

Разработка способа и системы ускоренного охлаждения вакуумных печей

с теплоизоляцией на основе
углерод-углеродного композиционного
материала

Студент: Шагеев Э.Р.

Научный руководитель: Погребисский М.Я.

Материалы

Теплоизоляция
высокотемпературных
вакуумных печей

Футеровка

Низкоплотные
углерод-углеродные
композиционные
материалы

Тепловые экраны

Тепловые экраны
с высокими отражающими
свойствами

Преимущества:

✓ низкое значение
коэффициента
теплопроводности

✓ низкое значение
степени черноты

Свойства НПУУКМ



- Открытая пористость от 60 до 80%.,
- плотность в пределах $0,23 \pm 0,02$ г/см³,
- теплопроводность 0,25 Вт/м·К.



Применение

Использование в качестве теплоизоляции углерод-углеродного композиционного материала позволяет сократить потребление энергии (до 40%) и обеспечивает более высокую и стабильную равномерность температурного поля. [1]

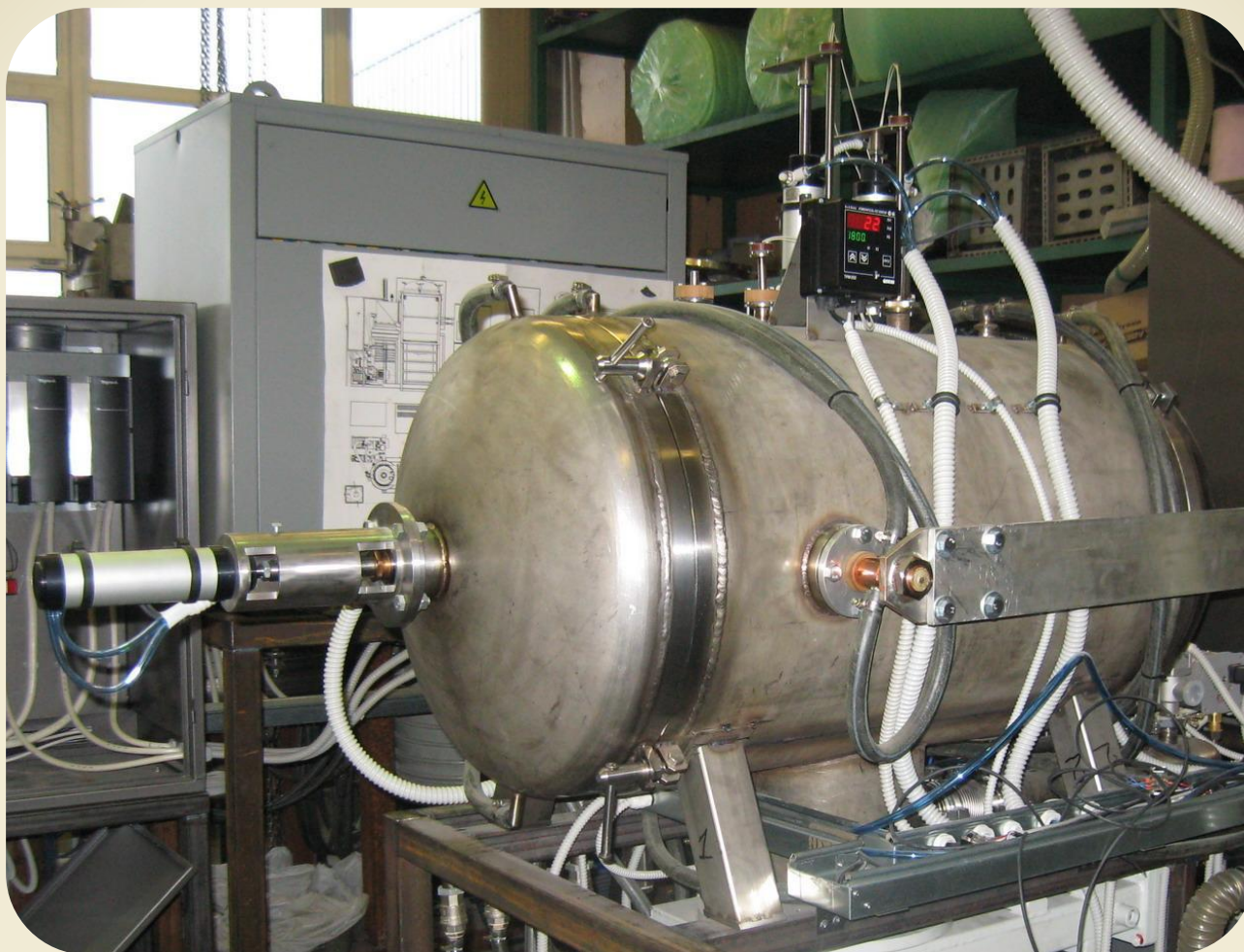


Рис. 1 BC-16-18-U

Печь предназначена для спекания пористых фильтрующих элементов



Рис.2 Рабочая камера

- Размеры рабочего пространства: 200х400х200 мм
- Рабочая камера с возможностью ускоренного охлаждения

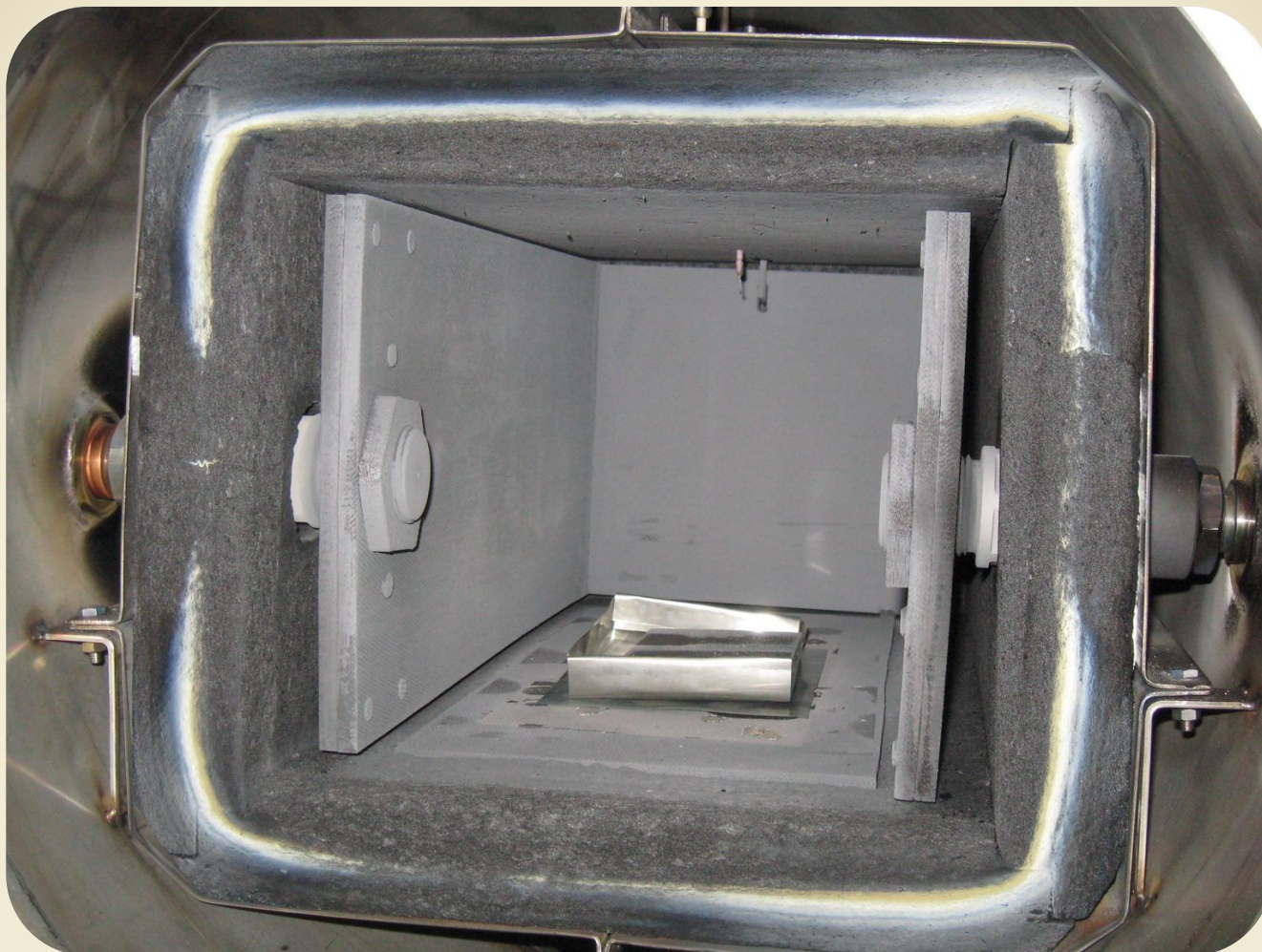


Рис. 3 Нагреватель

- Максимальная температура рабочей зоны: 1800°C
- Расчетная мощность нагревателя: 40 кВт

Техническое противоречие

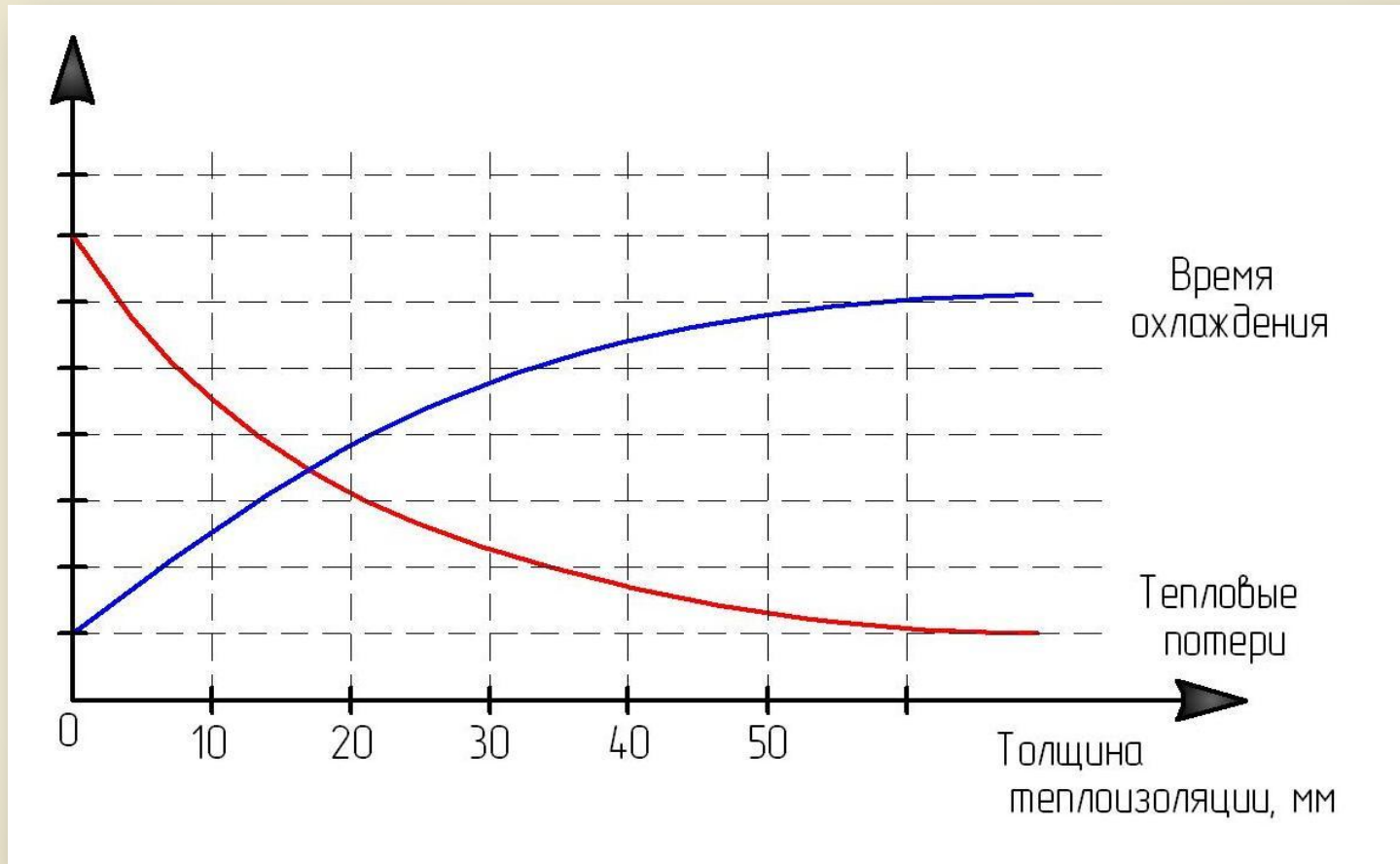
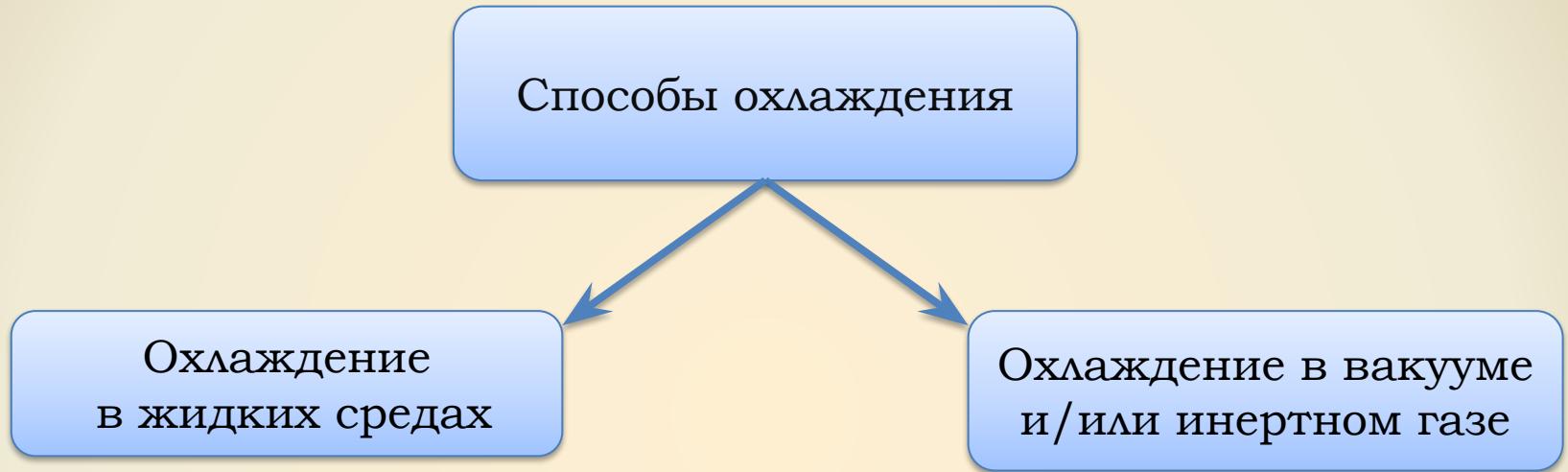


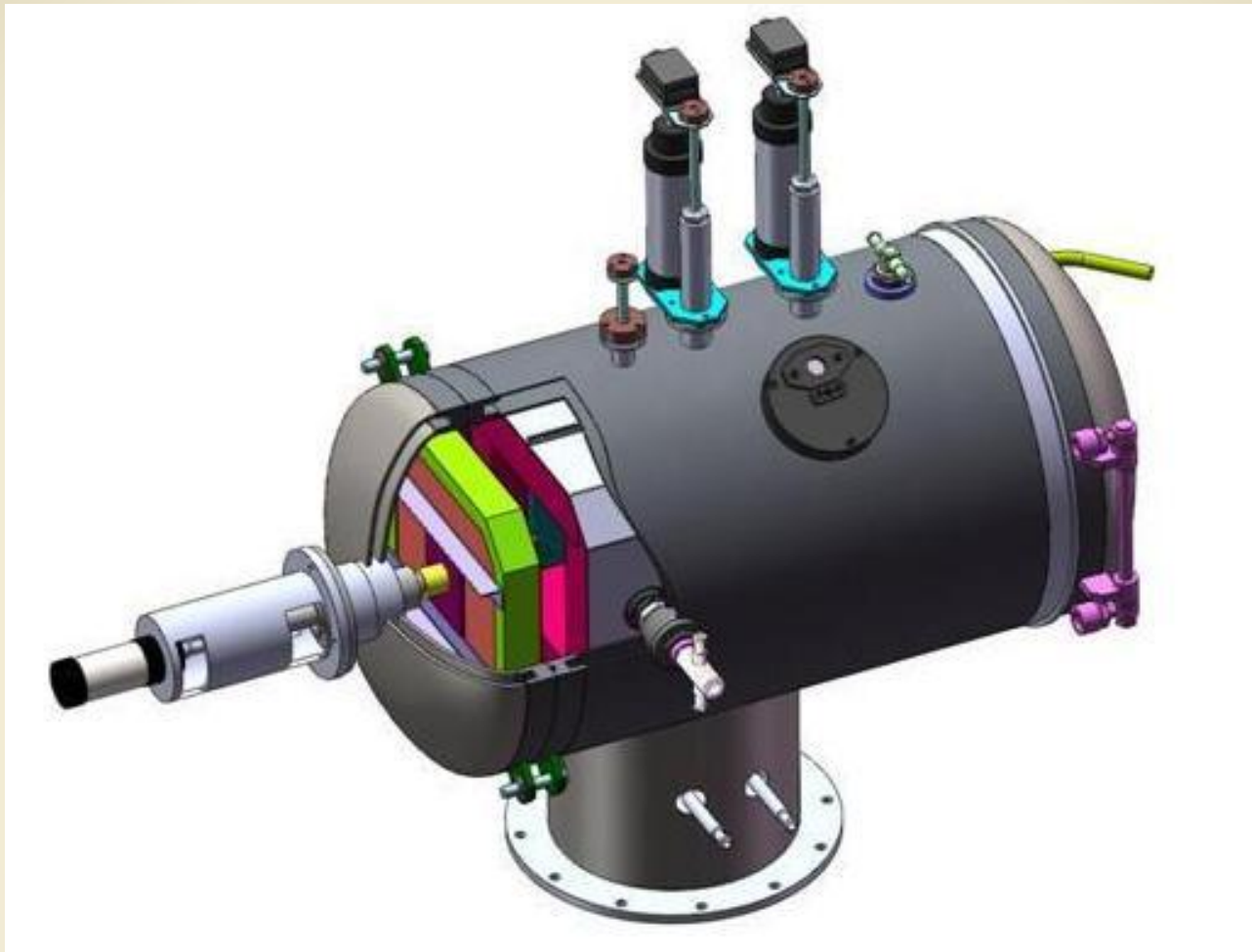
Рис.4 Зависимость показателей технологического процесса от толщины теплоизоляции

Охлаждение



- крайне ограниченная возможность влияния на скорость охлаждения
- возникновение деформаций при высоких скоростях охлаждения
- применимо не во всех технологических процессах

- неравномерность теплового поля
- при охлаждении газом возможно появление «застойных» зон



Решение технического противоречия:

Подвижная торцевая стенка теплоизоляции позволяет значительно увеличить скорость охлаждения загрузки

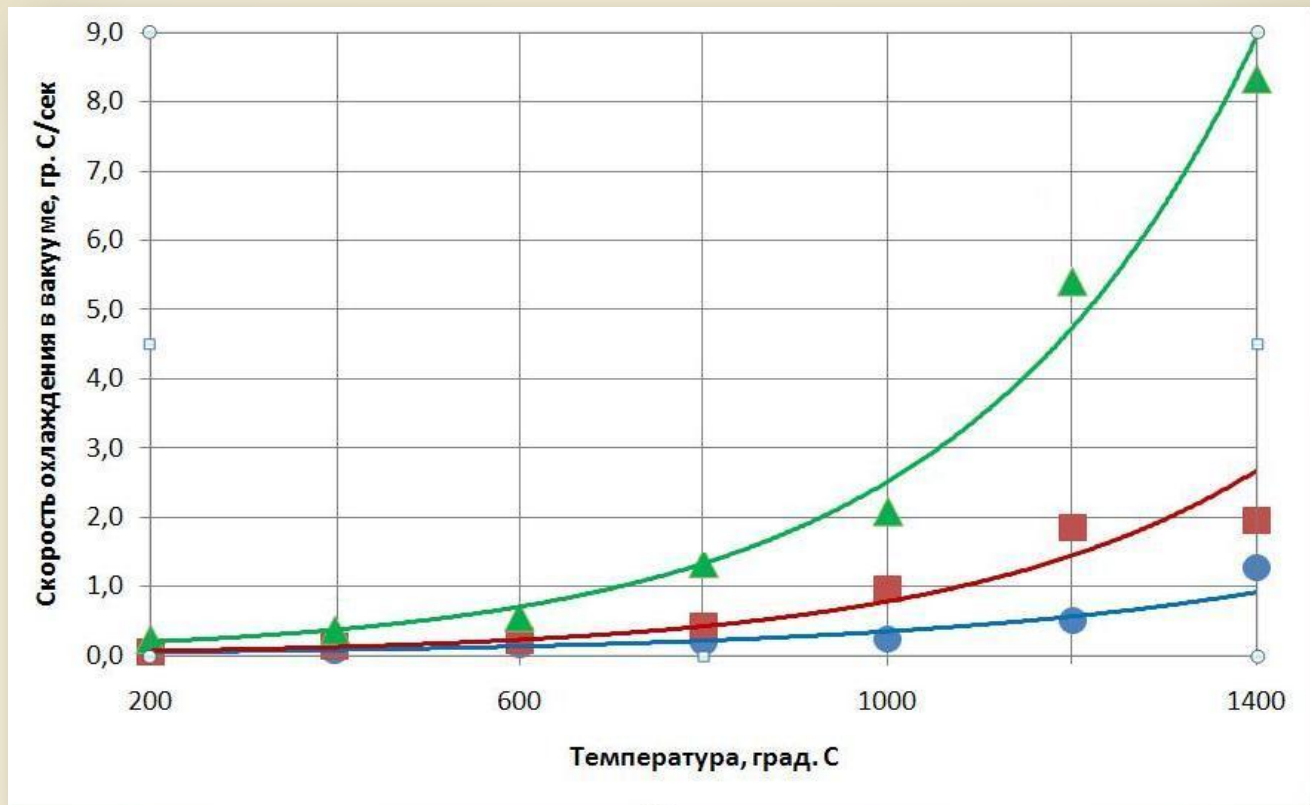


Рис.5. Изменение скорости охлаждения камерной печи объемом рабочего пространства 16 дм³ в зависимости от температуры:

- - футеровка печи выполнена из низкоплотного (0,3-0,4 г/см³) УУКМ;
- - теплоизоляция – блок экранов (Мо, сталь 12Х18Н10Т); ▲ – футеровка из низкоплотного (0,3-0,4 г/см³) УУКМ с подвижной торцевой теплоизоляцией. Охлаждение в вакууме 10⁻² Па.

Предлагаемая конструкция теплоизоляции

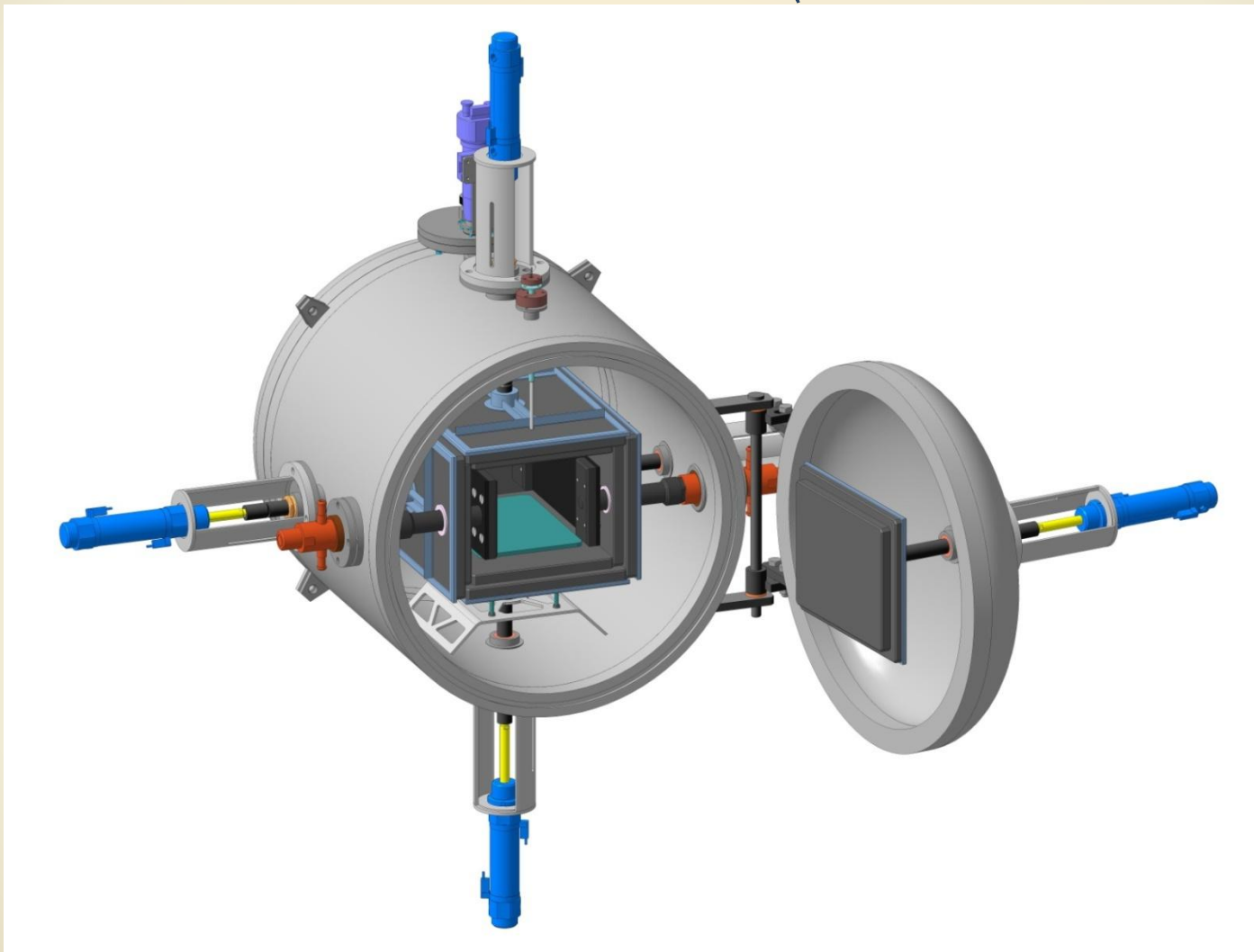
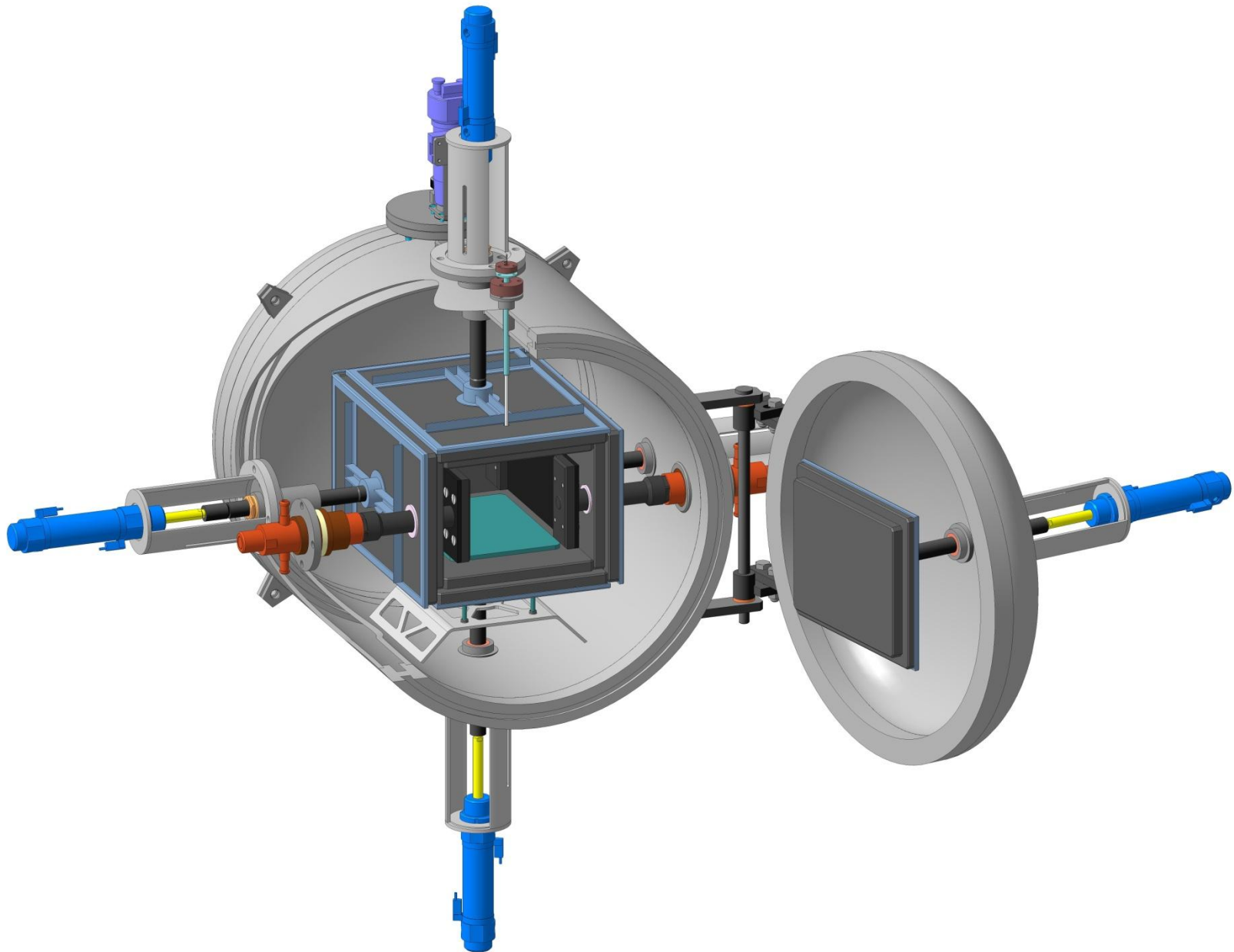
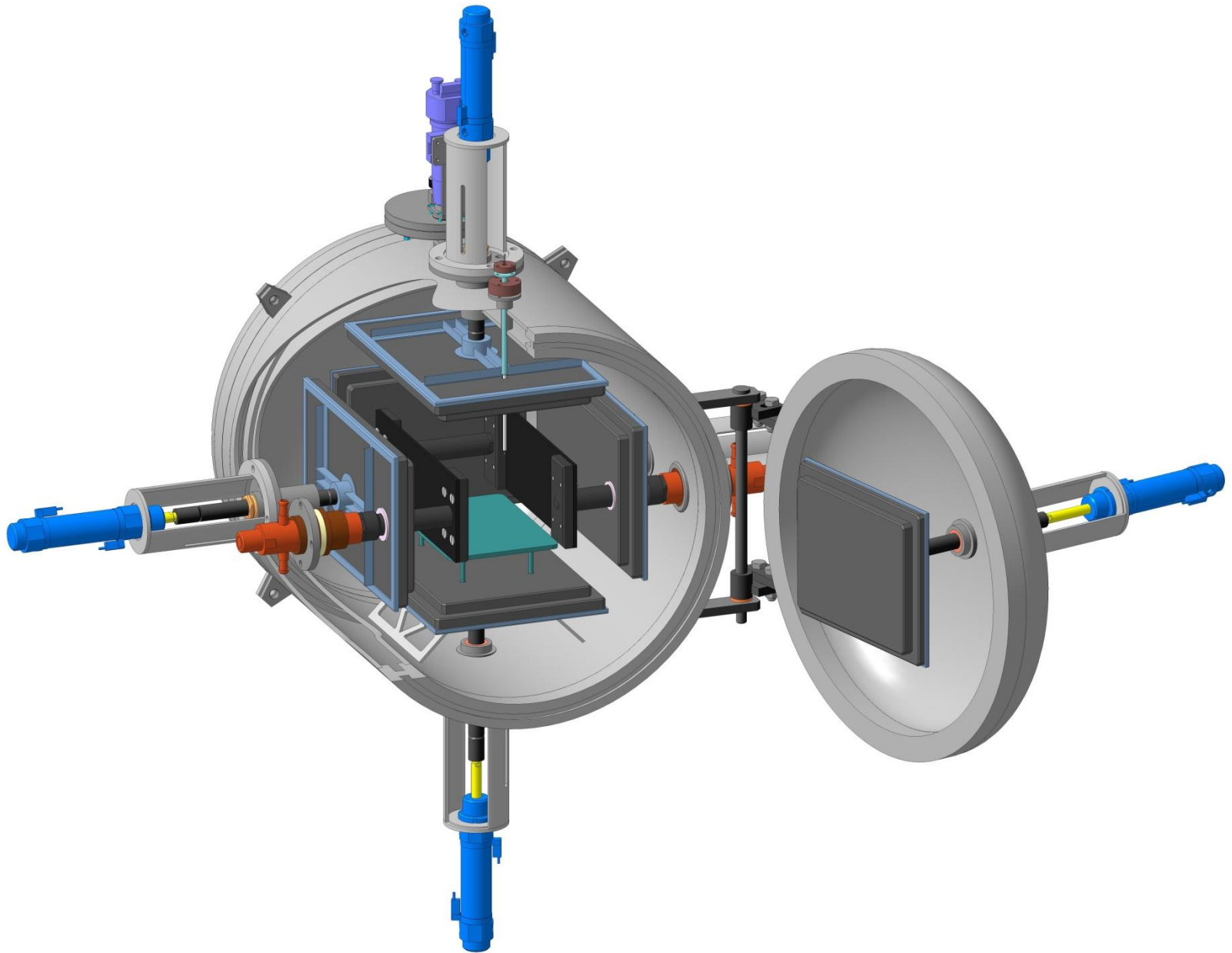


Рис. 6

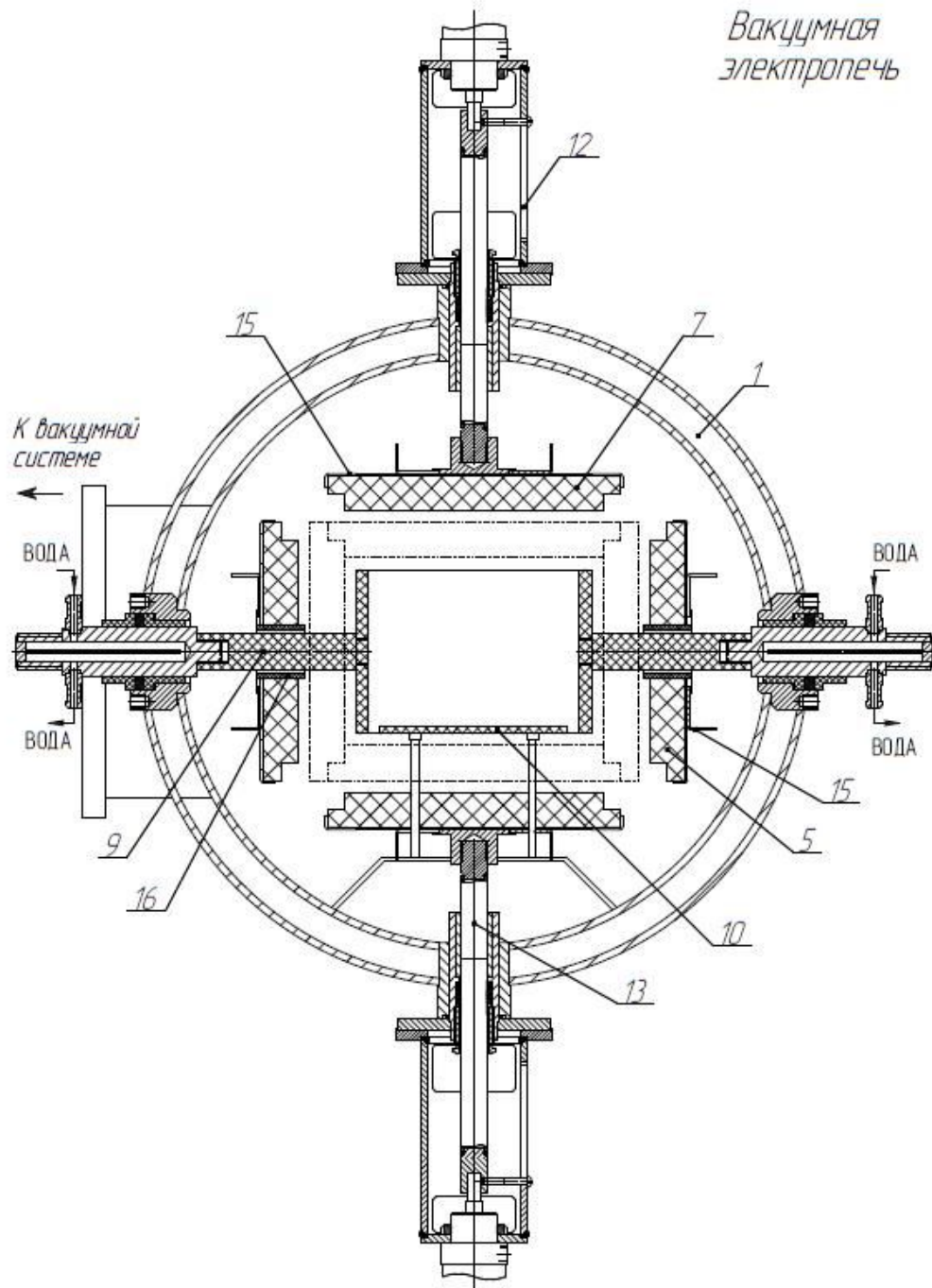


нагрева)

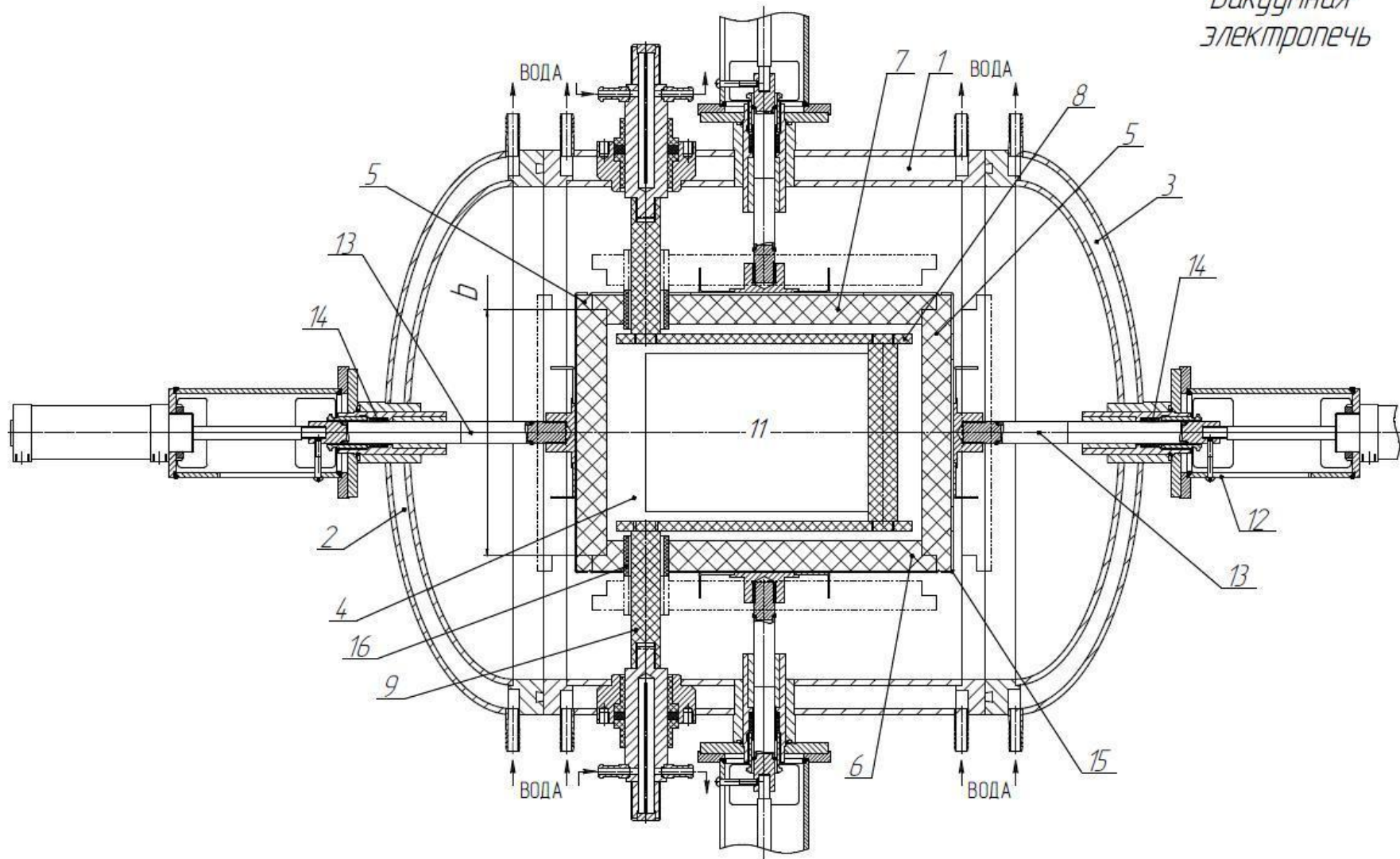


охлаждения)

Вакуумная
электропечь



Вакуумная
электропечь



Выводы

- Значительный прирост скорости охлаждения
- Получение «контролируемого» охлаждения
- Высокая равномерность температурного поля