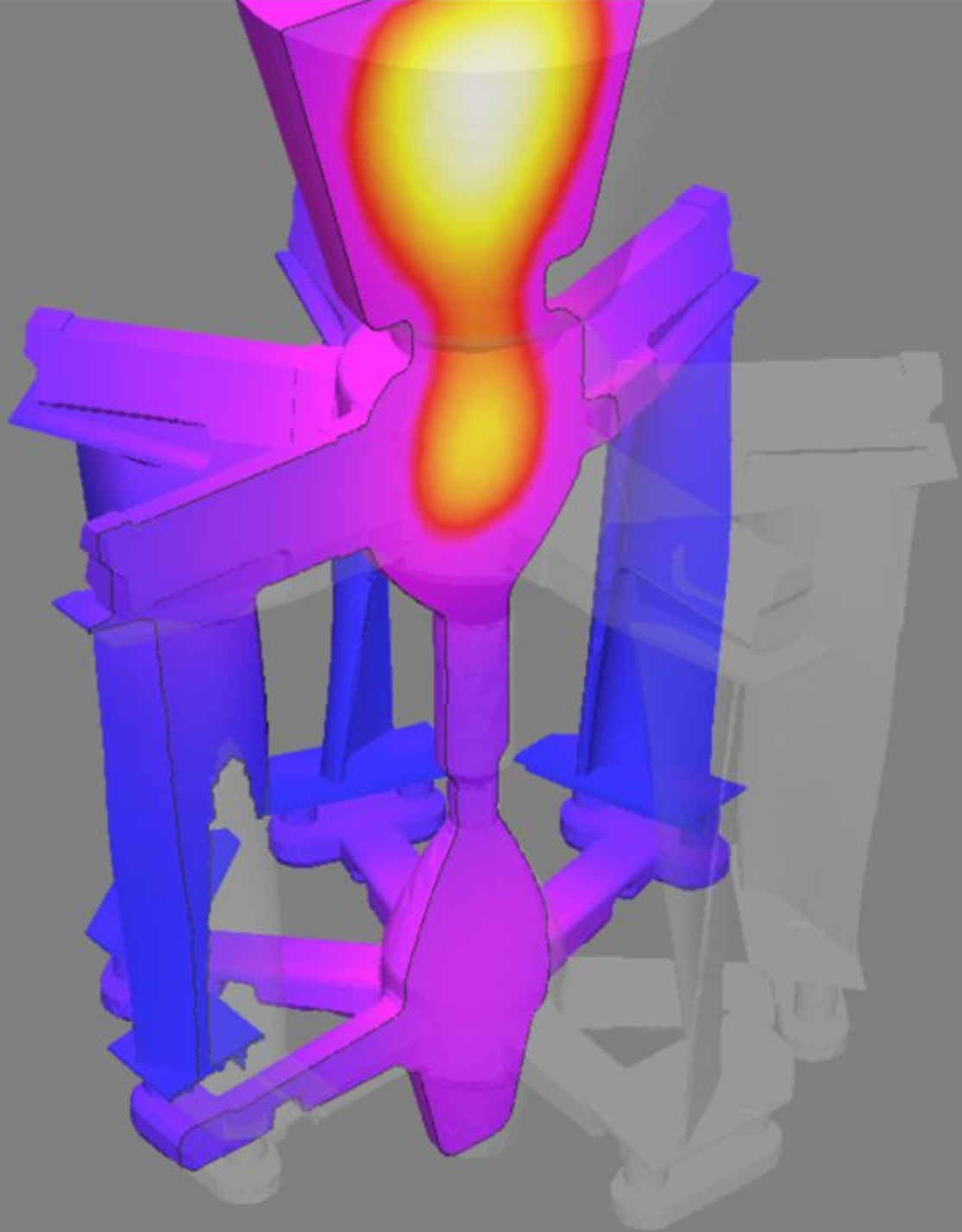


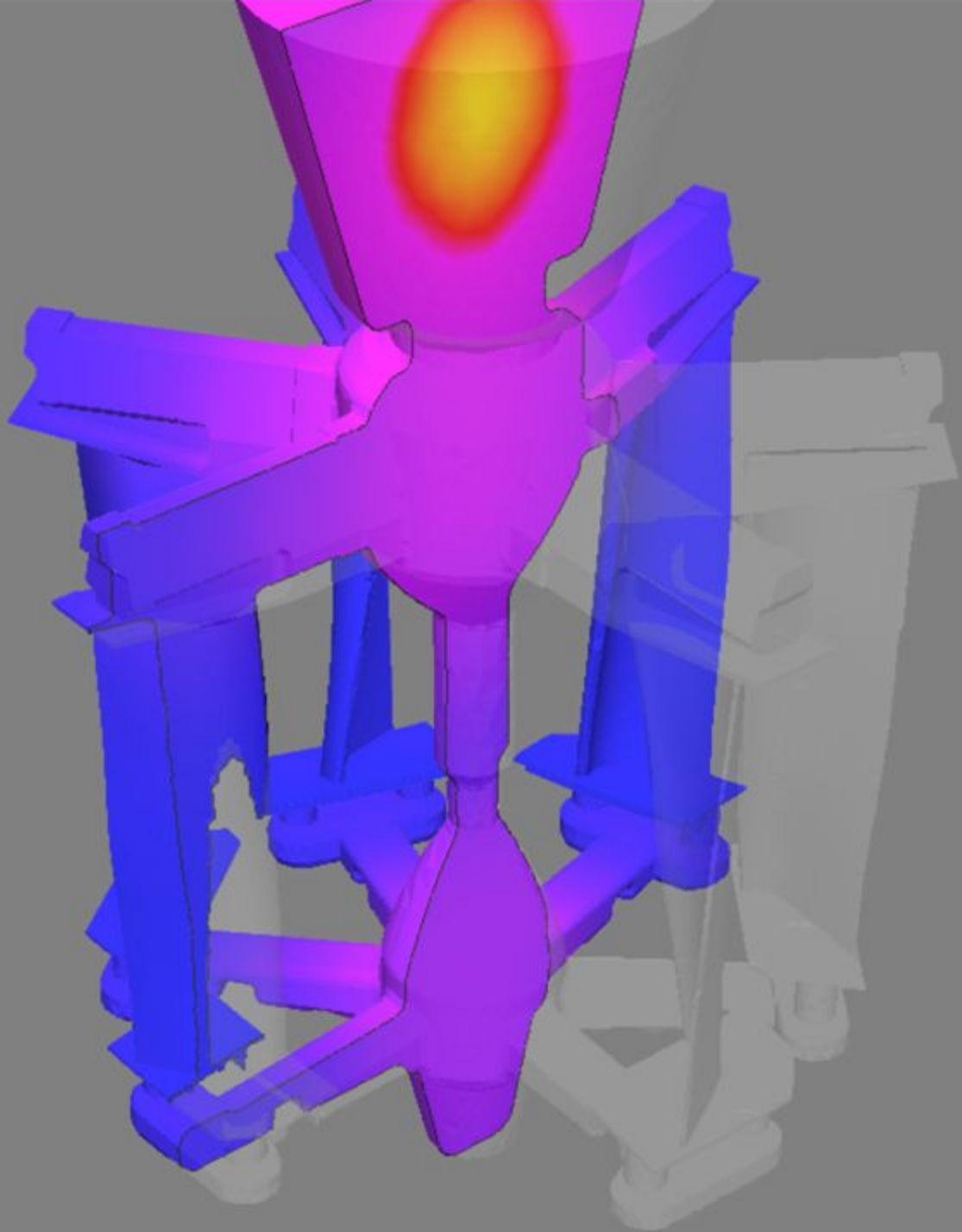


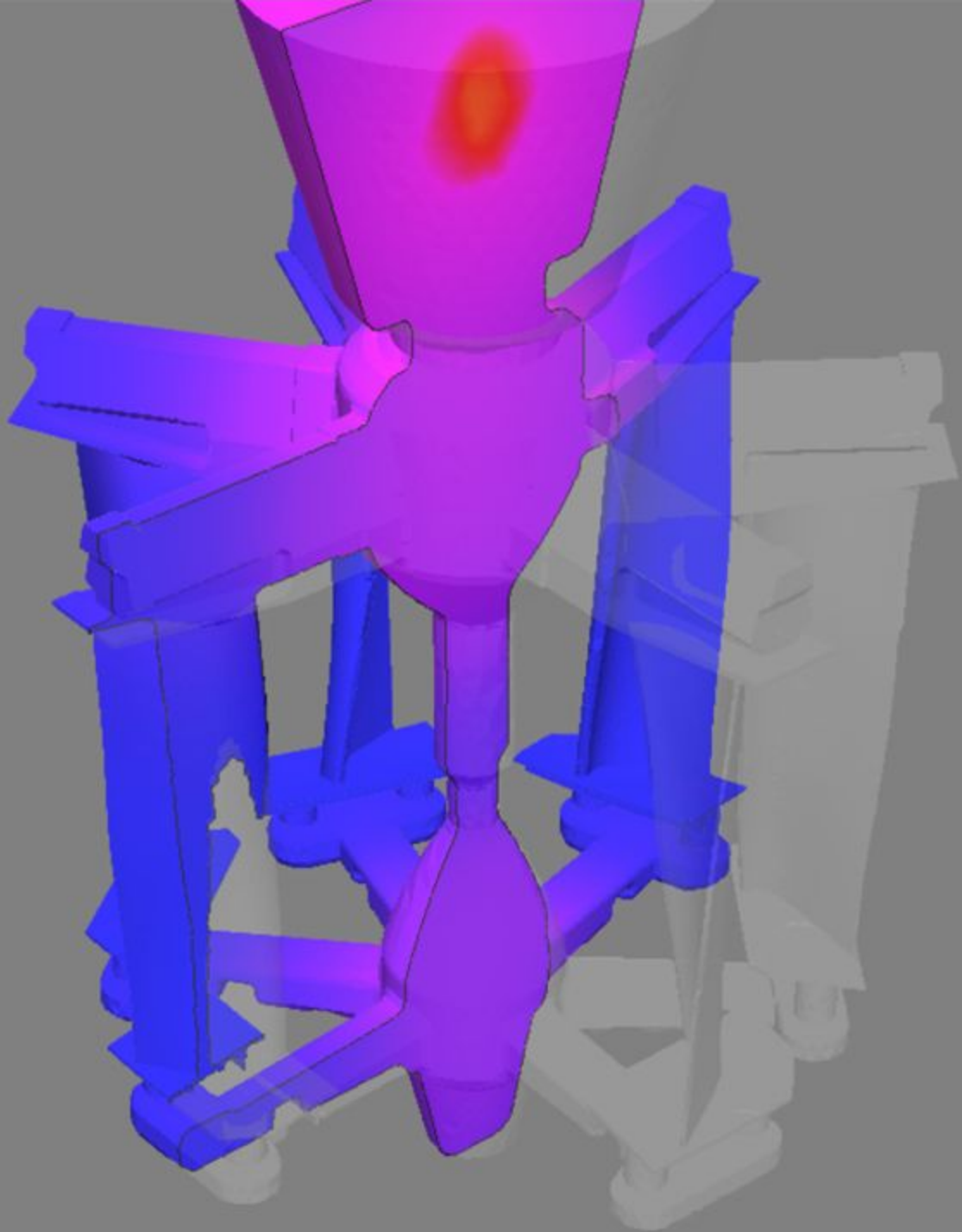


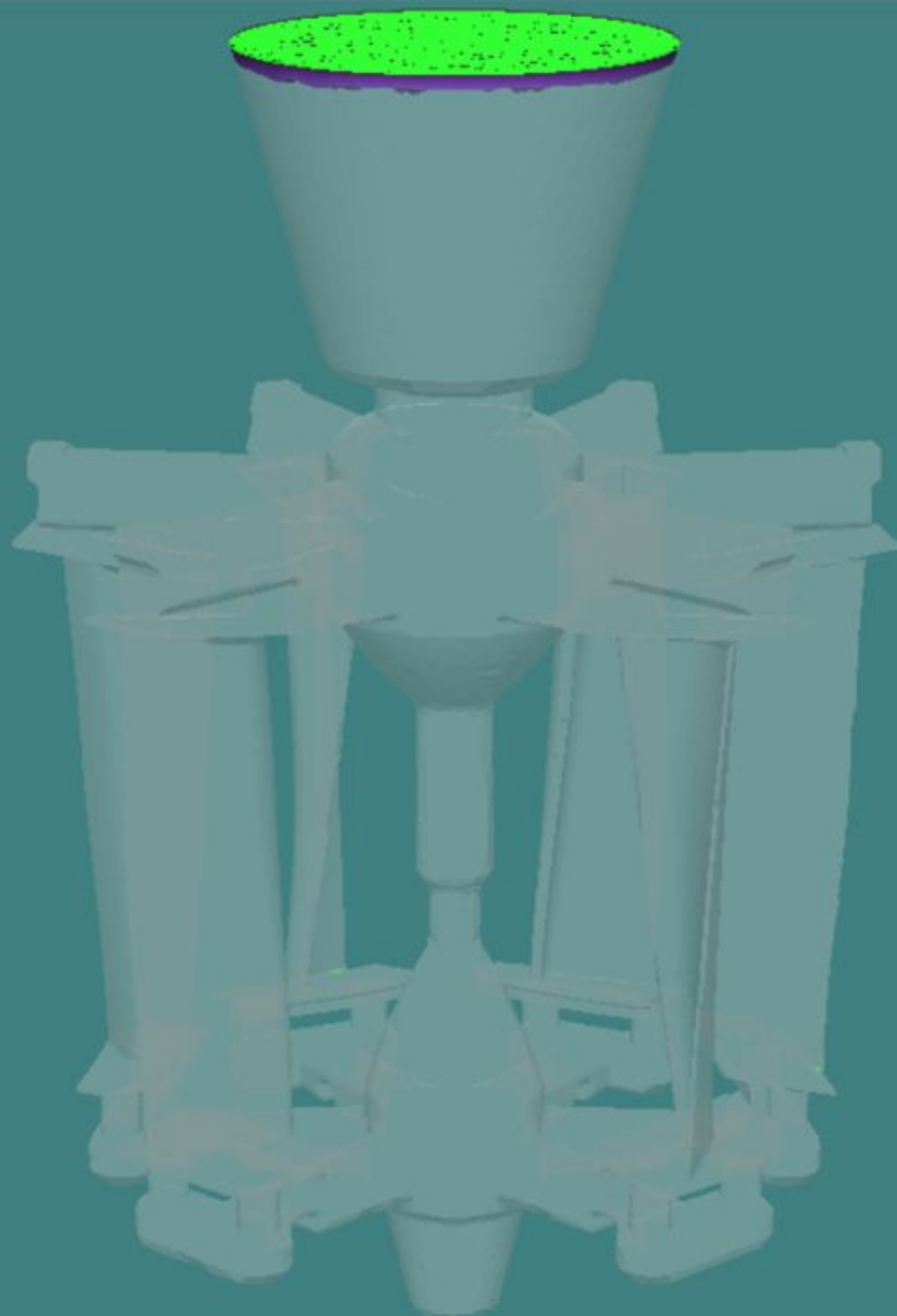


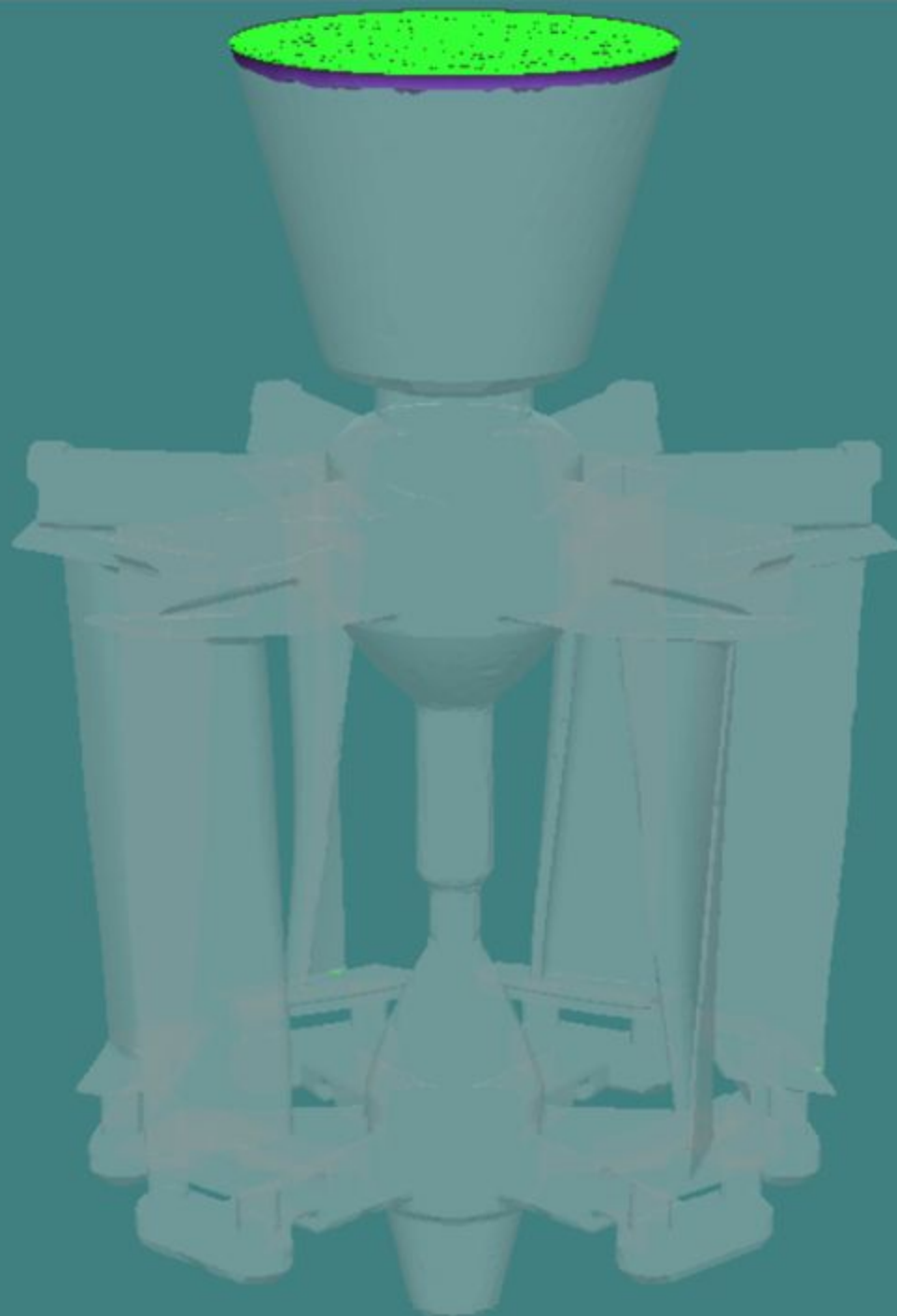


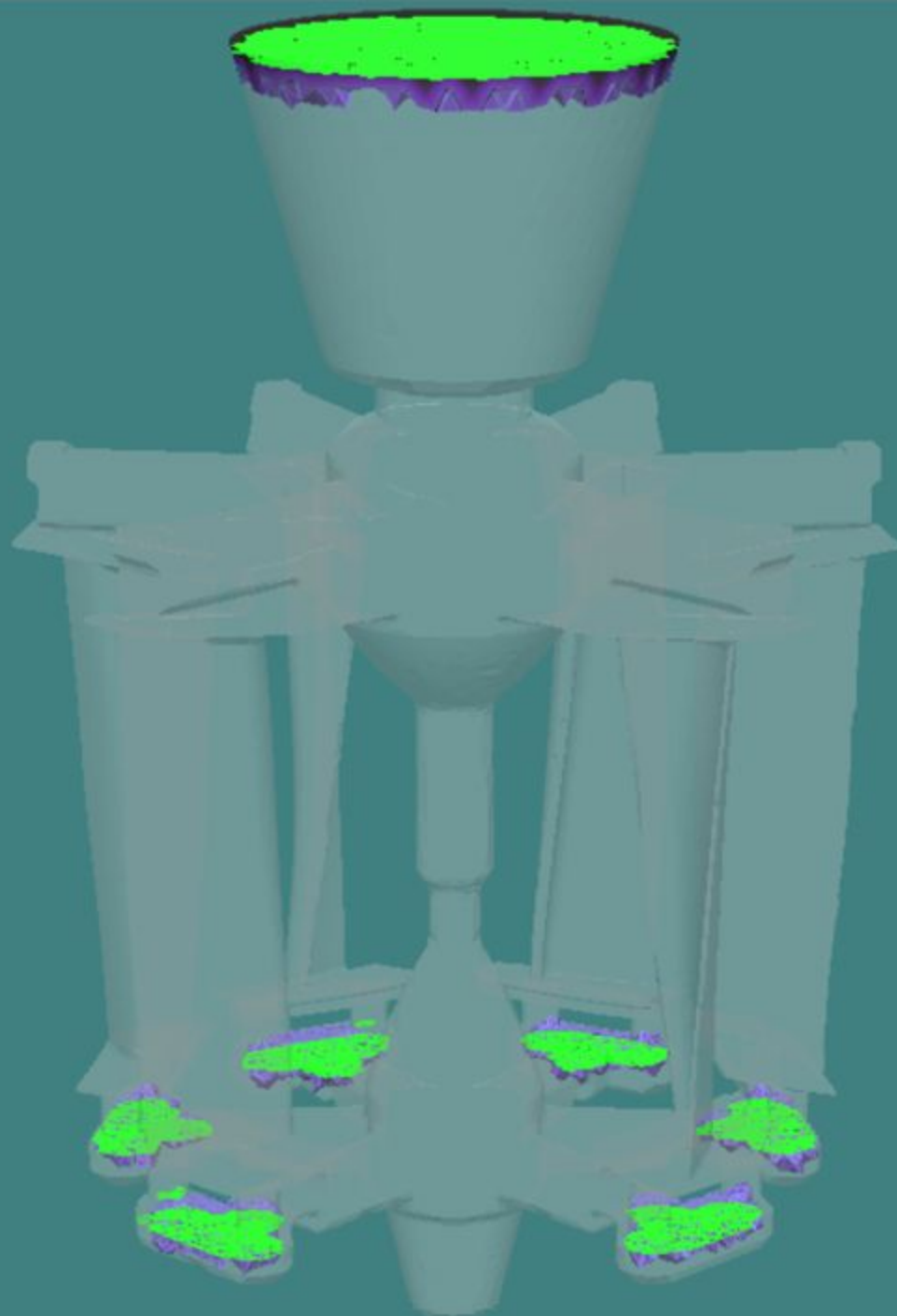




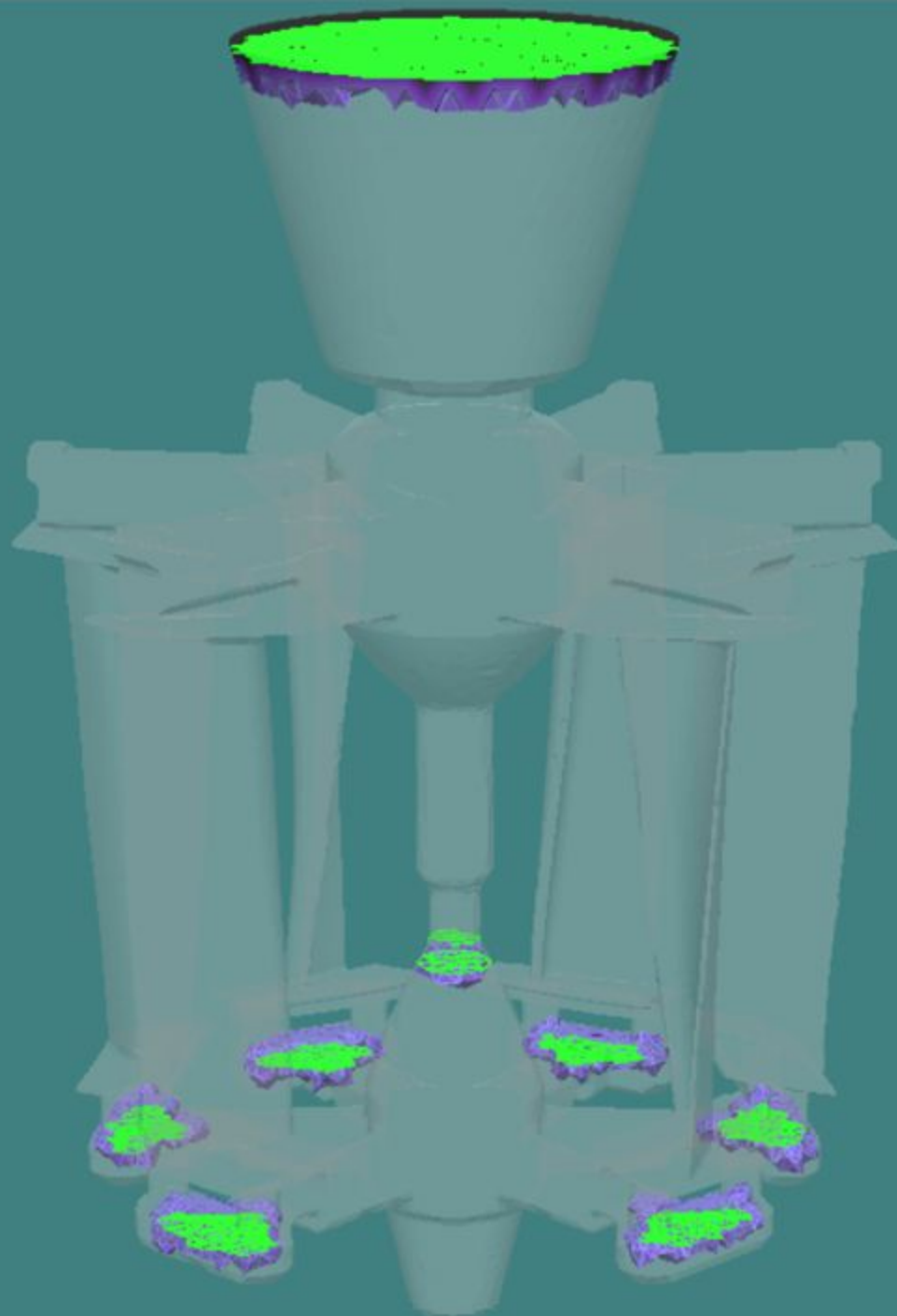


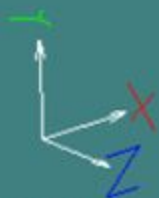
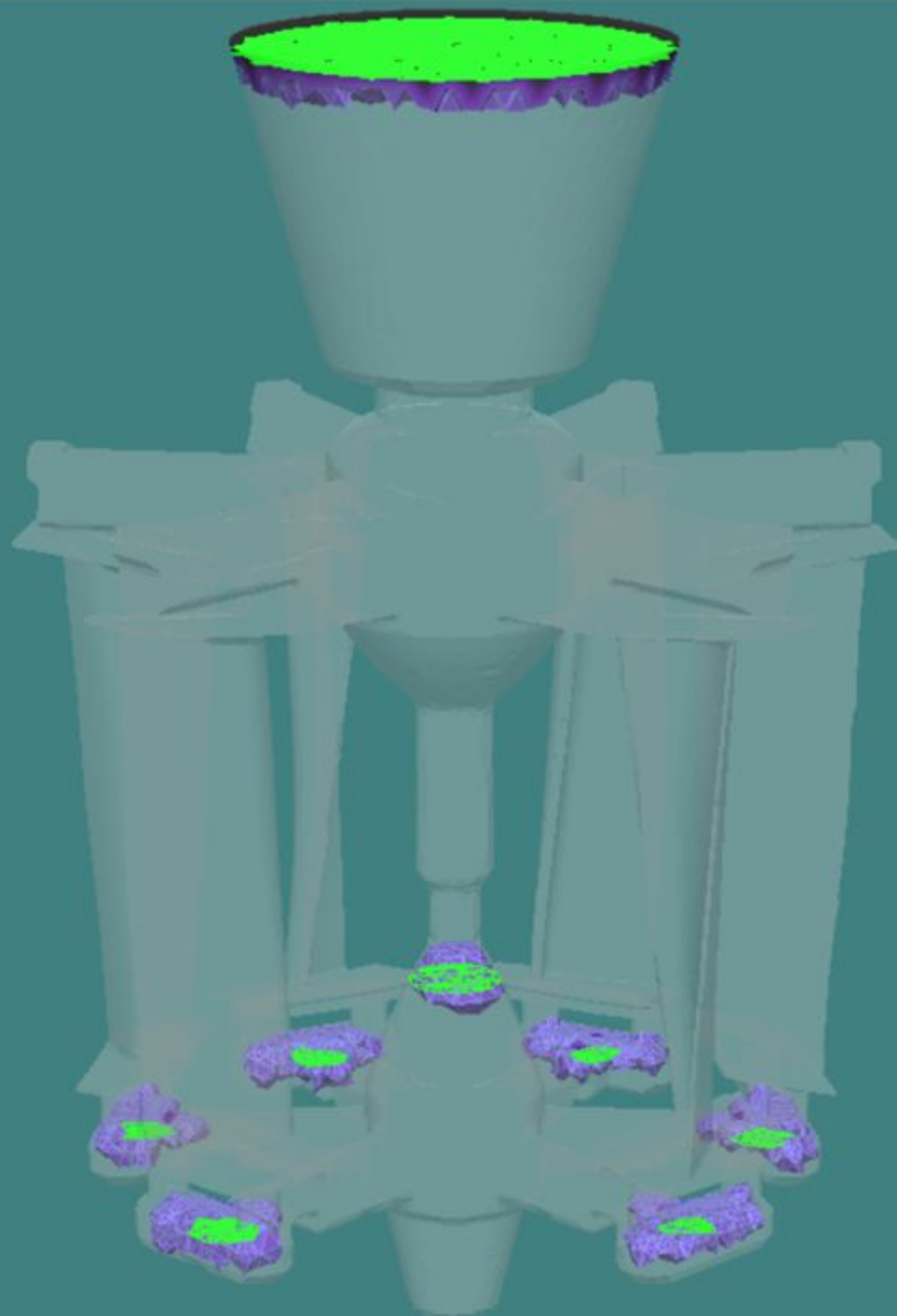


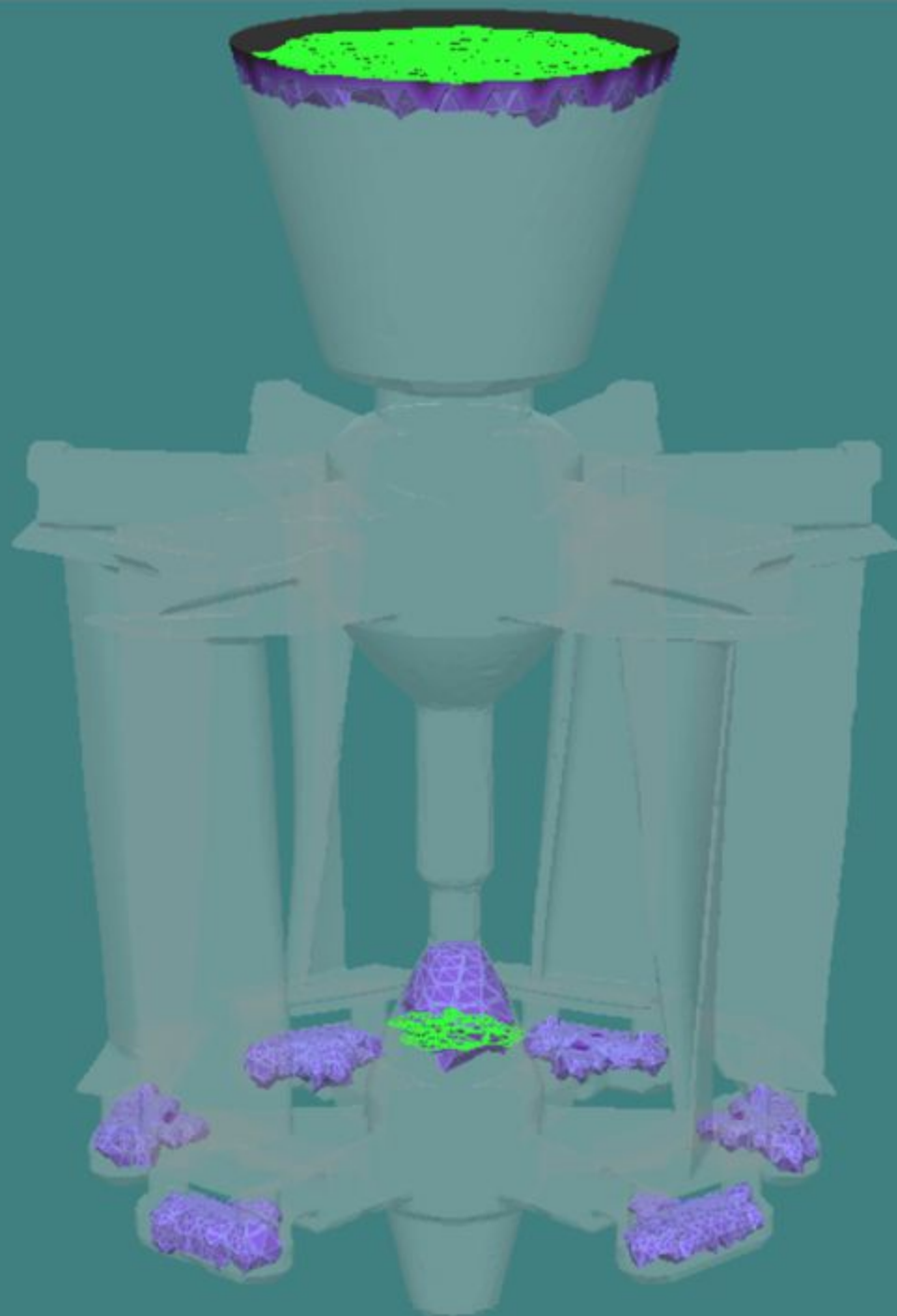


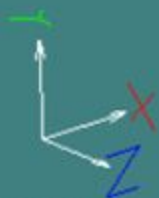
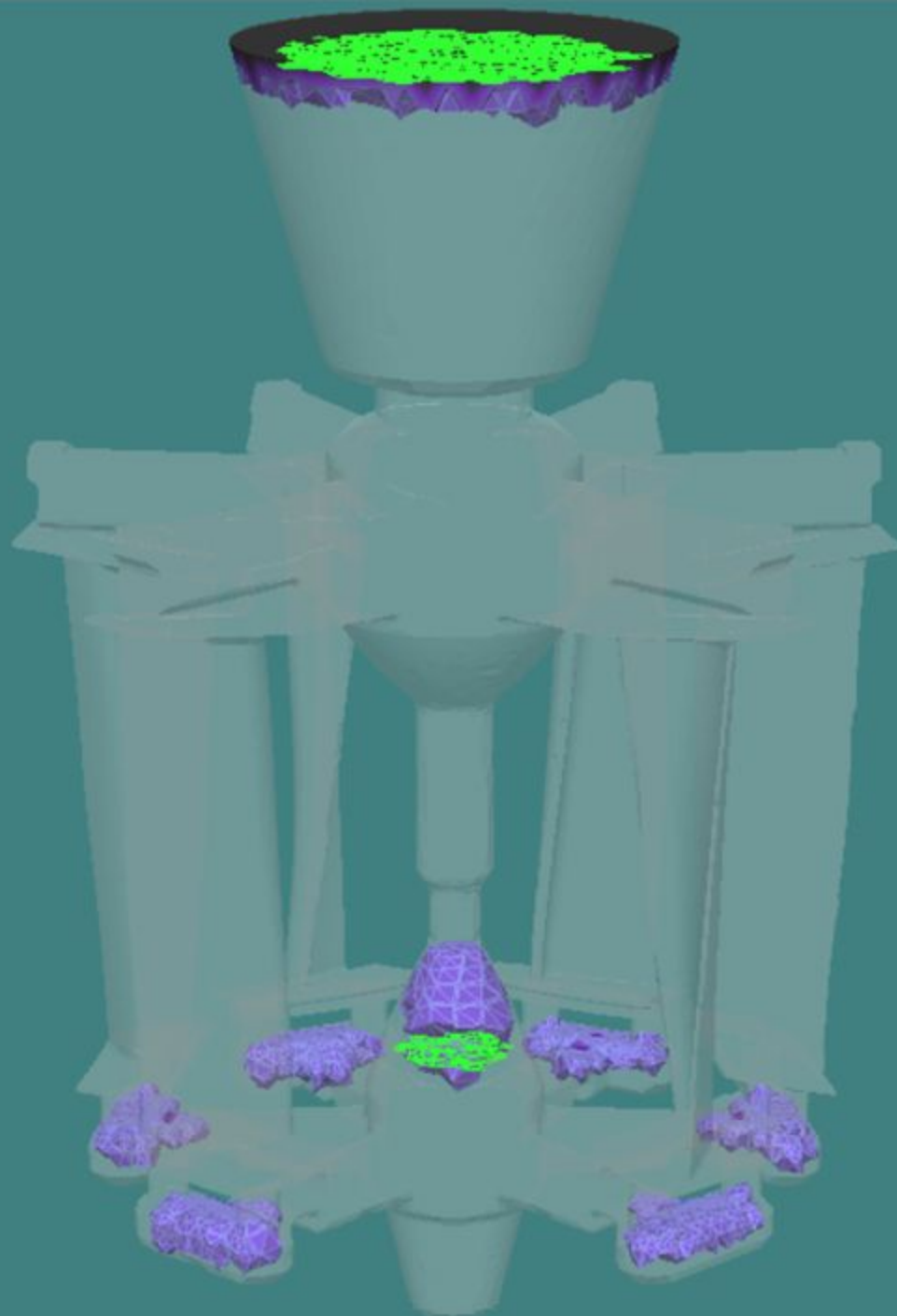


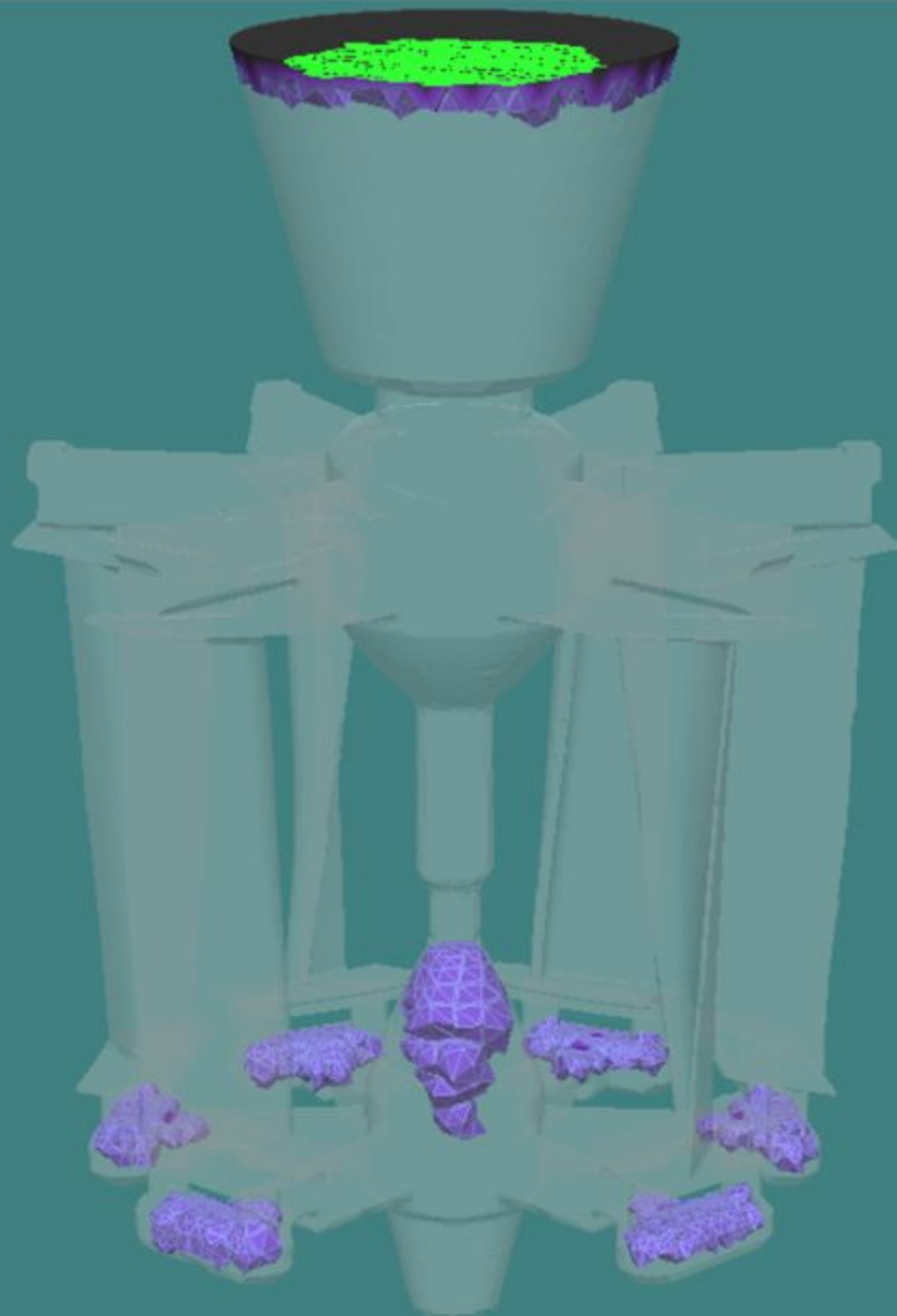


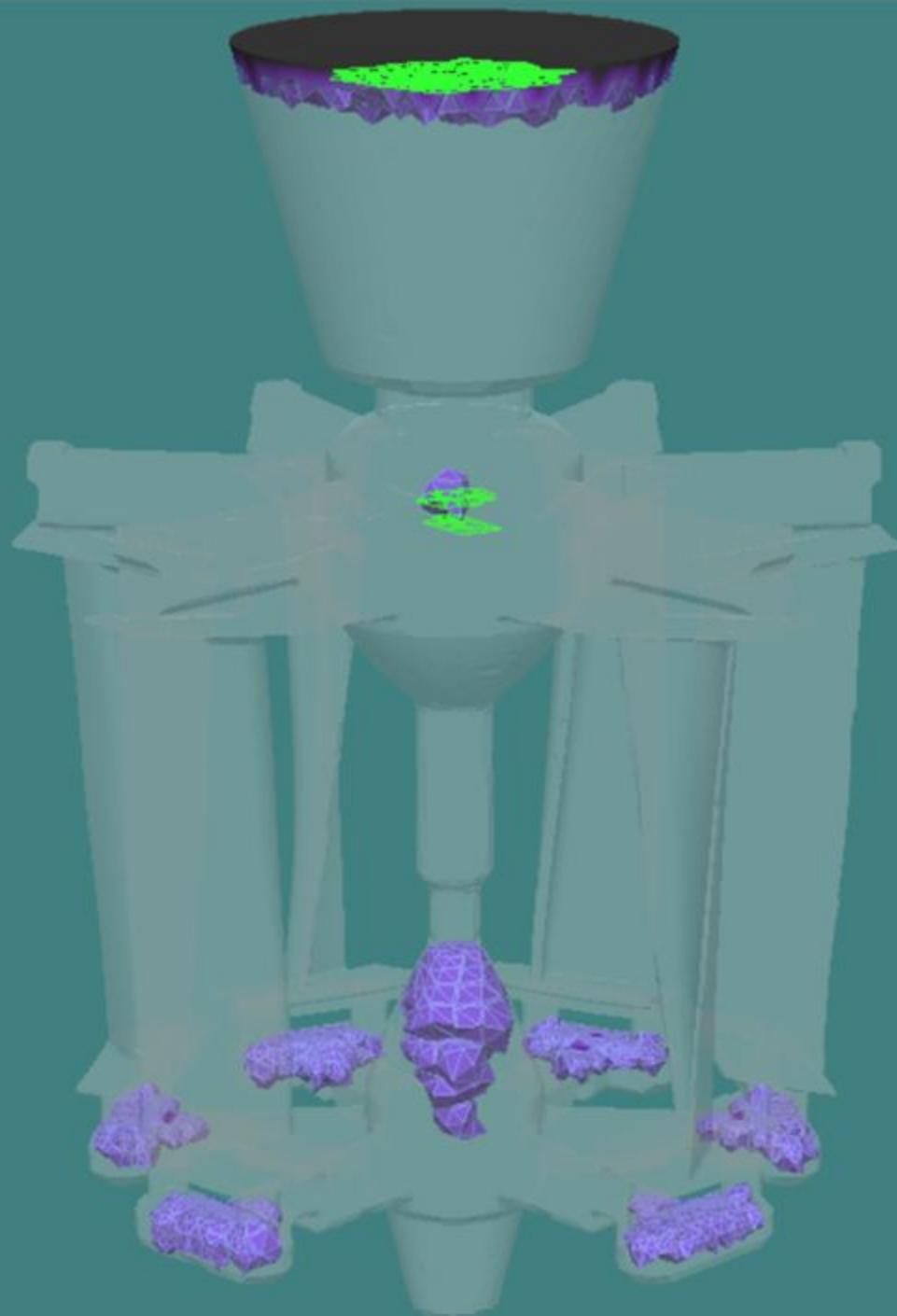


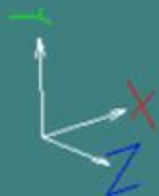
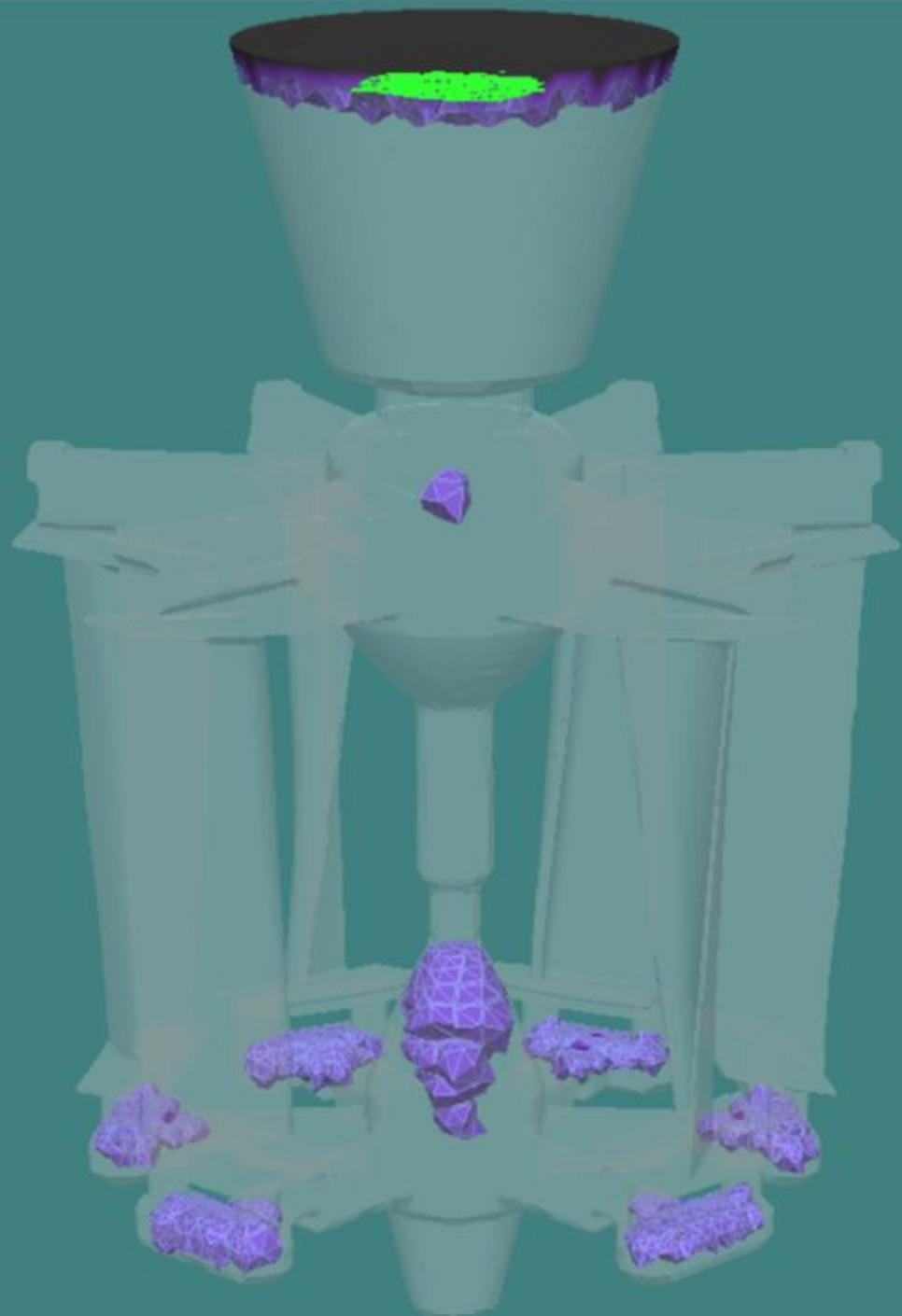


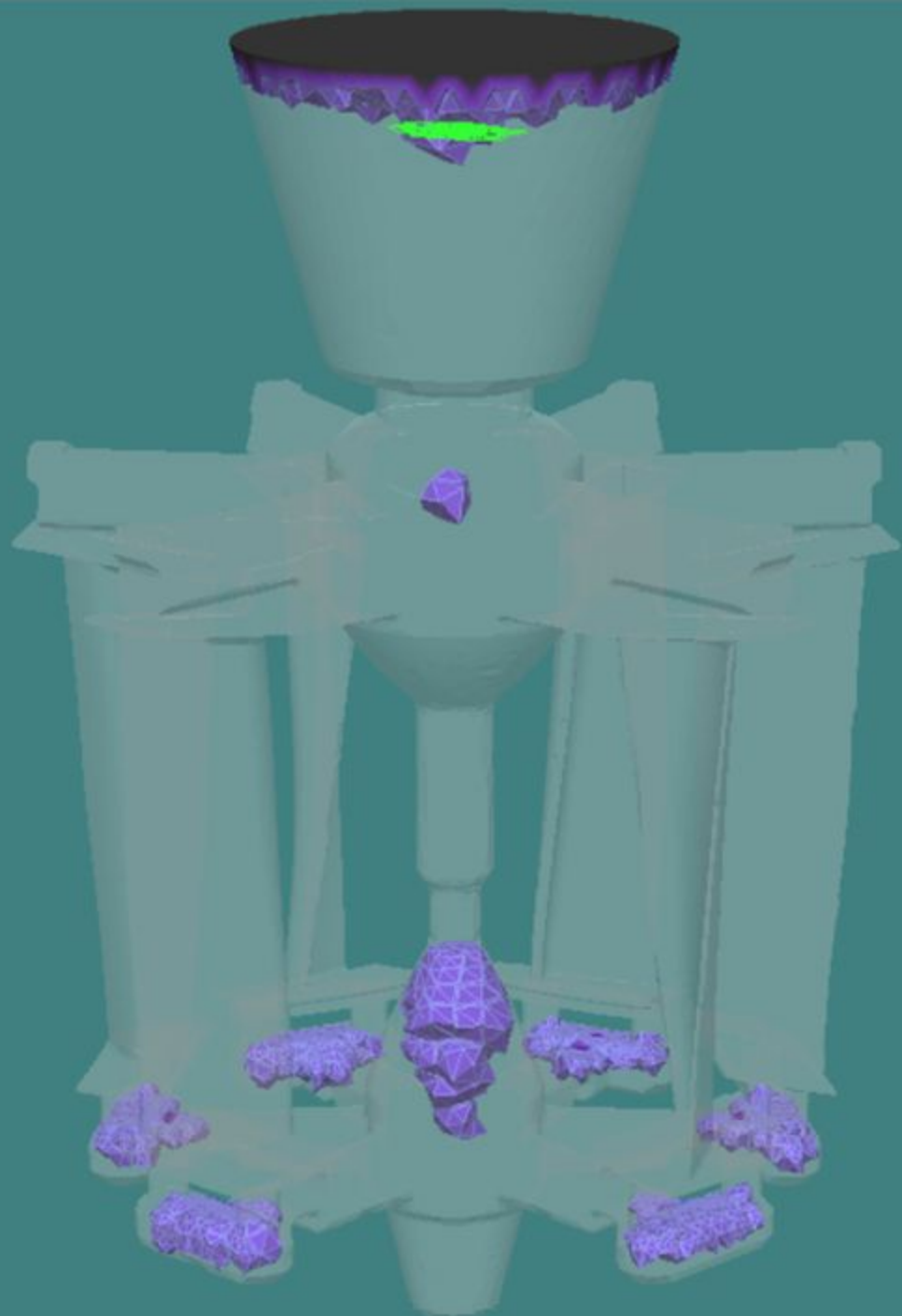




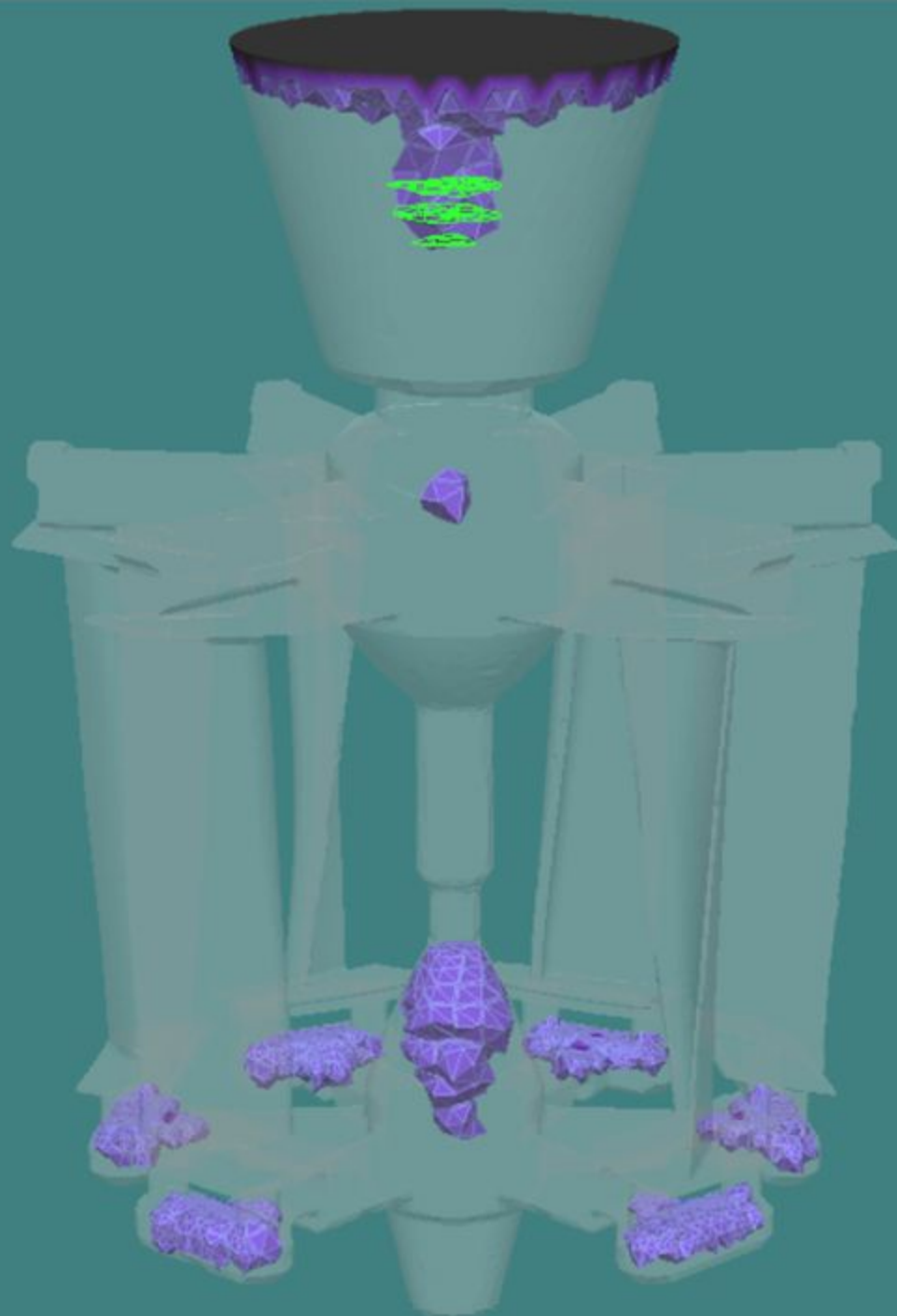


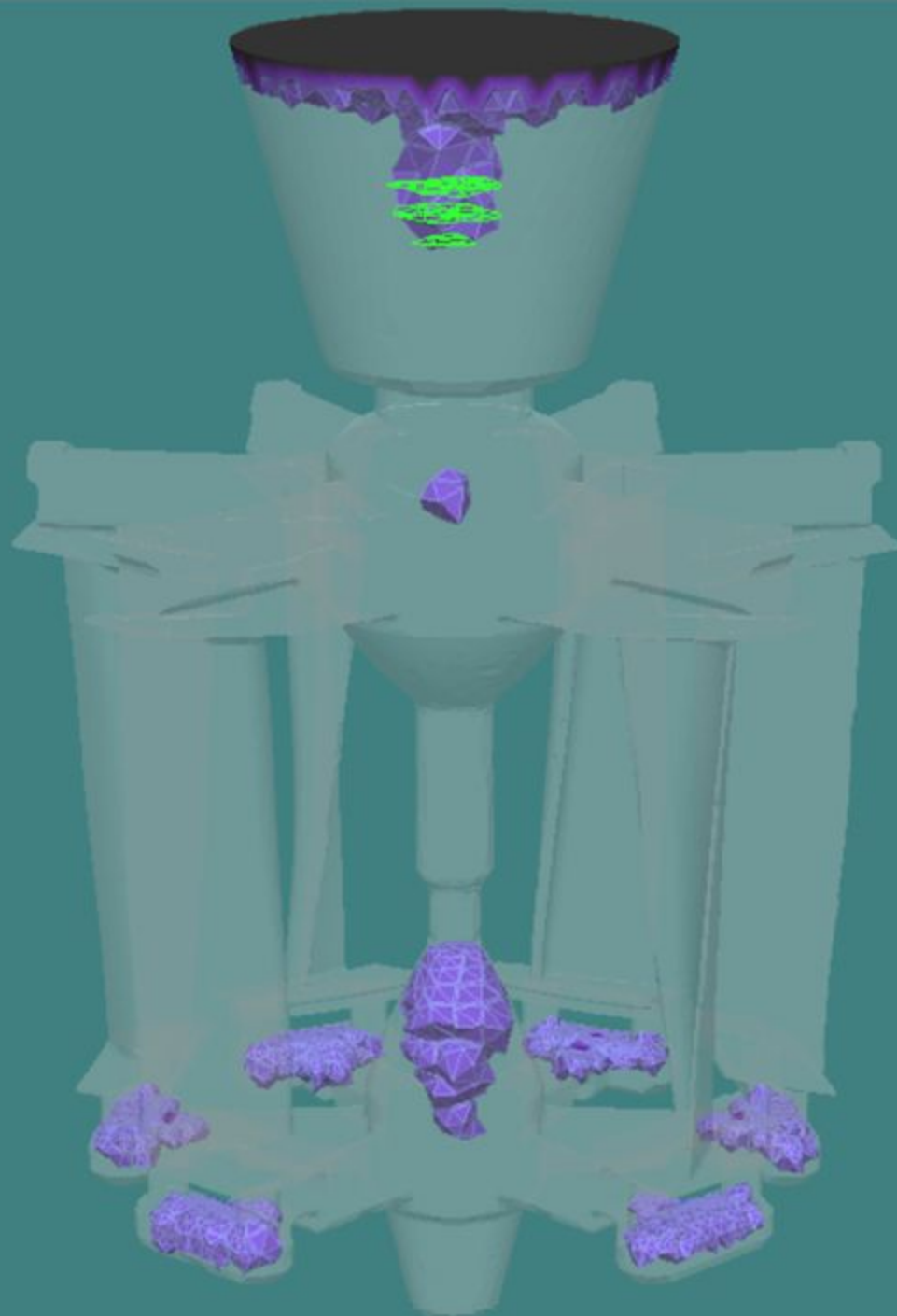


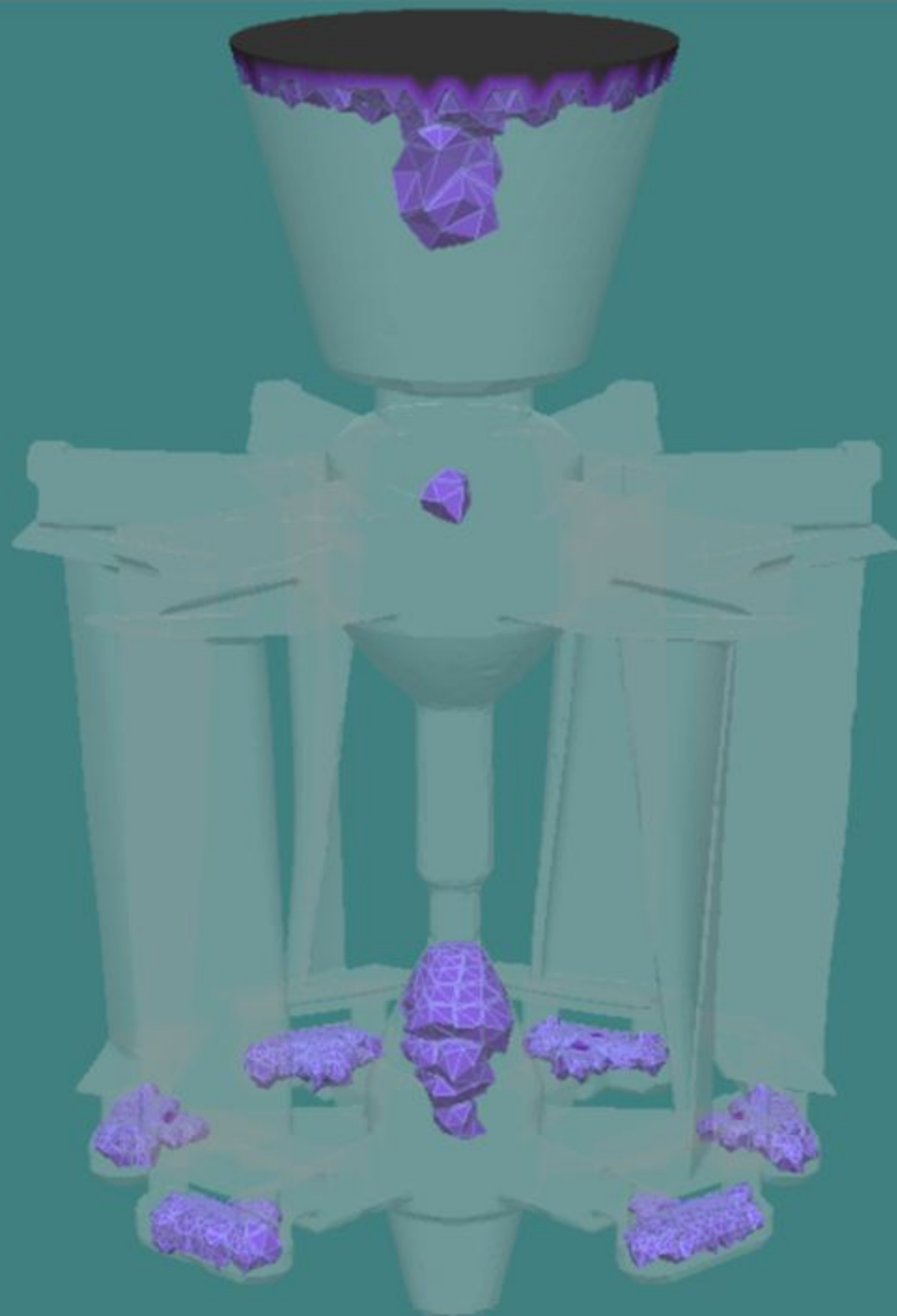


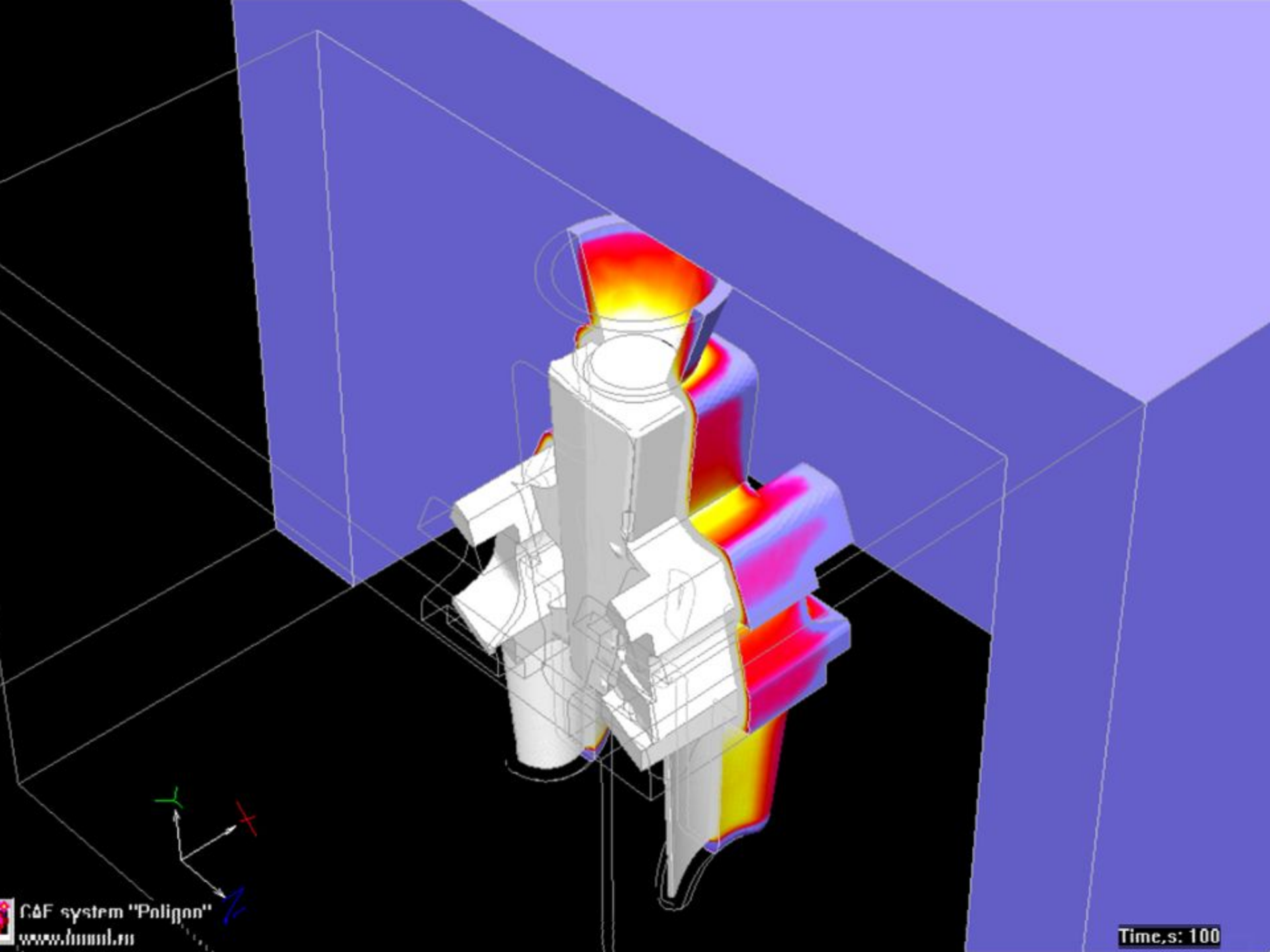


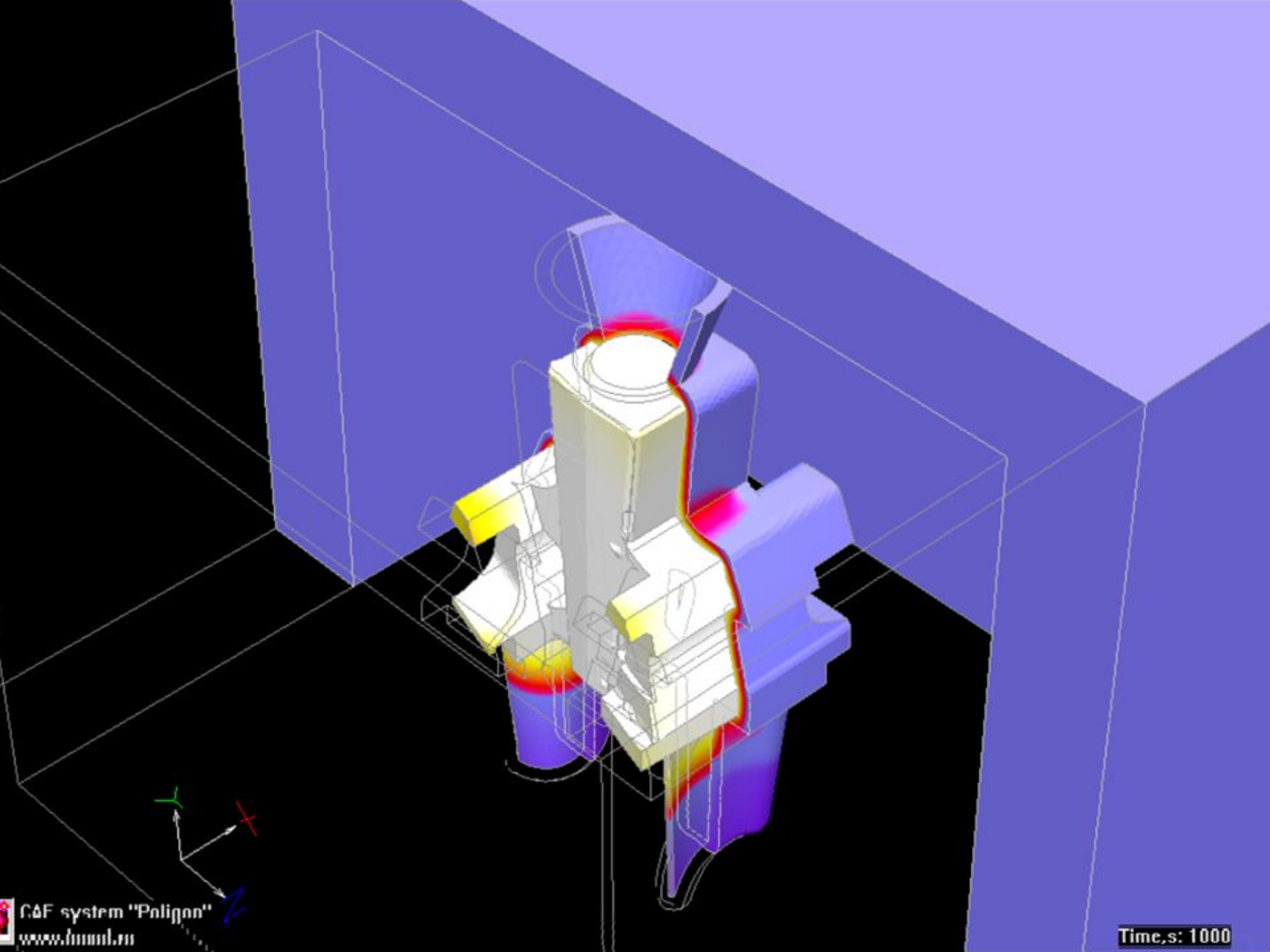


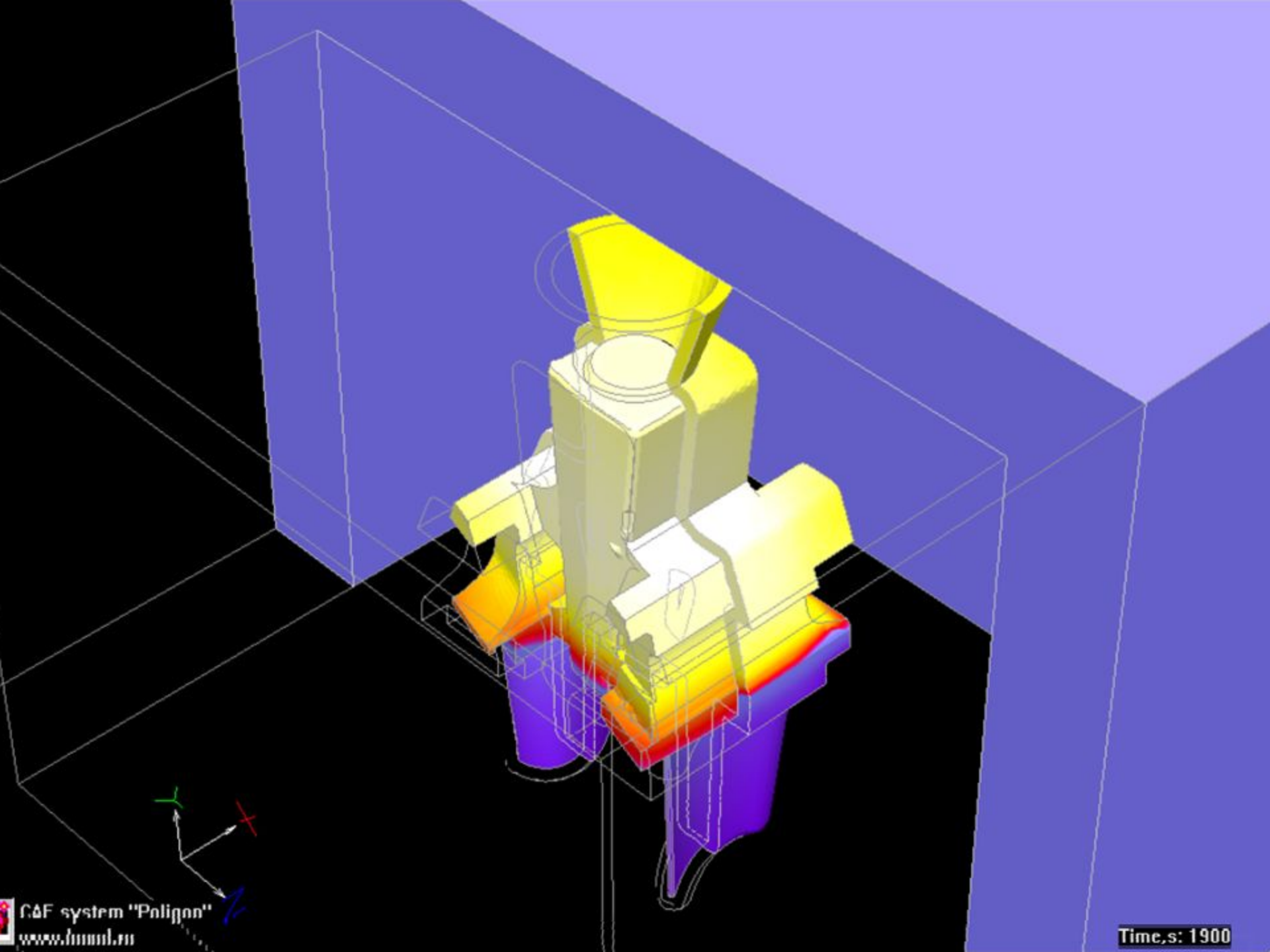


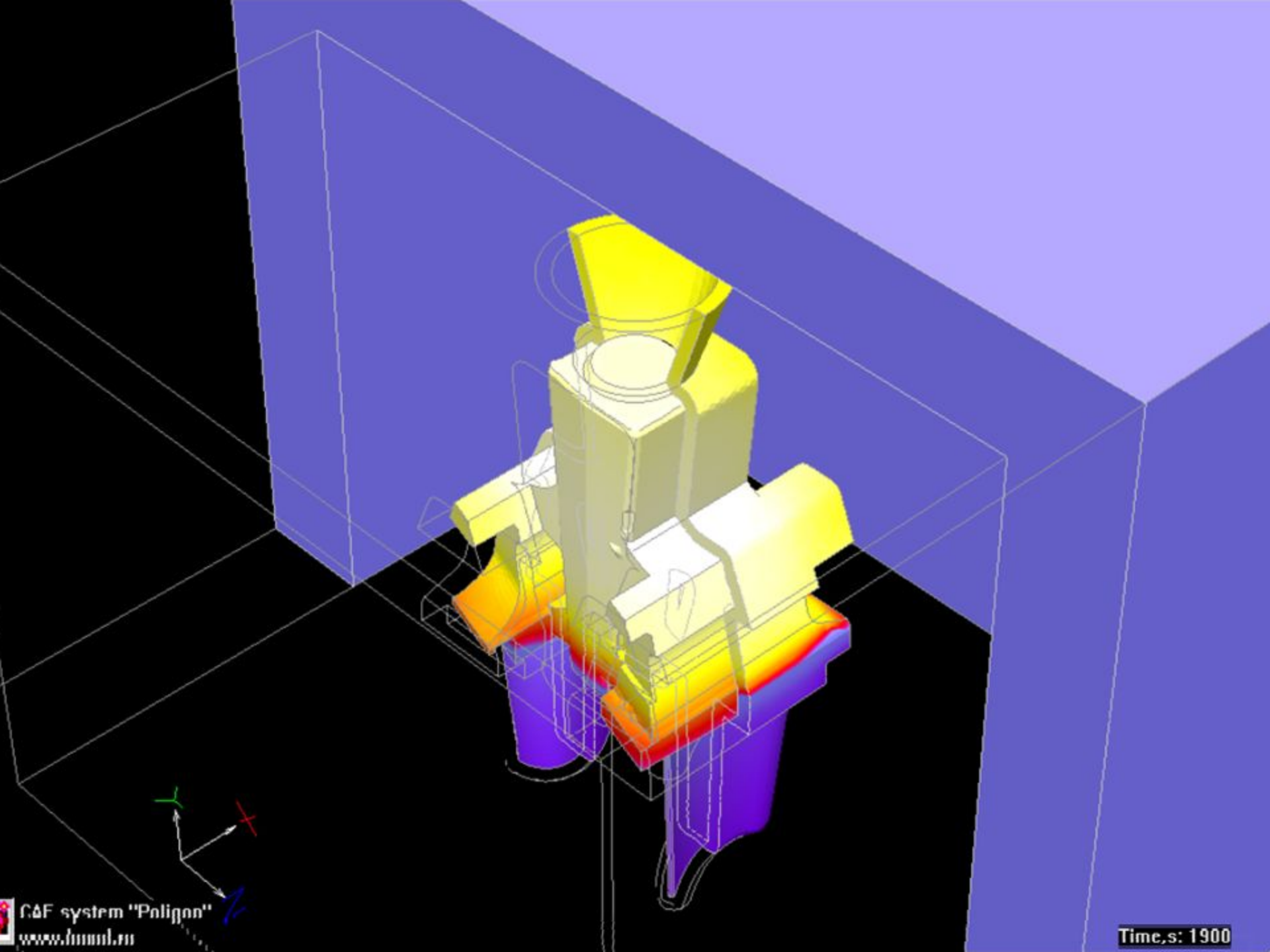


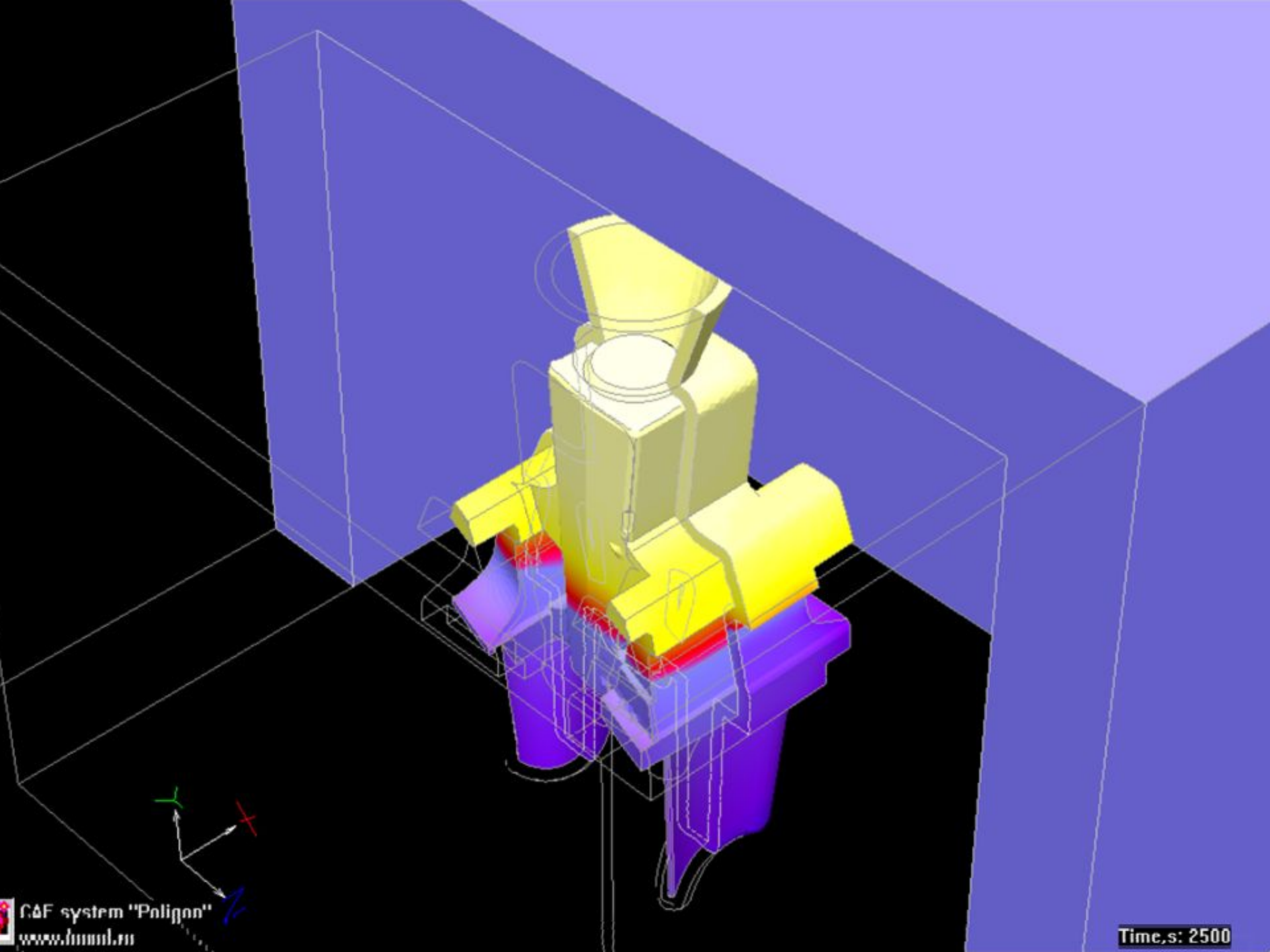




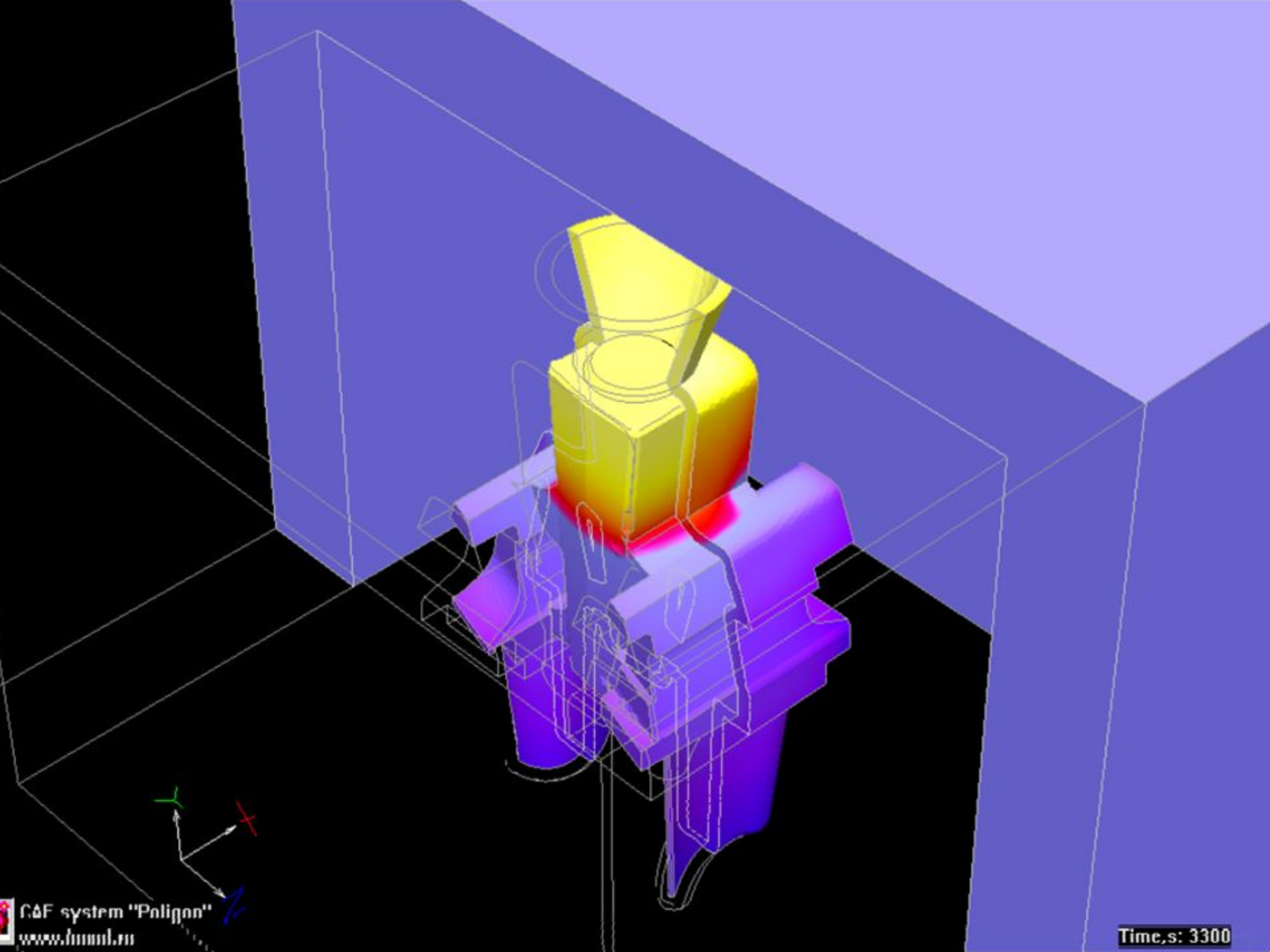


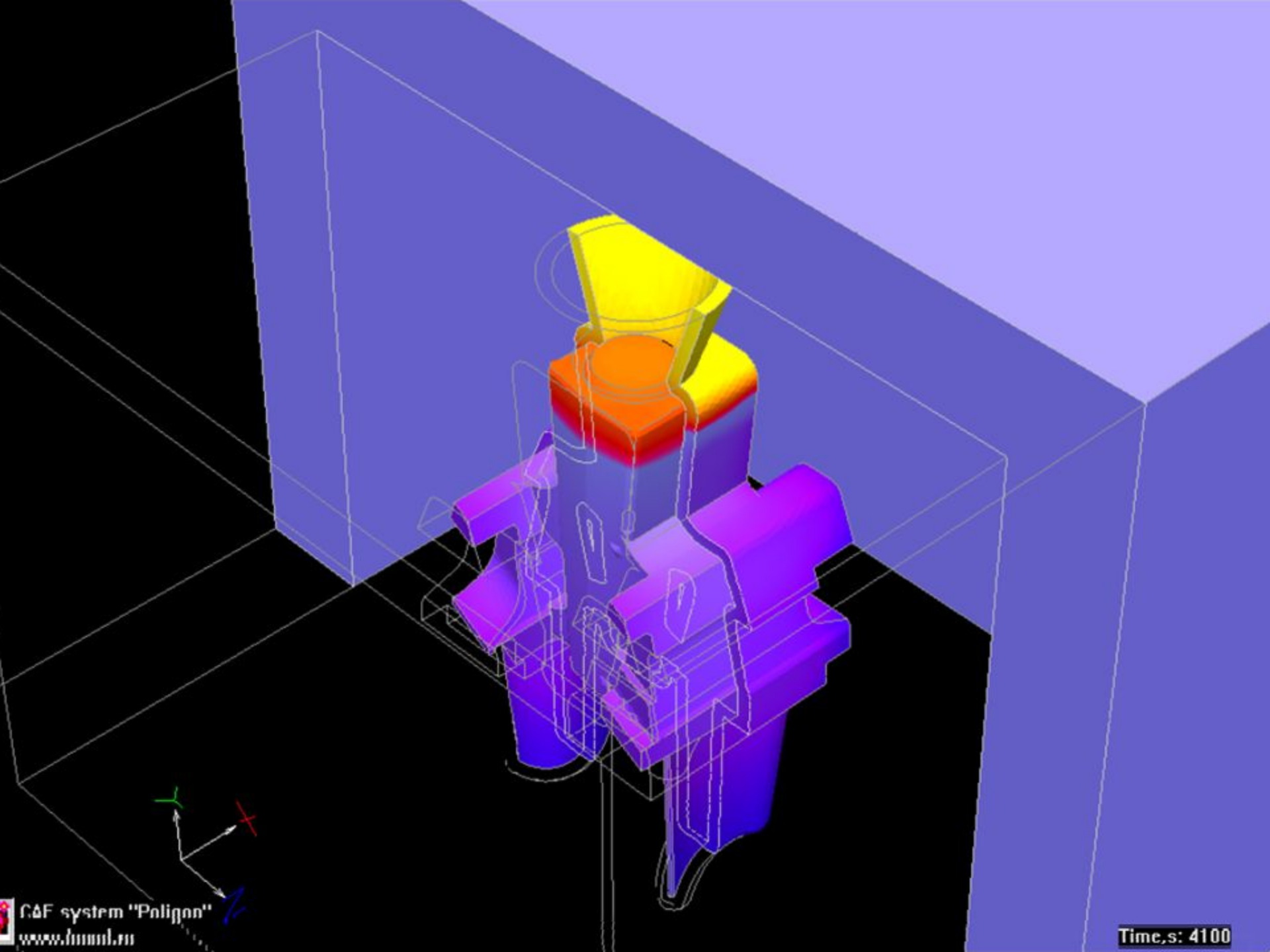


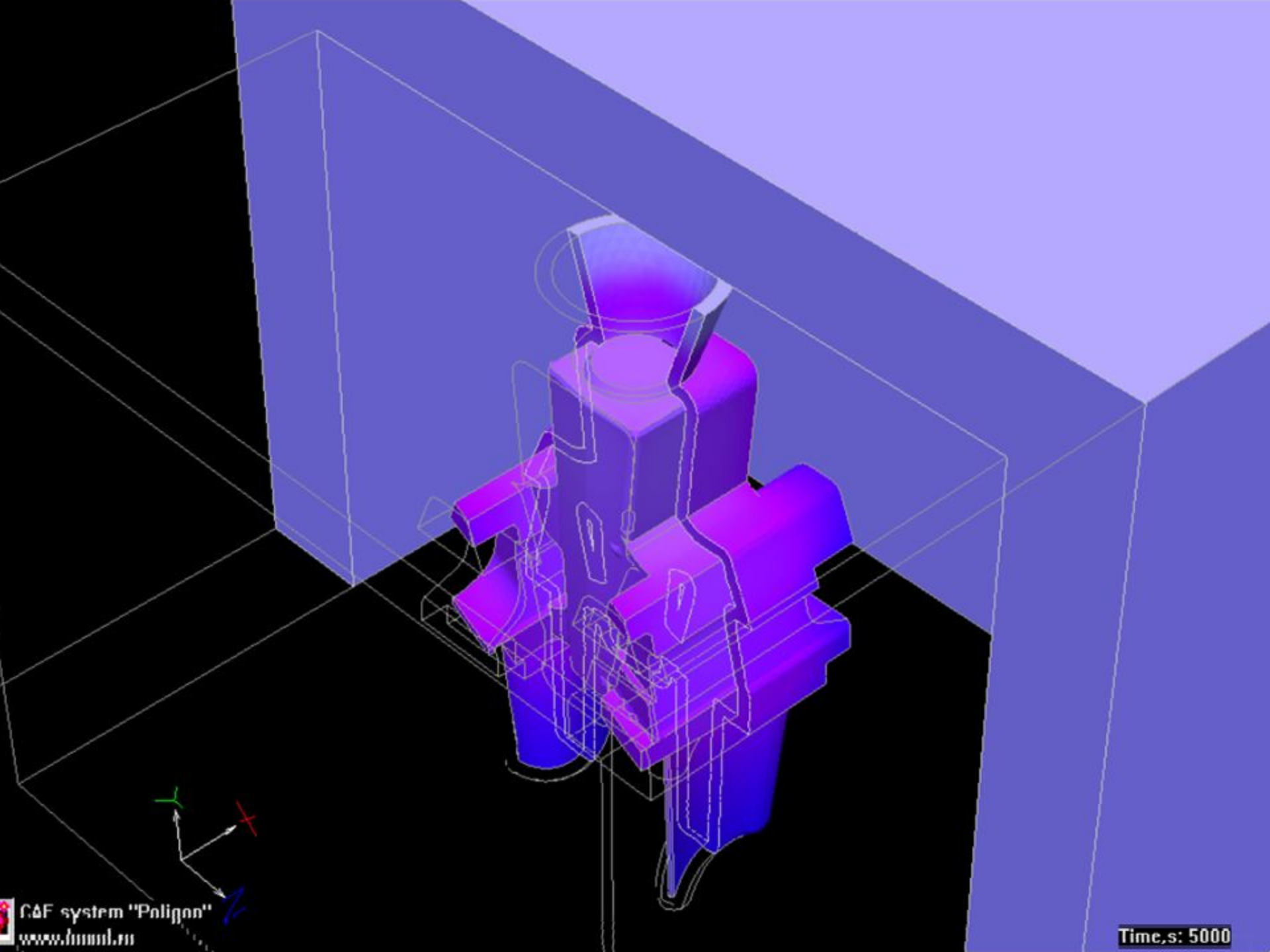


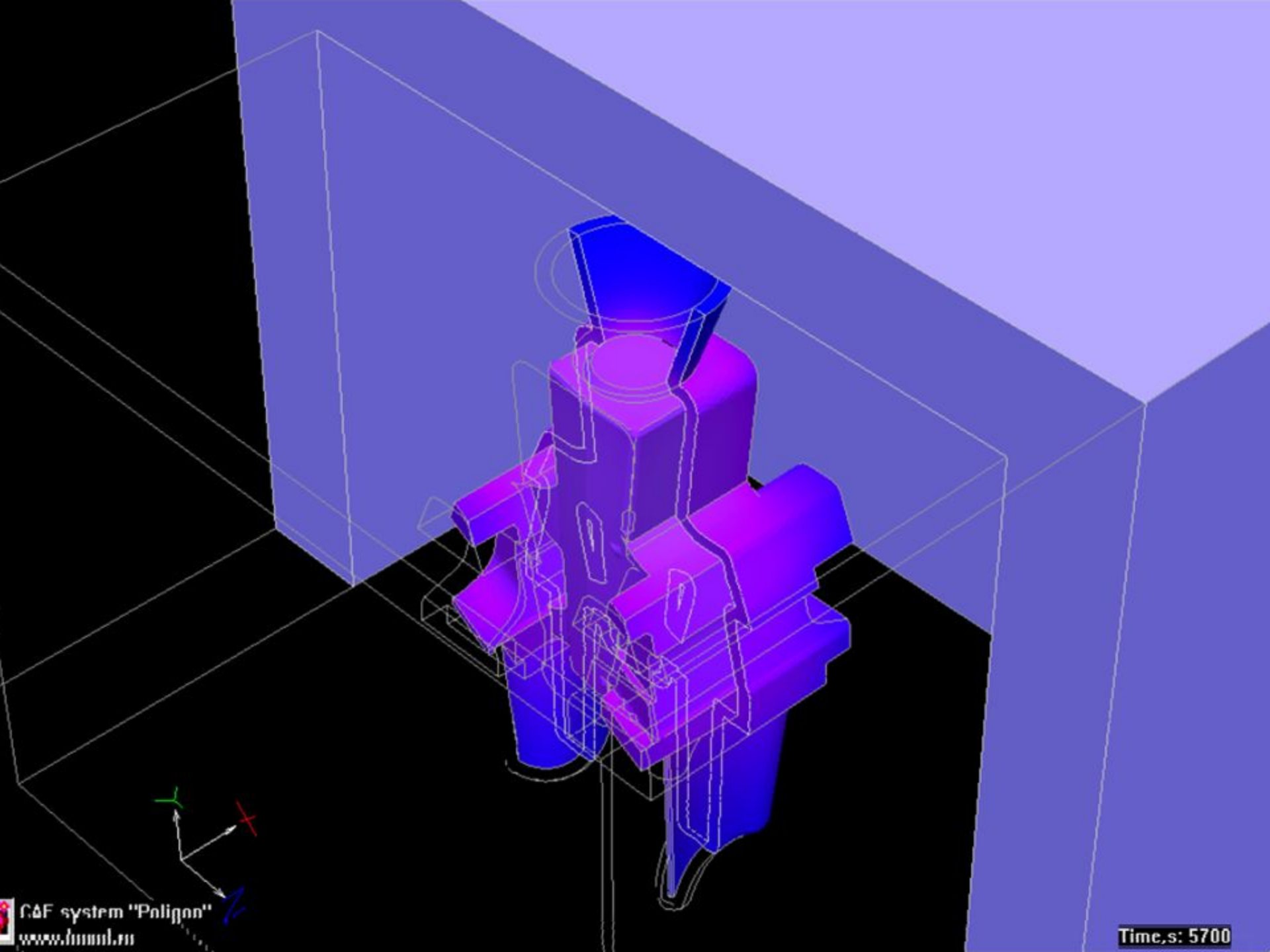














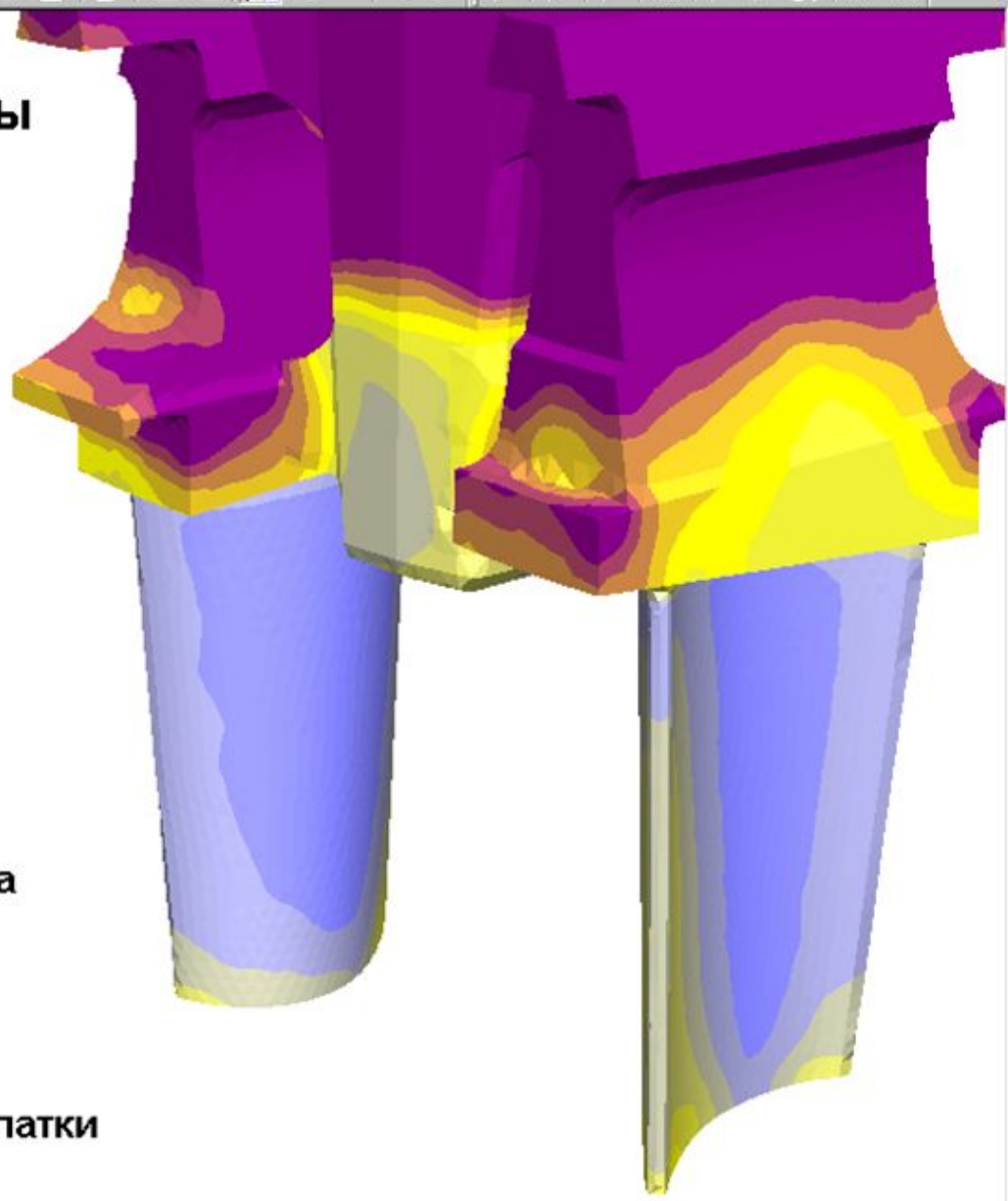
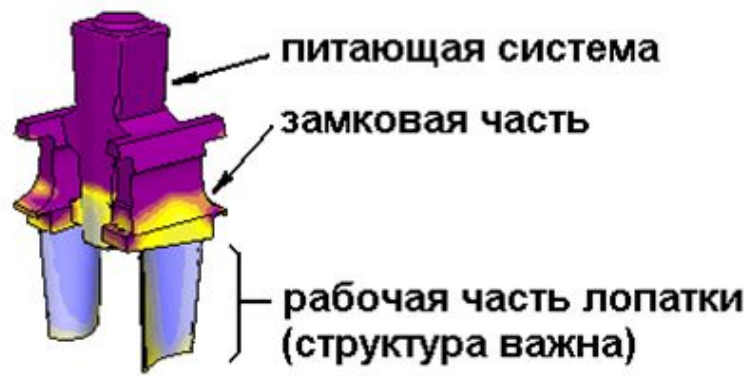
# Расчет отклонения направленности структуры от продольной оси



**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

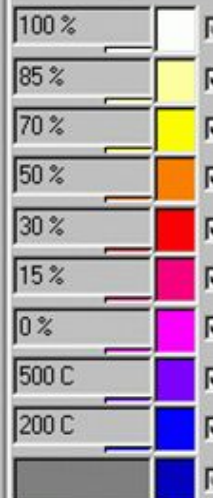
Шкала cos(a)

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

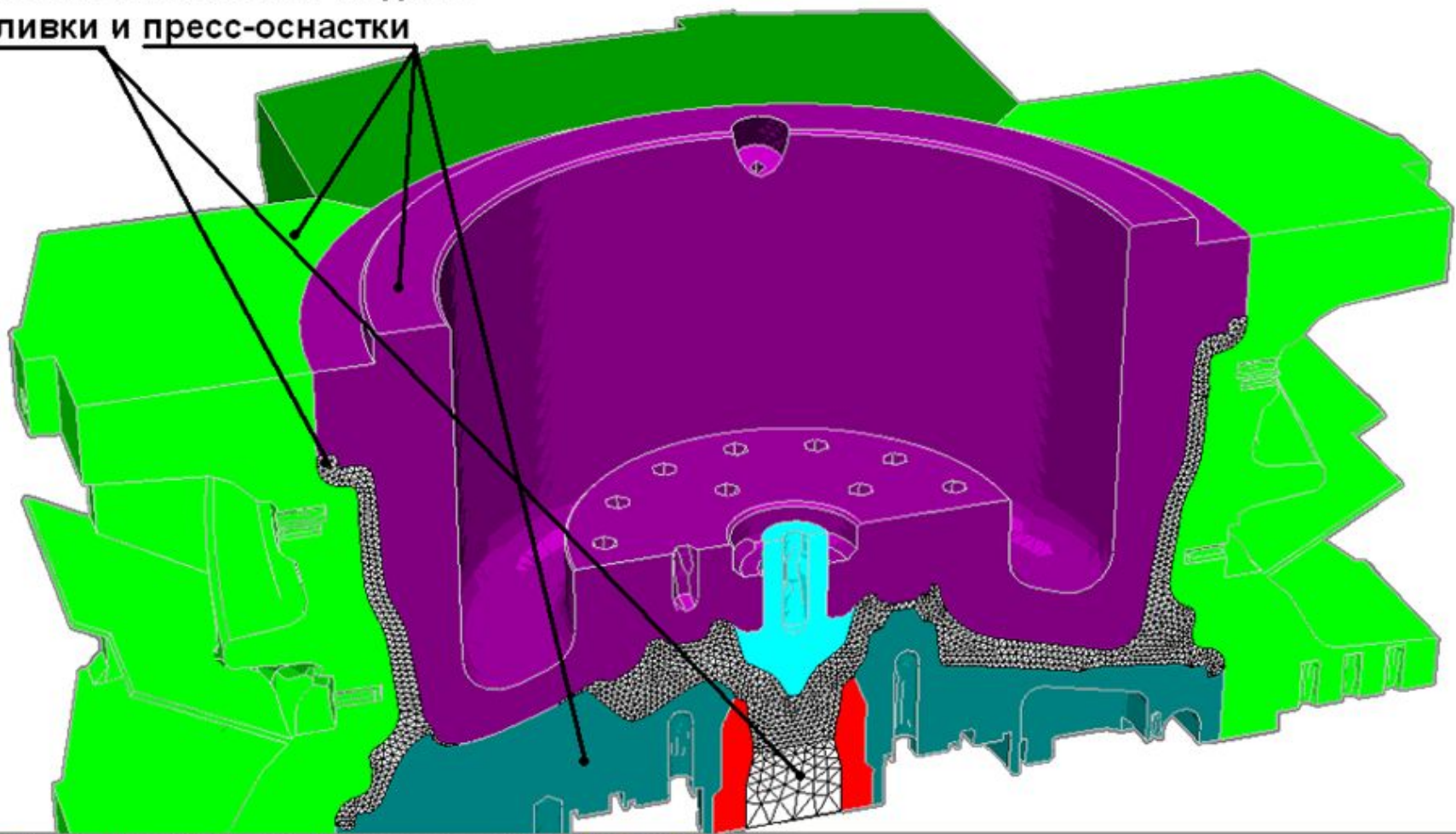


**ПОЛИГОН**  
 применяют для  
 отработки литейных  
 технологий на ведущих заводах  
 автомобильной  
 промышленности

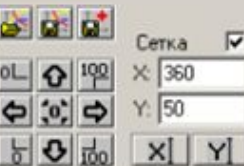


# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСКОВ КОЛЕС МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД НИЗКИМ ДАВЛЕНИЕМ В СЛОЖНОСОСТАВНОЙ ПРЕССФОРМЕ

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

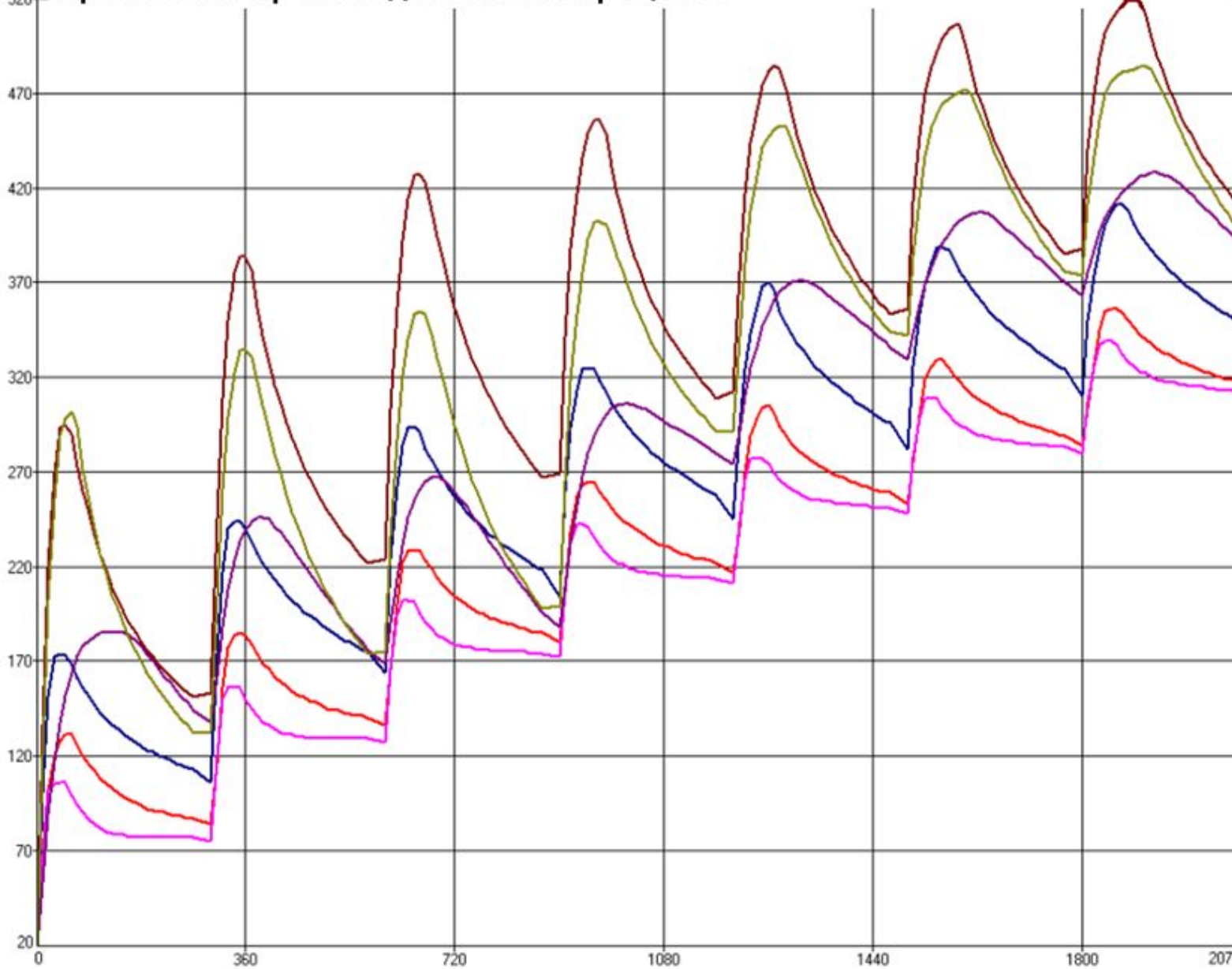
170

120

70

20

## Моделирование температурного циклического режима прессформы в реальном производственном процессе



t, c

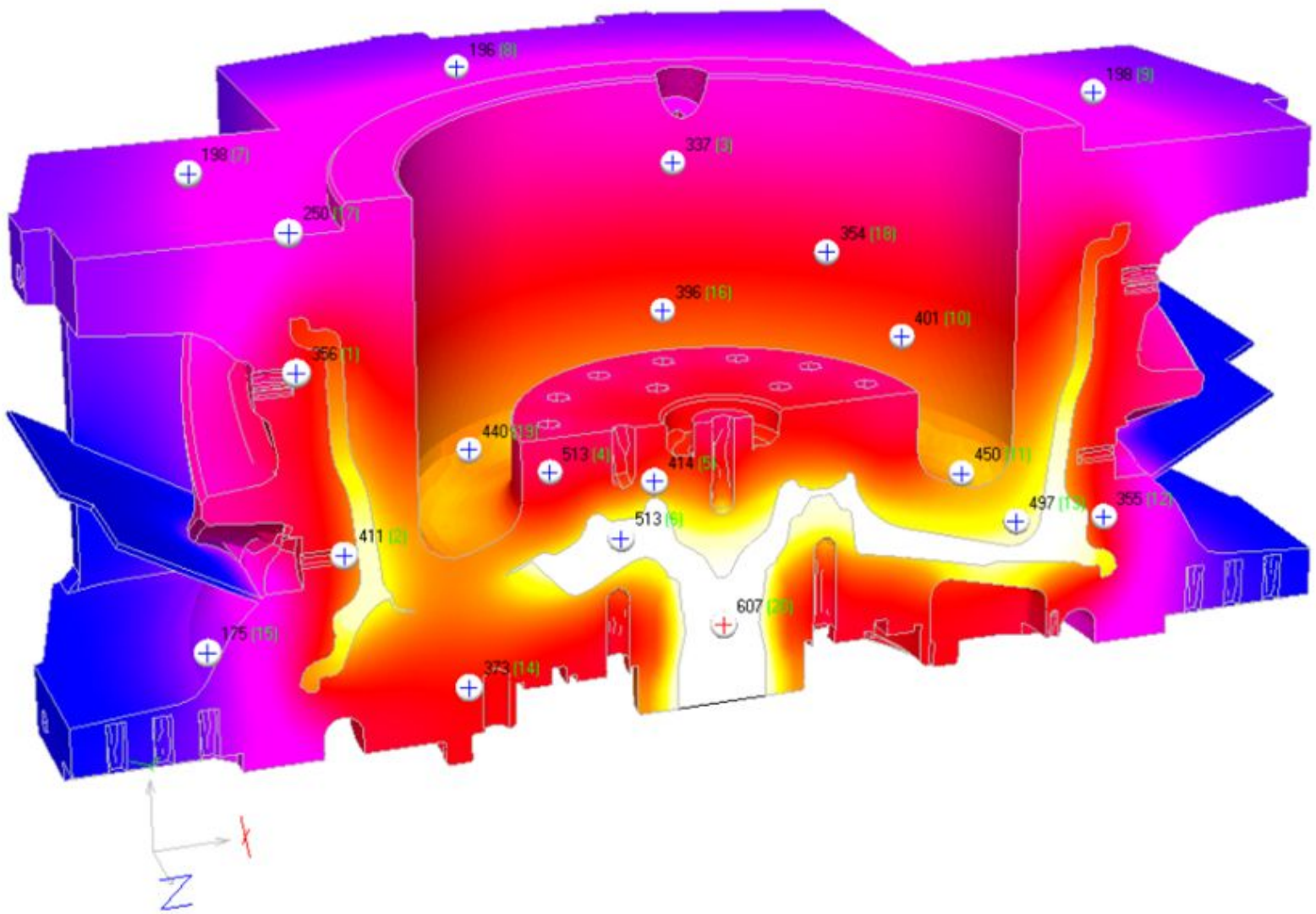
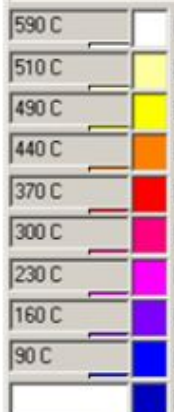




# Моделирование затвердевания отливки и наргева прессформы

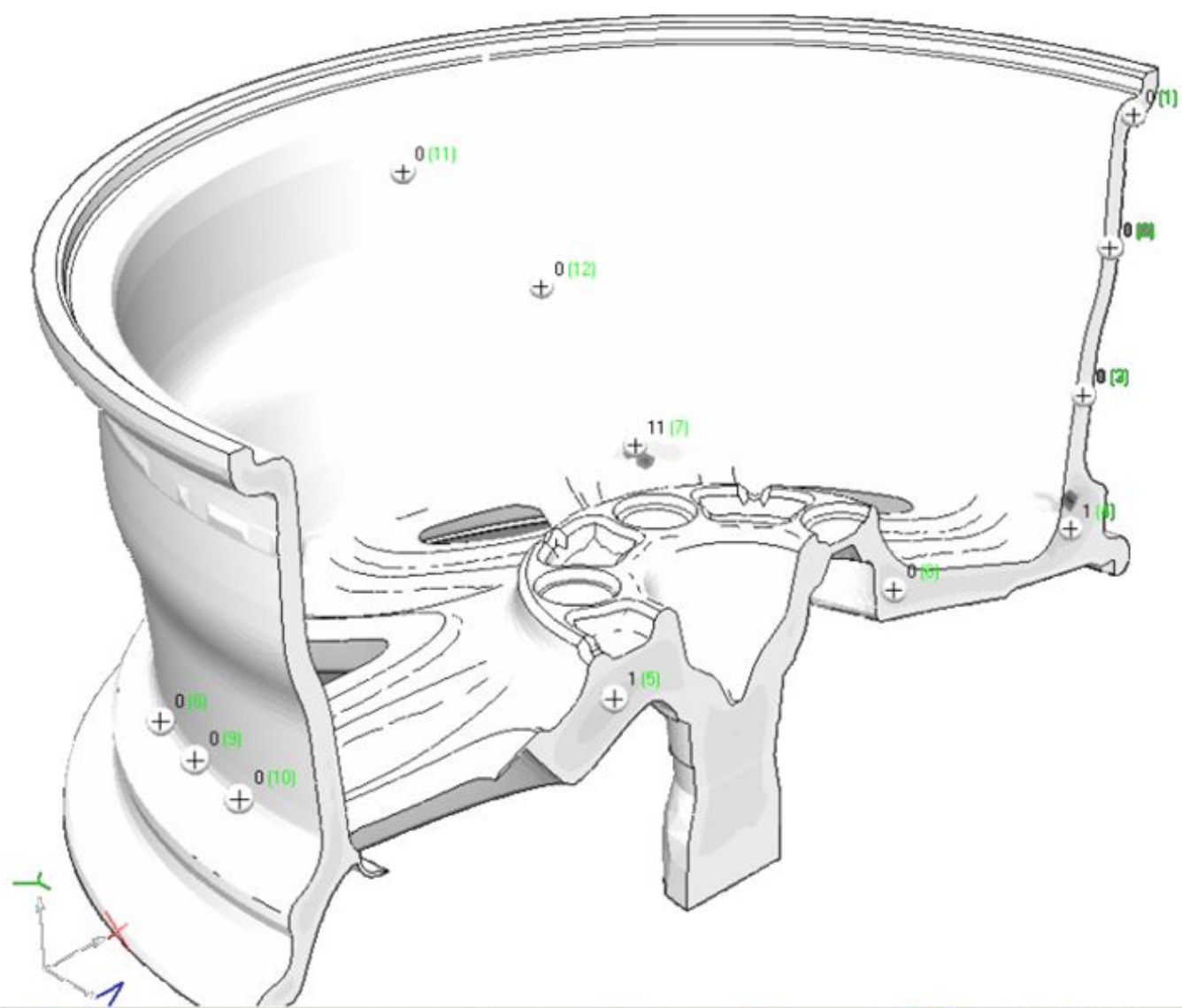
Время, с: 1860  
00:31:00

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



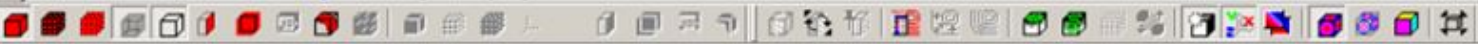
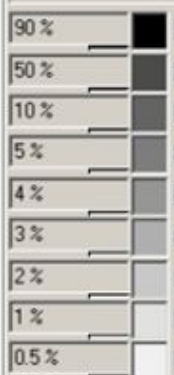


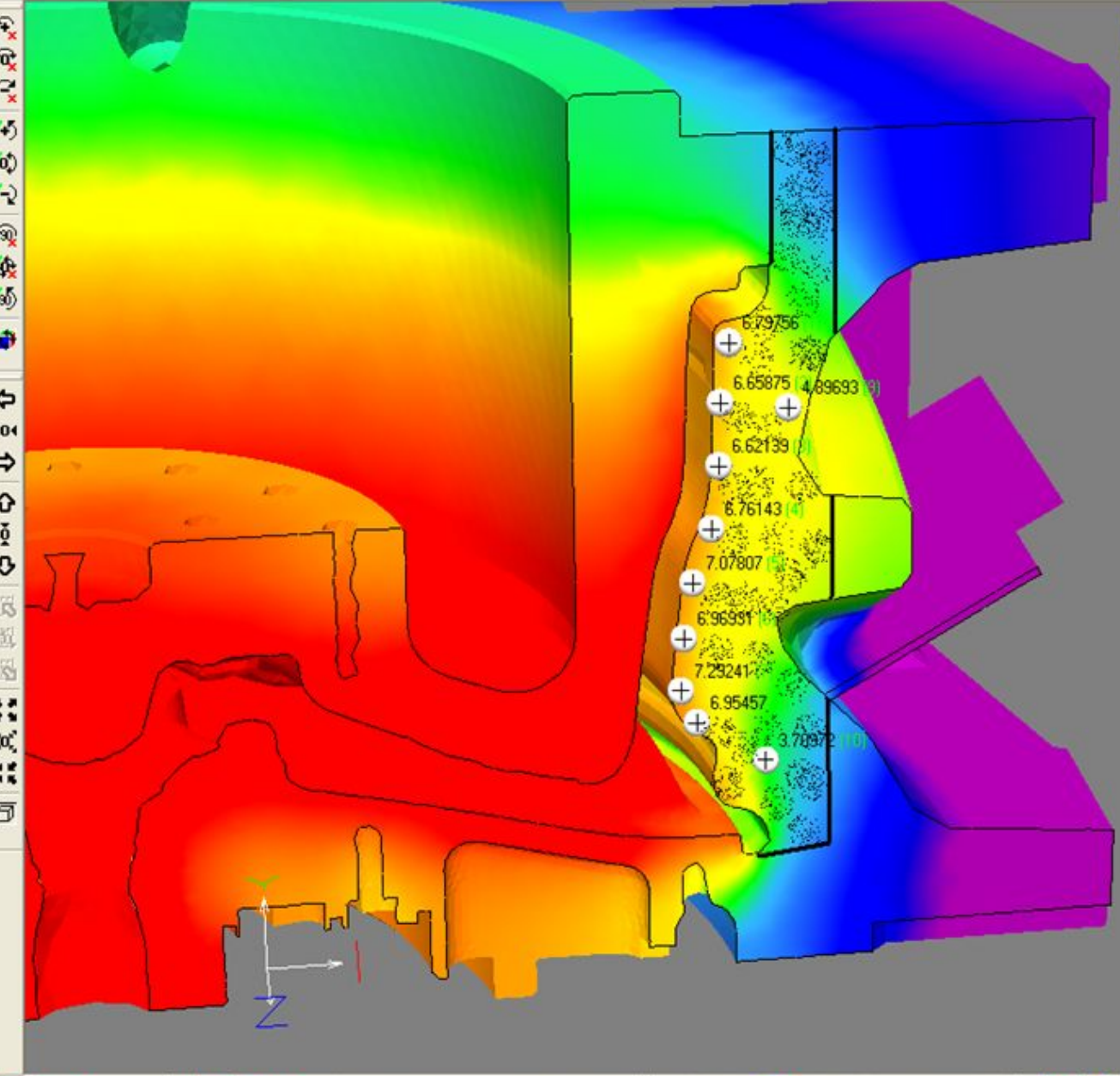
# Пористость в диске при выходе на постоянный температурный режим пресс-оснастки



Время, с: 240  
00:04:00

Пористость, %





# 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

Additional icons for simulation controls and settings are located below the scale.





Хотите узнать подробнее?

Заходите на наш сайт:

[www.poligonsoft.ru](http://www.poligonsoft.ru)