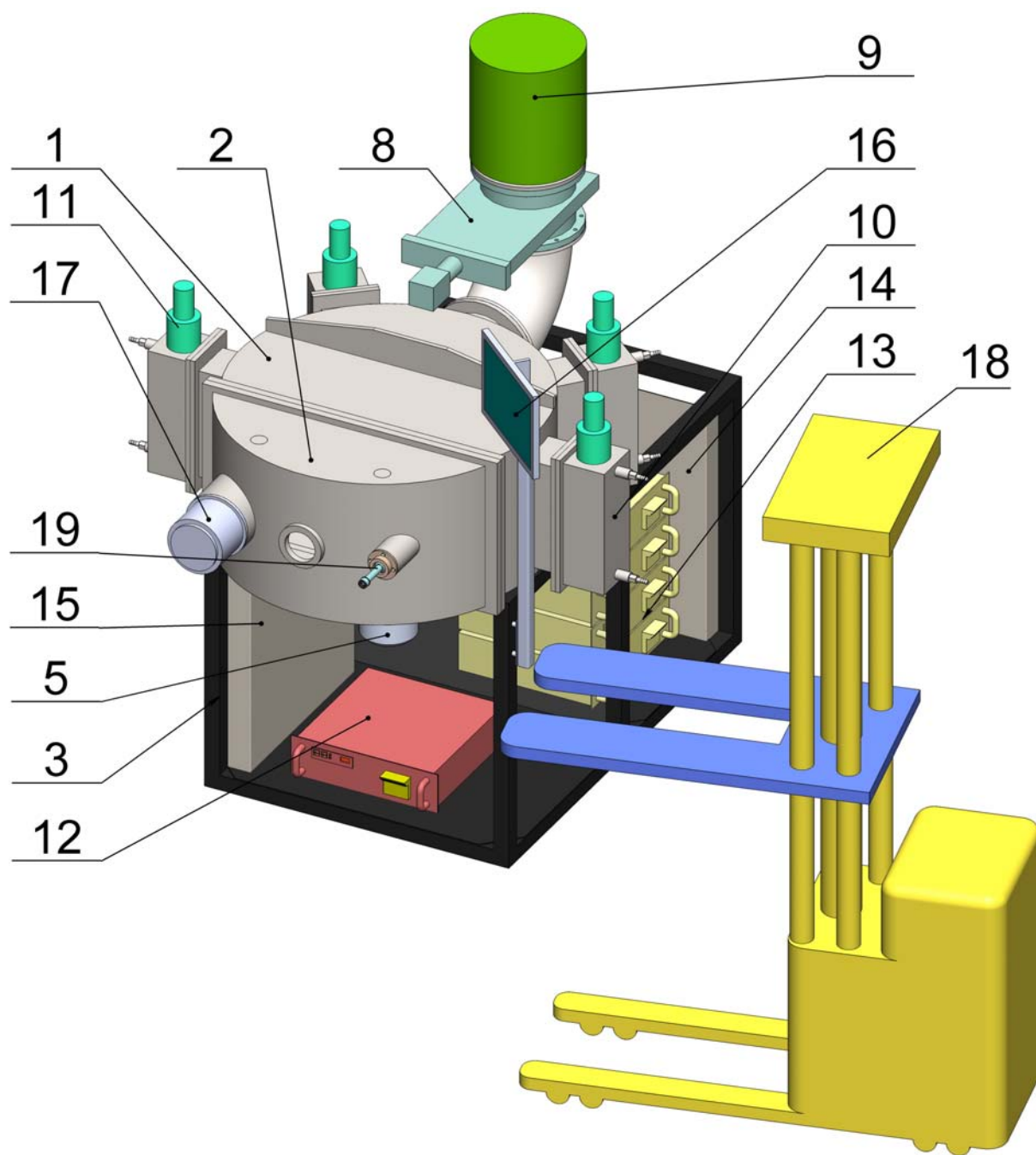


Семейство вакуумных установок BRV1000CD для нанесения защитных, жаростойких, эрозионно-стойких и износостойких покрытий методом ионно-плазменного осаждения в вакууме на лопатки турбины и компрессора ГТД, твердых покрытий из соединений металлов на детали ГТД с возможностью ионного ассистирования, проведения технологических процессов квазиазотирования и квазицементации.

Вакуумная установка типа BRV1000CD является базовой моделью. На основе BRV1000CD реализуются другие технические решения, связанные с изменением габаритов подложек и заданной производительности.



Общий вид вакуумной установки BRV1000CD

1. Вакуумная установка состоит из:

- вакуумной камеры (поз. 1) из нержавеющей стали размером $\varnothing 1000 \times 500$ мм с двойной сплошной рубашкой охлаждения;
- двери вакуумной камеры (поз. 2) из нержавеющей стали, с установленным пирометром (поз. 19) и кварцевым иллюминатором с заслонкой;
- каркаса силового (поз. 3), сваренного из стальных труб прямоугольного сечения;
- технологической оснастки (поз. 4) с двойным планетарным вращением;
- шести нагревателей (поз. 7) на основе ТЭНов, изготовленных из нержавеющей стали;
- системы откачки, включающей в себя форвакуумный и байпасный клапана;
- системы управления (поз. 15);
- гидро- пневмосистемы (поз. 14) со встроенным проточным нагревателем и чиллером (условно не показан);
- четырех цилиндрических дуговых испарителей (поз. 10) с механизмом вращения катода (поз. 11);
- трех датчиков низковакуумных, клапана напуска воздуха в камеру и датчика высоковакуумного (условно не показаны);
- затвора высоковакуумного шиберного типа с пневмоприводом (поз. 8);
- турбомолекулярного насоса на магнитном подвесе (поз. 9) с интегрированным контроллером;
- 17-дюймового панельного компьютера (поз. 16);
- Насоса пластинчато-роторного (условно не показан);
- одного низкоэнергетичного ионного источника (поз. 17) для ионной очистки, ас-систирования, квазиазотирования и квазицементации с блоком питания (поз. 12);
- четырех блоков питания (поз. 13) дуговых испарителей;
- трех расходомеров (условно не показаны);
- изолированного, водоохлаждаемого ввода вращения (поз.5);
- одного колена 90° ;
- блок подачи отрицательного смещения на технологическую оснастку (поз. 13).

Все узлы размещаются на единой платформе.

2. Основные технические параметры.

2. 1. Предельно достижимое давление в рабочей камере, без ее прогрева, не более $1,33 \times 10^{-5}$ Па. Время выхода ТМН (поз. 15) на рабочий режим не более 10 мин. Время остановки ТМН не более 10 мин. Время откачки от атмосферного до давления 5×10^{-3} Па в камере, без её предварительного прогрева не превышает 30 мин. Ориентация ТМН – вертикальная, «вверх ногами», для исключения попадания остатков продуктов напыления в ТМН. Применение ТМН на магнитном подвесе позволяет полностью исключить попадание масла в камеру. Форвакуумный насос – пластинчато-роторный с производительностью не менее 25 л/с по азоту (отдельная опция – «сухой» насос).

2. 2. Узел измерения вакуума.

Контроль вакуума от 10^5 Па до 10^{-5} Па.

Контроль давления в диапазоне от 10^5 Па до 10^{-1} Па осуществляется в следующих точках на основе манометрических преобразователей (Pirani):

- на входе форвакуумного агрегата;
- в форвакуумной магистрали на выходе ТМН;
- в вакуумной камере.

Контроль давления в диапазоне от 10^{-1} Па до 10^{-5} Па осуществляется в следующих точках на основе магниторазрядных манометрических преобразователей.

Точка контроля – вакуумная камера.

Как дополнительная опция, для контроля технологического вакуума может устанавливаться ионизационный датчик. Точка контроля – вакуумная камера. Информация от вакуумных датчиков поступает напрямую в промышленный контроллер.

2. 3. *Ионный источник очистки и ассистирования (поз. 17).* Ионный источник предназначен для активации подложек перед нанесением покрытия и сопровождения процесса нанесения покрытий. В качестве низкоэнергетичного источника ионов используется торцевой холловский ускоритель. Ионный источник ассистирования имеет систему компенсации заряда. Поток ионов равномерно обрабатывает всю область расположения подложек на технологической оснастке. Количество ионных

источников – 1 шт. С помощью ионного источника возможно проведение технологических процессов квазиазотирования и квазицементации. Данные технологические процессы реализуются при пропускании через ионные источники азота либо ацетилен и подаче на технологическую оснастку высокого отрицательного потенциала.

Блок питания ионного источника (поз. 19) имеет возможность управления и индикации параметров работы на лицевой панели и управления от компьютера по интерфейсам RS232/ RS485. Блок питания имеет блокировку, отключающую подачу напряжения на выход каналов по сигналу от внешнего устройства. Событие, при котором произошло срабатывание защиты или блокировки, отображается на лицевой панели блока питания. Блок питания выполнен в 19” корпусе. Блок питания имеет защиту от перегрева. Охлаждение – принудительное воздушное. Режим работы блока питания – длительный. Блок питания имеет возможность работы в режиме стабилизации напряжения, тока, мощности. Точность стабилизации среднего значения выходных параметров – 2%. Блок питания имеет звуковую и визуальную сигнализацию при обрыве нагрузки.

2.4. *Пневмо-гидросистема (поз. 14).*

Гидросистема служит для охлаждения:

- дуговых испарителей;
- вакуумной камеры;
- двери вакуумной камеры
- ионного источника;
- ввода вращения;
- ТМН.

Для охлаждения камеры и технологических устройств применяется система автономного водоснабжения (чиллер). Температура охлаждающей жидкости – 5...25⁰С. Емкость заправки буферного бака – до 100 литров дистиллированной воды.

Система охлаждения имеет датчики и клапаны для организации автоматической работы установки, имеет устройства для регулировки расхода воды по охлаждающим узлам. Подача горячей воды обеспечивается встроенным проточным нагревателем. На входах холодной и горячей воды имеются фильтры. Включение и отключение подачи холодной/горячей воды к отдельным узлам осуществляется с помощью электромагнитных вентилях, за исключением ТМН, охлаждение которого осуществляется постоянно. Для контроля за подачей воды в системе предусмотрены реле расхода. Для предотвращения попадания воды в камеру во время замены катодов в дуговых испарителях предусмотрены ручные шаровые вентили.

Пневматическая система предназначена для управления высоковакуумным затвором, форвакуумным клапаном для низковакуумной откачки ТМН, байпасным клапаном для низковакуумной откачки камеры. На входе в пневмосистему вакуумной установки имеется блок подготовки воздуха, состоящий из фильтра-влажнителя, маслораспределителя и манометра, регулируемого реле давления. Все пневмораспределители имеют глушители для обеспечения бесшумной работы.

Для создания сжатого воздуха предусмотрен встроенный компрессор с ресивером объемом не менее 20 л (отдельная опция). Напуск воздуха в камеру обеспечивается клапаном напуска с глушителем.

2.5. Узел дуговых испарителей (поз. 10).

Дуговой испаритель имеет следующие характеристики:

- электромагнитное управление дугой;
- внешний диаметр катода – 180 мм;
- внутренний диаметр катода – 140 мм;
- высота катода – 340 мм;
- прямое охлаждение катода;
- количество испарителей – 4 шт;
- дуговые испарители имеют систему электронного поджига;

Блок питания дугового испарителя (поз. 13) имеет следующие параметры:

- напряжение холостого хода – 120 В;
- рабочее напряжение – 45 В.
- максимальный рабочий ток – 540А;
- минимальный рабочий ток – 50 А;
- режим работы круглосуточный.
- коэффициент использования материала катода не менее $85 \pm 5\%$.

2.6. Элементы технологической оснастки (поз. 4) и вращения.

Наличие двойного планетарного вращения. Система вращения карусели – электрический привод. Скорость вращения – регулируемая, плавная, от 0 до 40 об/мин с помощью частотного регулятора. Привод вращения (поз. 5) карусели – бесступенчатый, нижнее осевое расположение. На планетарной системе возможно нанесение покрытий на детали с максимальным высотой до 300 мм в количестве кратном 24 шт. Технологическая оснастка изготовлена из нержавеющей стали.

Для удобства выполнения операций загрузки/выгрузки изделий применяется электроштабеллер (поз. 18).

2.7. Элементы узла нагрева подложек.

Нагрев подложек на основе ТЭНов (поз. 7). Максимальная температура нагрева ТЭНами достигает 300°C . Контроль температуры – прямой, с помощью ИК-пирометра (поз. 19) (контроль температуры детали) с выводом цифровой информации на экране монитора ПК (поз. 16). Точность поддержания температуры – $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Плавное регулирование температуры и скорости нагрева. Нагрев деталей до 350°C производится ТЭНами. Дальнейший рост температуры деталей происходит за счет ионной бомбардировки ионами материала катода при подаче высокого отрицательного потенциала на технологическую оснастку. Пирометр установлен в двери вакуумной камеры на подвижном шарнире, позволяющем направлять пирометр практически в любую точку контролируемого объема вакуумной камеры.

2.8. Блок подачи отрицательного смещения на технологическую оснастку (поз. 12)

- Выходное напряжение биполярное импульсное;
- Максимальное выходное напряжение 1000 В.
- Минимальное выходное напряжение 100 В.
- Частота следования импульсов до 100 000 Гц.
- Максимальный ток – 30 А в диапазоне напряжений 900-1000В.
- Максимальный ток – 50А при напряжении 200-400В.
- Максимальный ток – 80А в диапазоне напряжений 0-100В.
- Наличие активного дугогашения.
- Время технической готовности блока питания к работе, не более 10 сек.
- Блок питания рассчитан на круглосуточную непрерывную работу.
- Охлаждение блока питания принудительное водяное.

2.9. Система управления (поз. 14).

Тип системы управления – PLC, на основе промышленных контроллеров «Wago».

Функционирование установки возможно в трех режимах:

- ручном;
- полуавтоматическом;
- автоматическом.

В ручном режиме персоналу доступны органы управления насосным стандом, испарителями, клапаном напуска воздуха в камеру через промышленный компьютер (ПК) на основе «Wago».

В полуавтоматическом режиме – управление насосным стандом ручное, а процесс нанесения, автоматический с возможностью доступа к элементам процесса через ПК.

В автоматическом режиме – управление установкой с начала откачки камеры до окончания процесса нанесения покрытия автоматическое, без возможности вмешательства персонала.

Во всех режимах работы обеспечен свободный выбор контроля толщины в процессе нанесения покрытия.

Полуавтоматический и автоматический режимы установкой используются для:

- визуализации систем;
- ведения протокола процесса напыления;
- демонстрации параметров процесса нанесения покрытия с возможностью распечатки на принтере при подключении соответствующего печатного устройства;
- сохранения и управления параметрами;
- ведения статистики процессов;
- ведения списка аварийных ситуаций.

ПК установки имеет возможность подключения к местной локальной сети. В программе управляющего компьютера есть функция технической диагностики состояния установки.

Для ввода и отображения информации предусмотрен тактильно-чувствительный панельный 17-дюймовый компьютер (поз. 16).

Программное обеспечение Оборудования обеспечивает:

- надежную работу установки в автоматическом режиме и в режиме ручного управления;
- удобный способ задания технологических режимов работы (рецептов технологии) для осуществления процессов вакуумной откачки, ионной очистки, напыления, нагрева и охлаждения, газонапуска в заданной последовательности в соответствии с заданными значениями технологических параметров;
- вызов из памяти компьютера рецептов в процессе работы на вакуумной установке;

- возможность редактирования рецептов и их удаления при необходимости;
- возможность установки защиты от несанкционированного доступа к управляющим программам;
- возможность протоколирования производимого технологического цикла напыления с фиксированием заданных и действительных технологических параметров по вакууму, ионной очистке, напылению, охлаждению, напуска технологических газов;
- возможность сохранения в памяти компьютера (на жестком диске) до 1000 и более протоколов произведенных циклов напыления и распечатки на бумажный носитель.

Ввод и редактирование технологических параметров можно осуществлять с монитора (поз. 16).

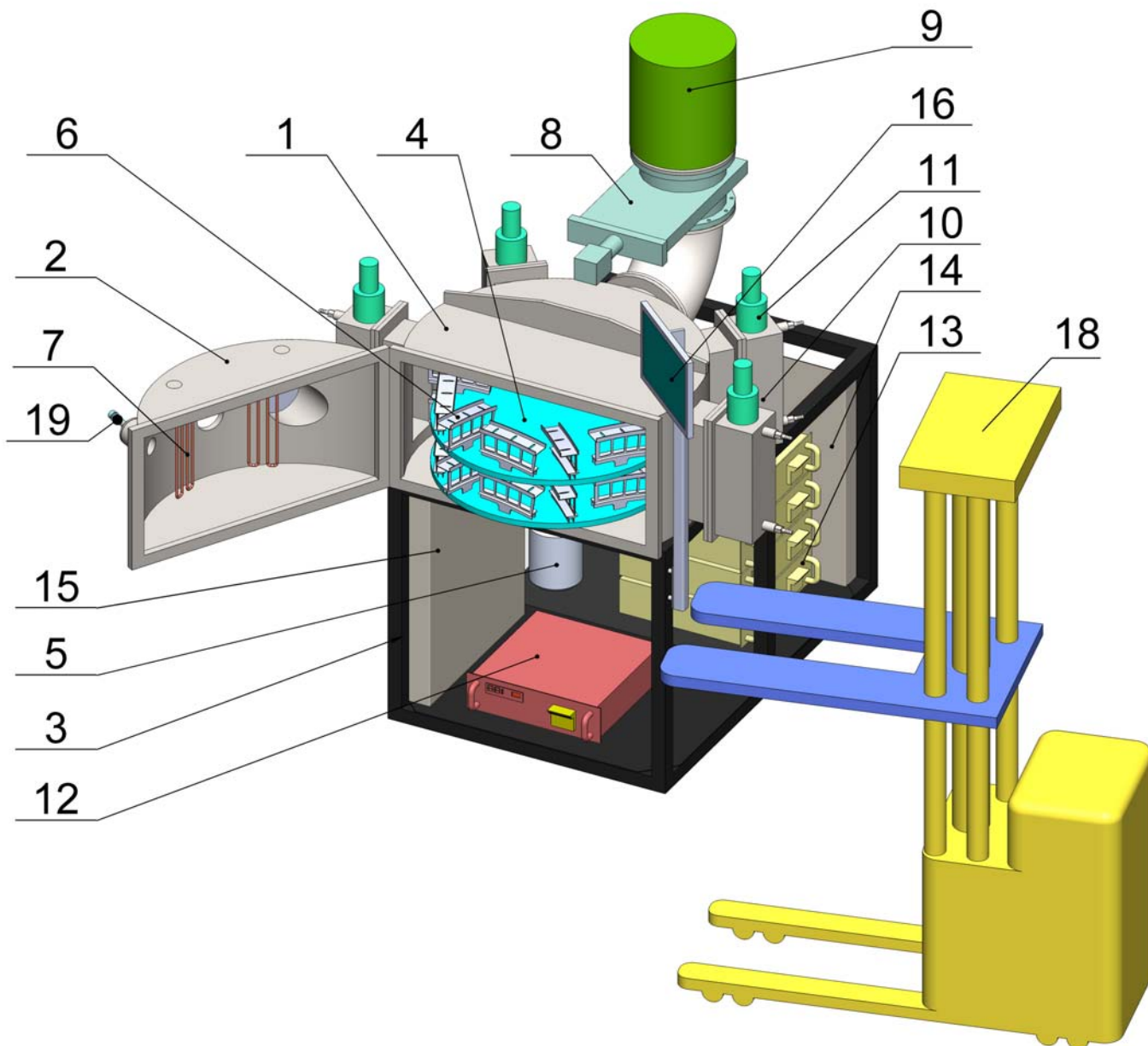
2.10. Газовая система.

Газовая система имеет регулятор давления и манометр. Рабочие газы – O₂, Ar, N, C₂H₂. Управление расходом газов с помощью расходомеров РРГ10 по аналоговому сигналу. Количество расходомеров – 3 шт.

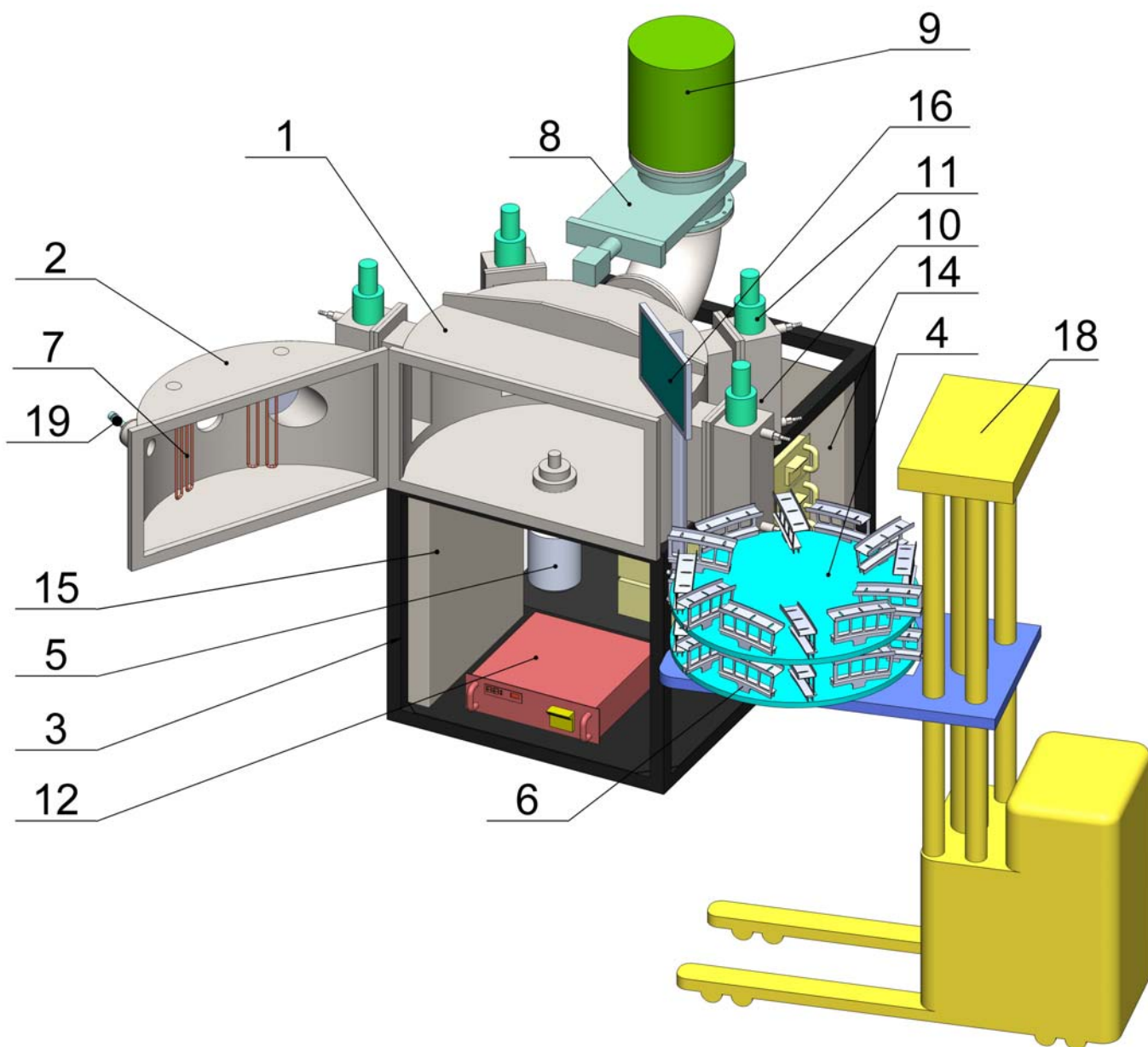
2.11. Показатели назначения.

- Неравномерность нанесения покрытий по вертикали не более 5%.
- скорость нанесения покрытия типа NiCrAlY не менее 50 мкм/час.
- Максимальная масса подложек, устанавливаемых на арматуре, кг, не более: 500.
- Средний уровень шума, дБа, не более: 75.
- Установленный срок службы до капитального ремонта при двухсменной работе при соблюдении правил эксплуатации, лет, не менее: 8.
- Мощность, потребляемая вакуумной установкой, кВт, не более: 80.
- Общая площадь, занимаемая вакуумной установкой без учета форвакуумного агрегата и зоны технологического обслуживания, м², не более: 8.
- Габариты вакуумной установки, мм, ДхШхВ, не более: 1150х2000х2100

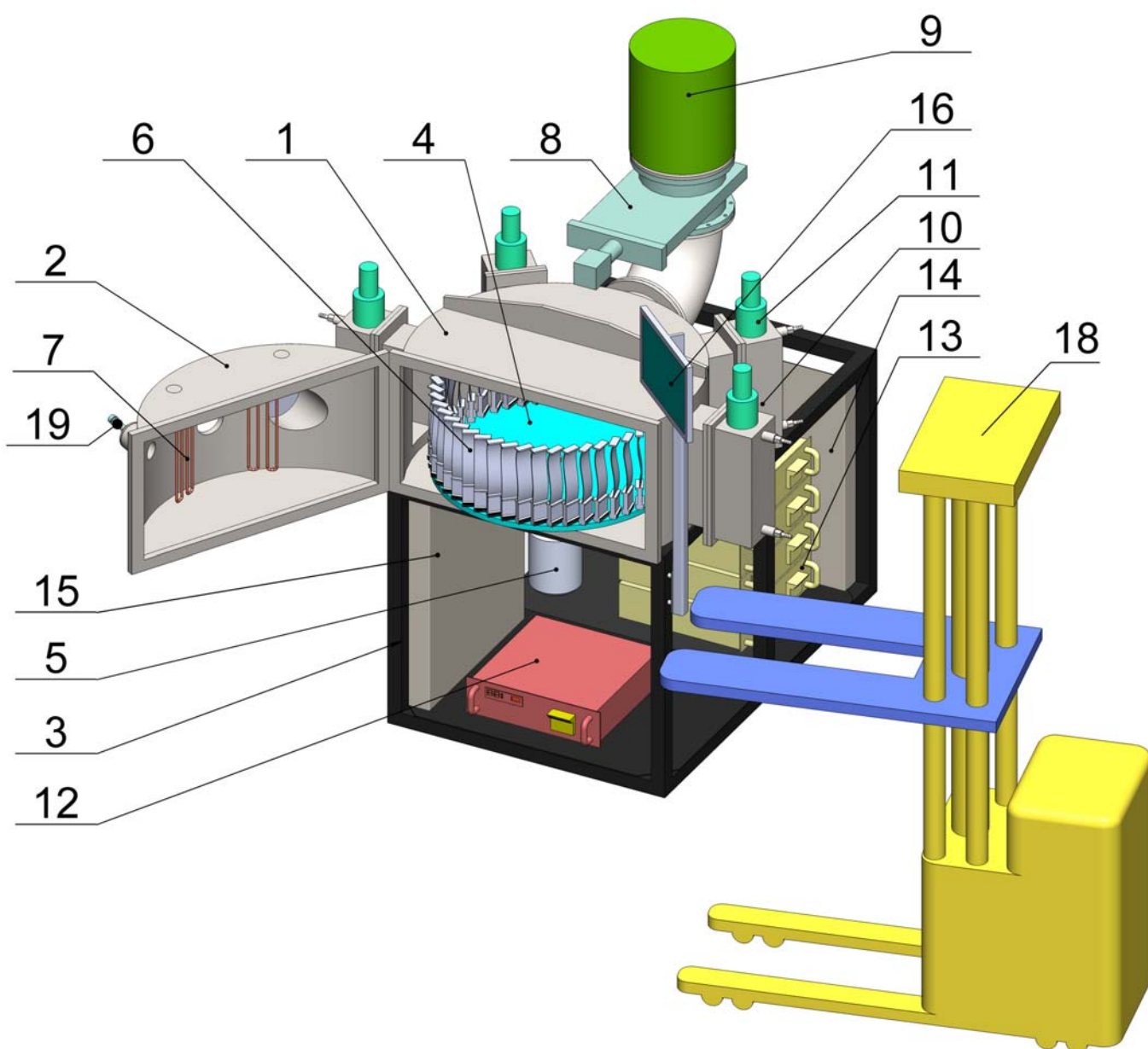
- Масса вакуумной установки без учета форвакуумного агрегата, электроштабелера и чиллера, кг, не более: 1520.



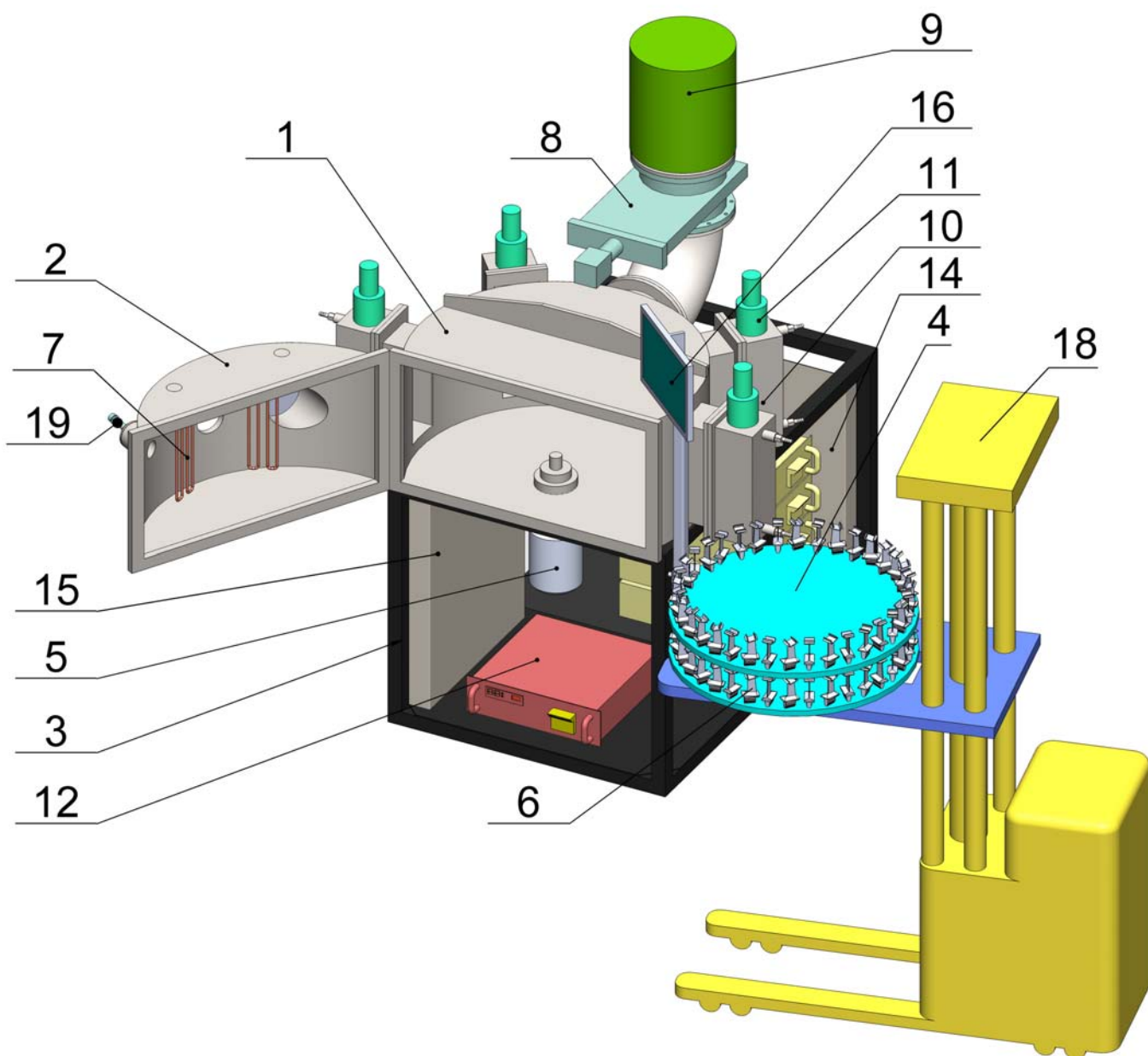
Вид установки спереди с открытой дверью, загружены «средние» детали



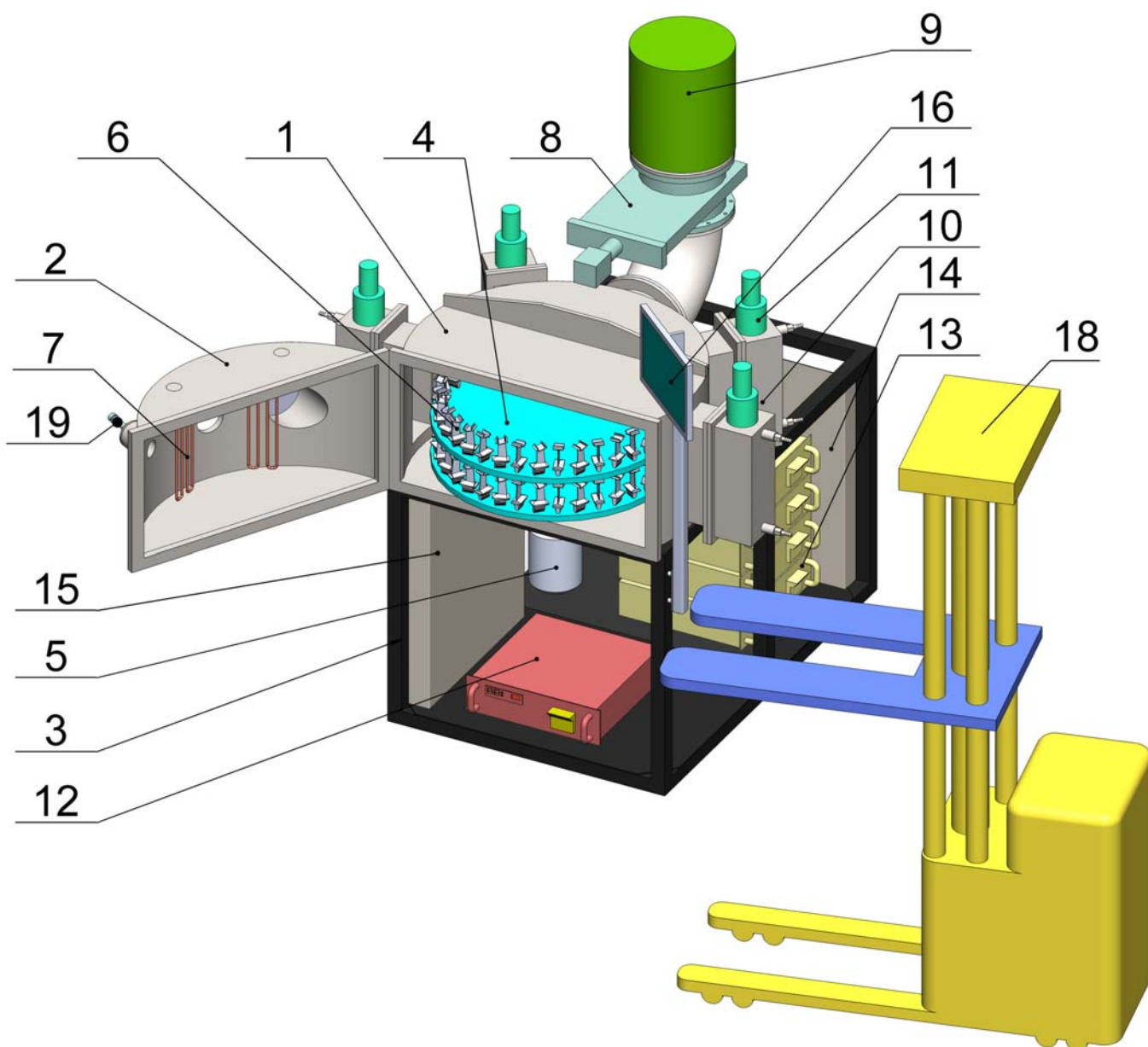
Вид установки спереди, с выгрузкой «средних» деталей электроштабеллером.



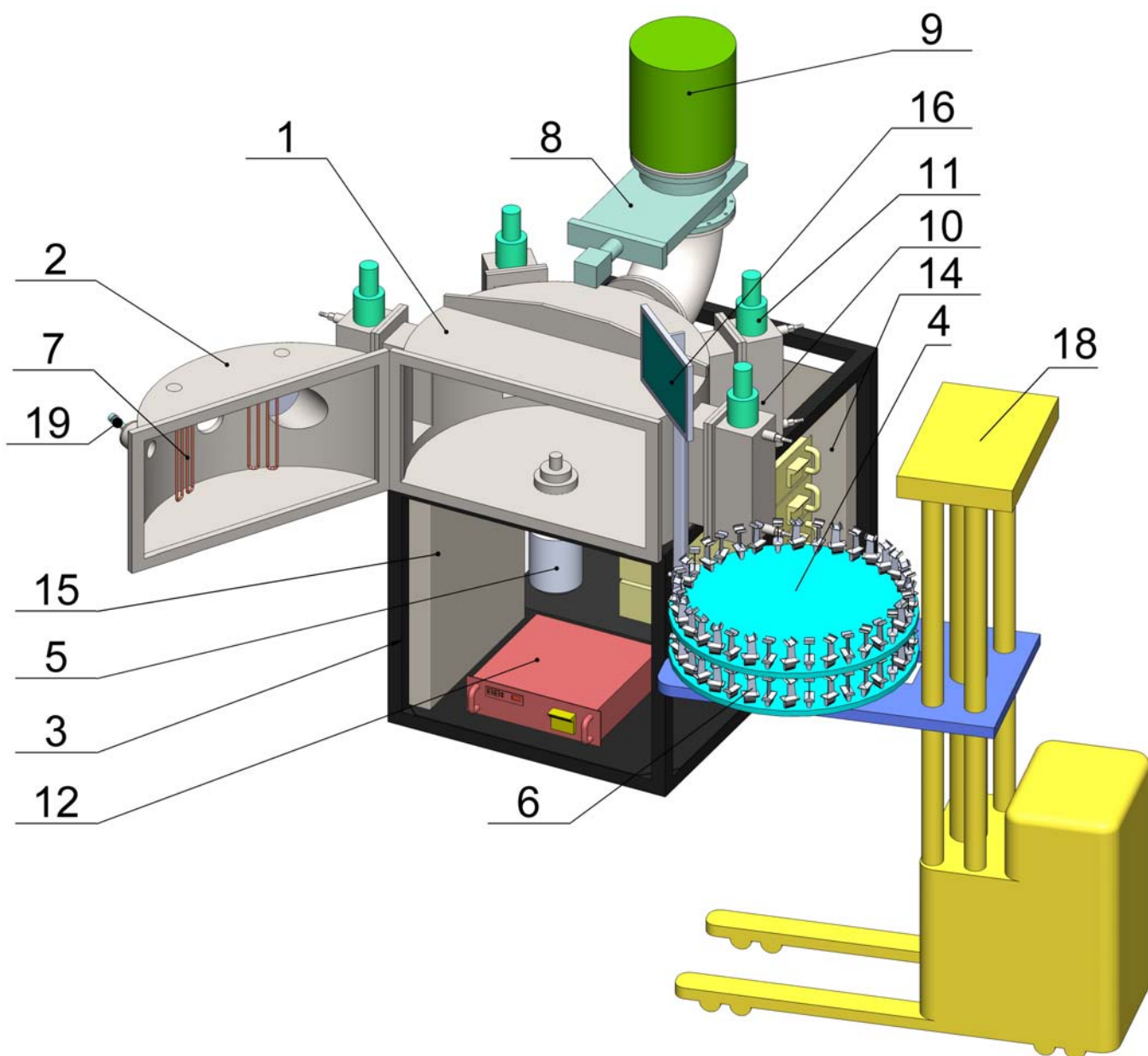
Вид установки спереди с открытой дверью, загружены «большие» детали



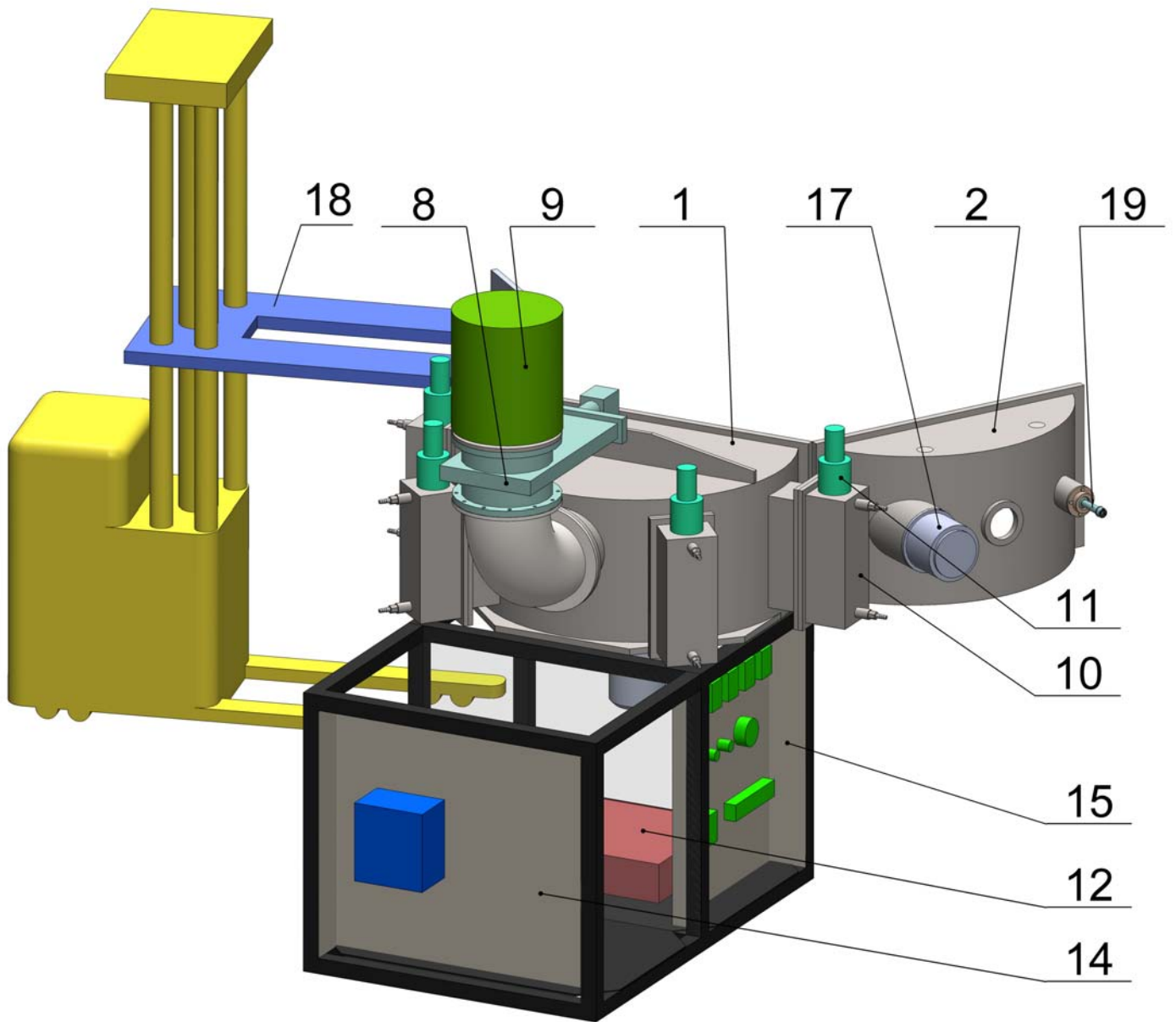
Вид установки спереди, с выгрузкой «больших» деталей электроштабеллером.



Вид установки спереди с открытой дверью, загружены «малые» детали



Вид установки спереди, с выгрузкой «малых» деталей электроштабеллером.



Вид установки сзади с открытой дверью