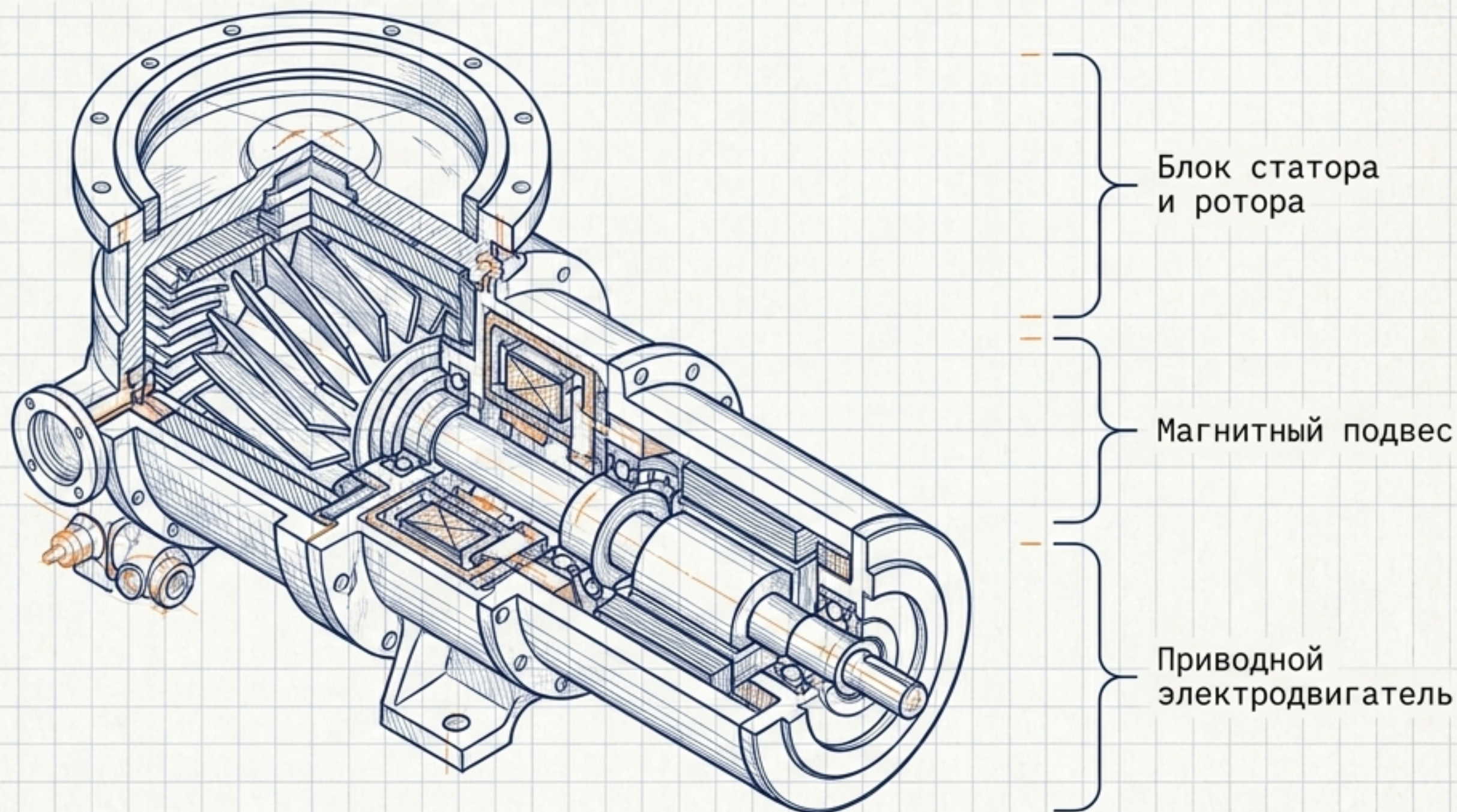


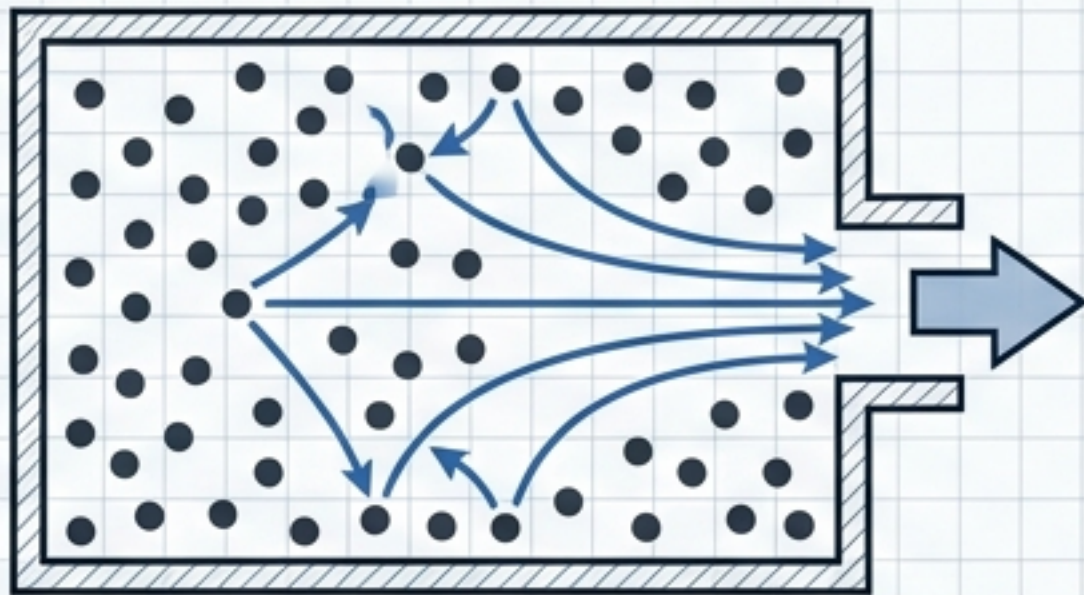
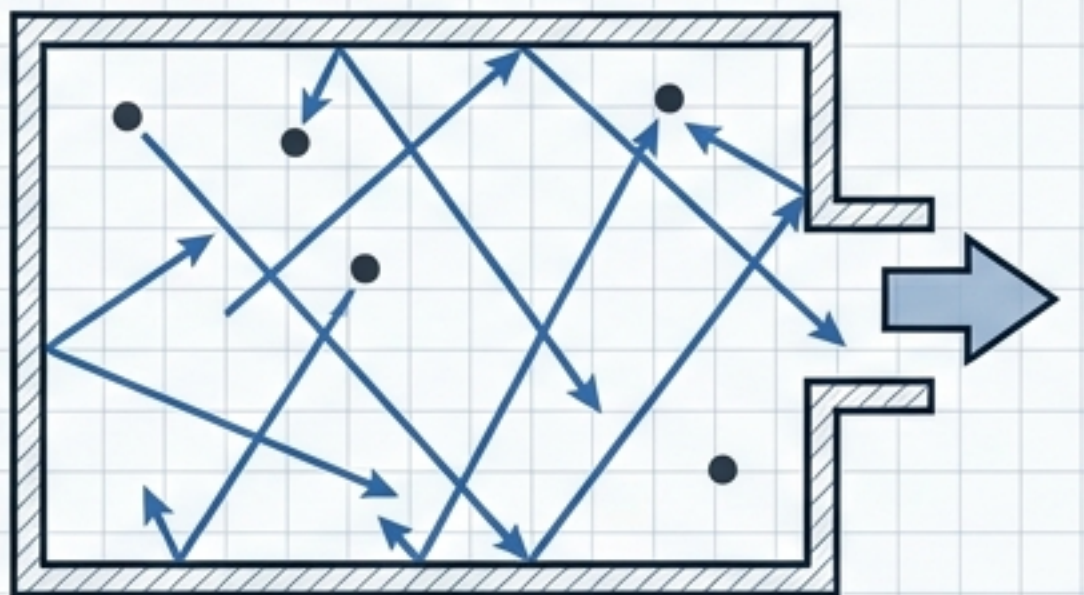
LeakLab МТР-2201: Инженерный профиль турбомолекулярного насоса

Физика процесса, интеграция системы и эксплуатационные характеристики ТМН с магнитным подвесом.

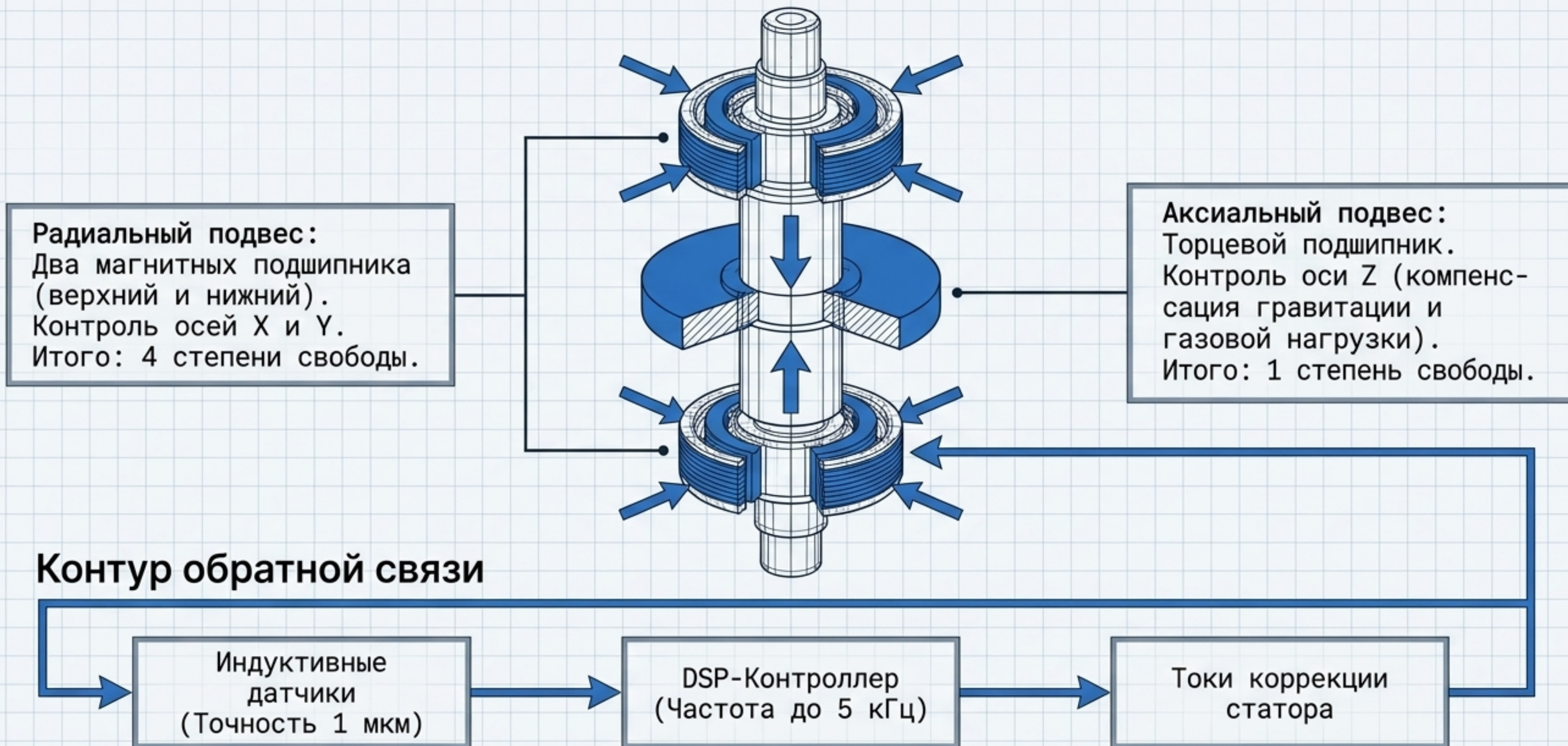


$$n = \left| \frac{V}{f/2\pi \times B \times S} \right|$$

В молекулярном режиме откачка газа возможна только за счет направленной передачи импульса от скоростных лопаток.

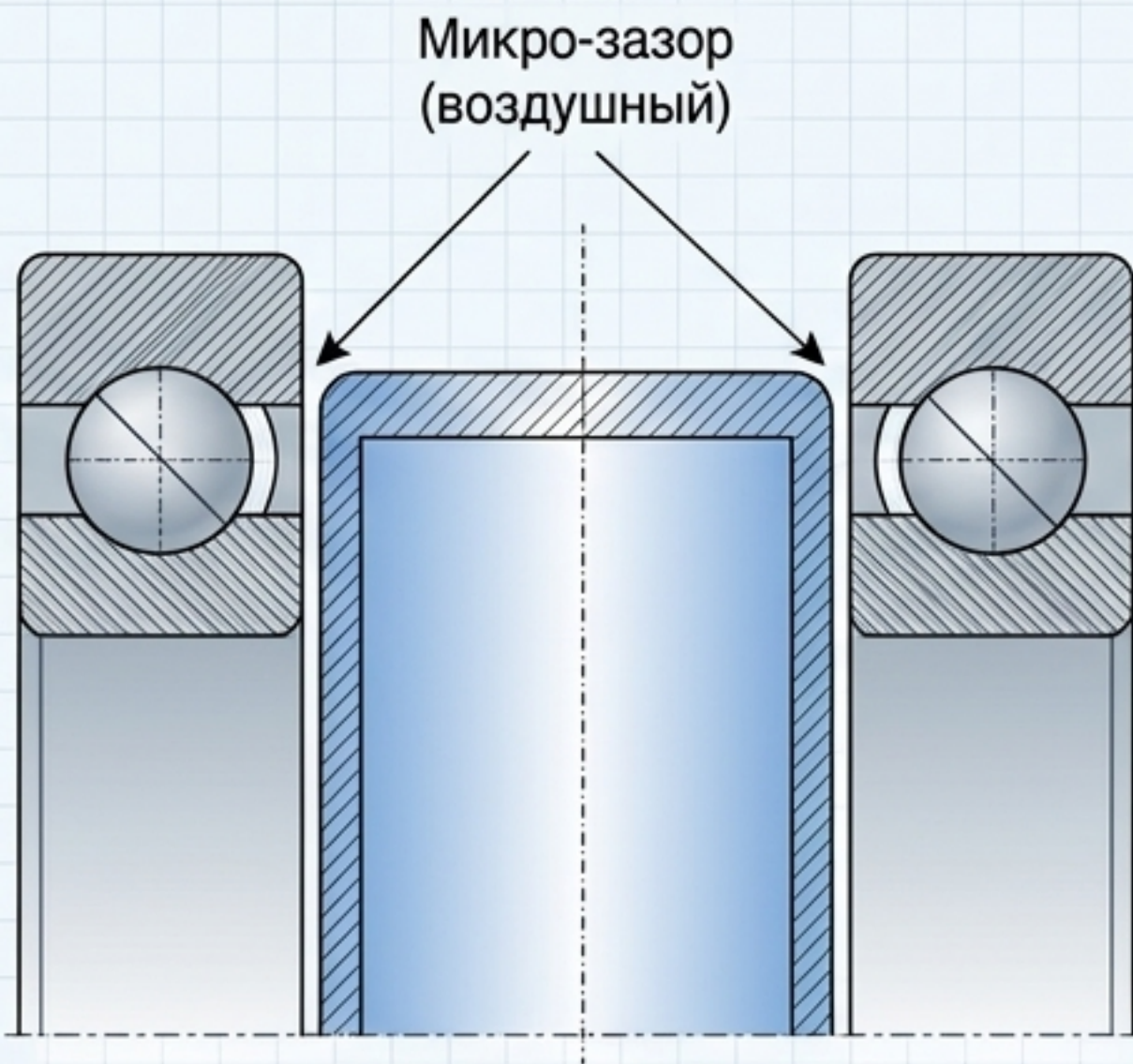
Физика вакуумных режимов		Векторная механика передачи импульса
Вязкостный режим ($P > 10^{-3}$ мбар)		
Молекулярный режим ($P < 10^{-3}$ мбар)		Степень сжатия экспоненциально зависит от скорости стенки и квадратного корня массы молекулы (H_2 откачивается хуже N_2/Ar).

Активный магнитный подшипник бесконтактно стабилизирует ротор по пяти осям с частотой дискретизации контроллера.



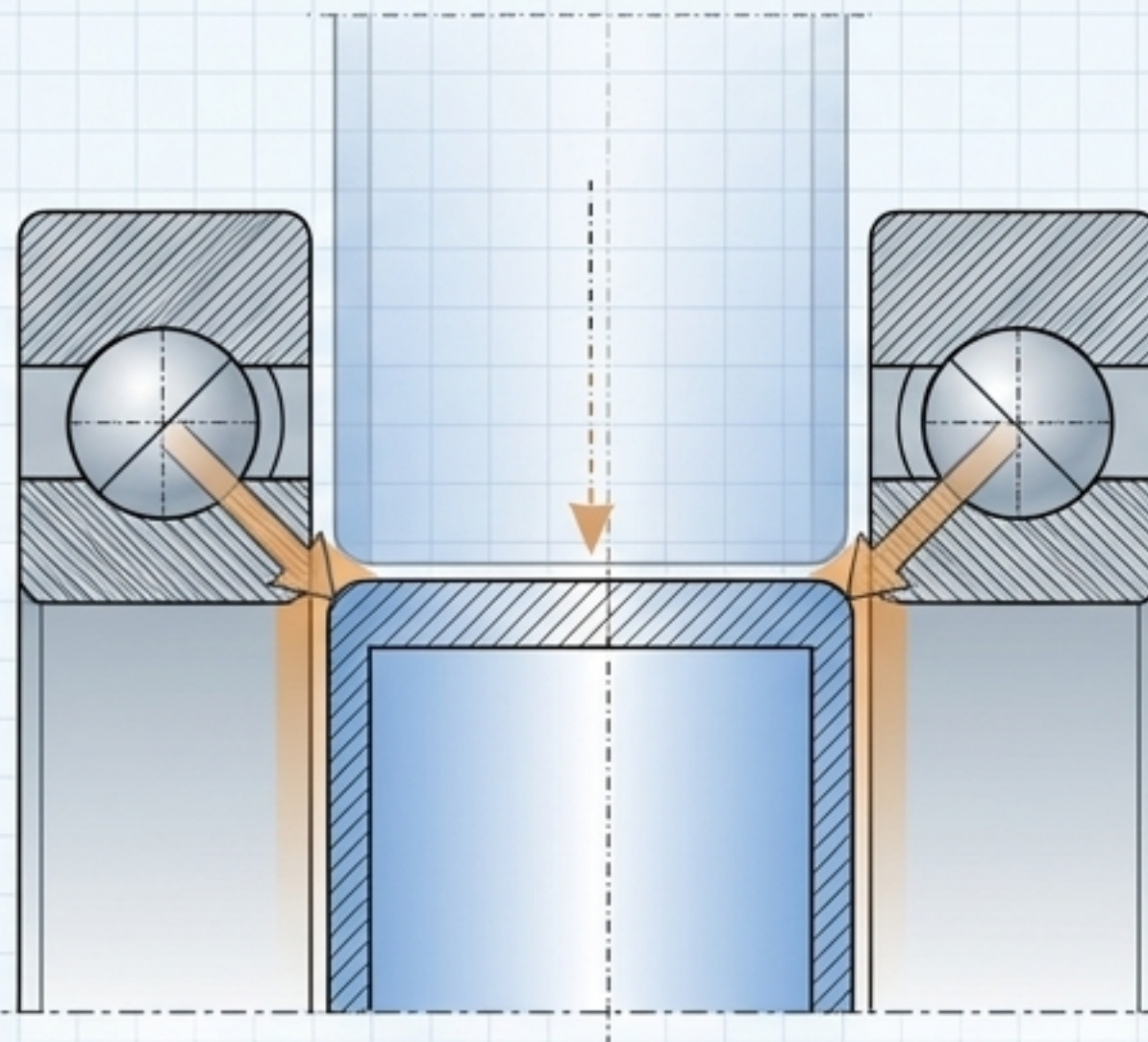
Страховочные сухие подшипники исключают контакт ротора и статора при сбое питания или перегрузке магнитного подвеса.

Штатный режим (Левитация)



Вал «парит». Механический контакт отсутствует. Износа нет.

Аварийный выбег (Сброс)



Оседание вала на подшипники сухого трения. Центровка и безопасное торможение.

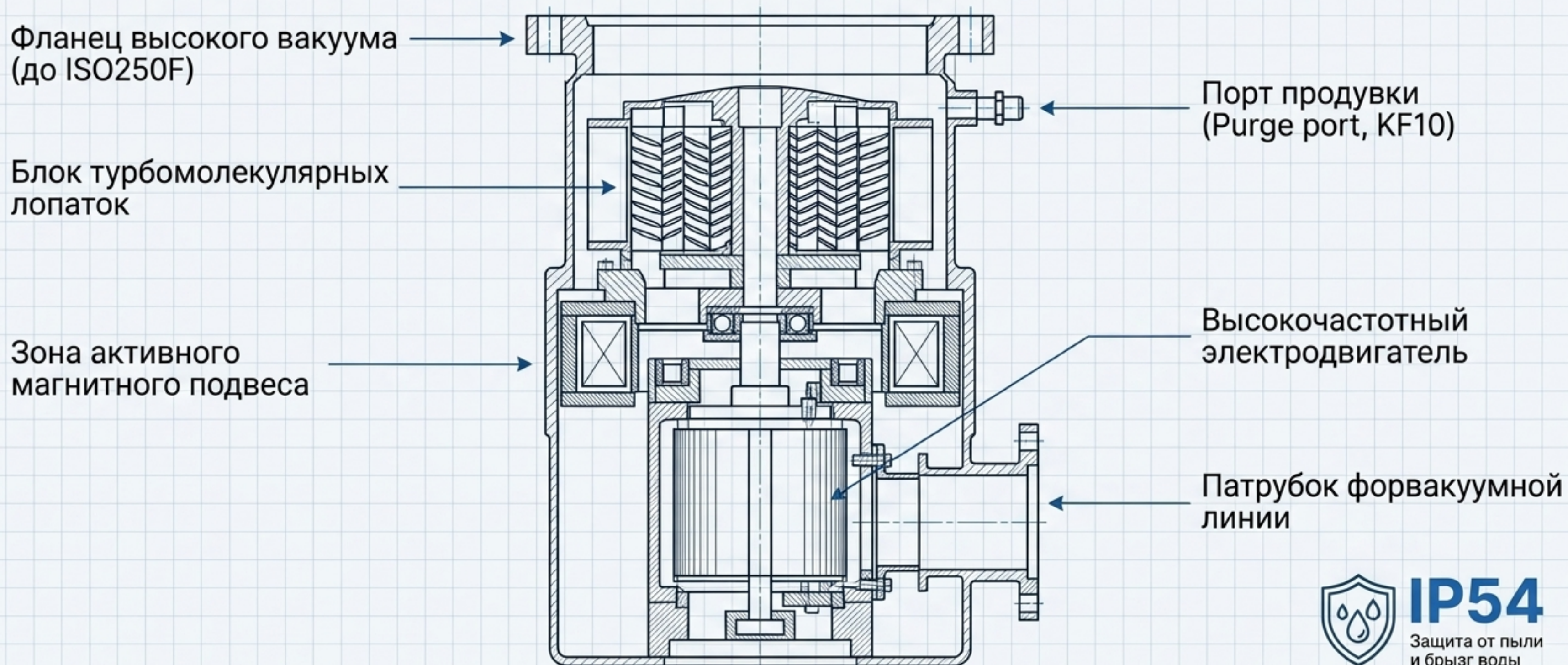
Сухой ход

Отсутствие
консистентной
смазки
гарантирует
нулевое
углеводородное
загрязнение
вакуумной камеры
даже при аварии.

Геометрия

Специальный
профиль
(angular-contact)
принимает на себя
как радиальные, так
и осевые ударные
нагрузки.

Архитектура MTP-2201 интегрирует турбомолекулярные ступени и магнитный подвес в цельнометаллическом корпусе со степенью защиты IP54.



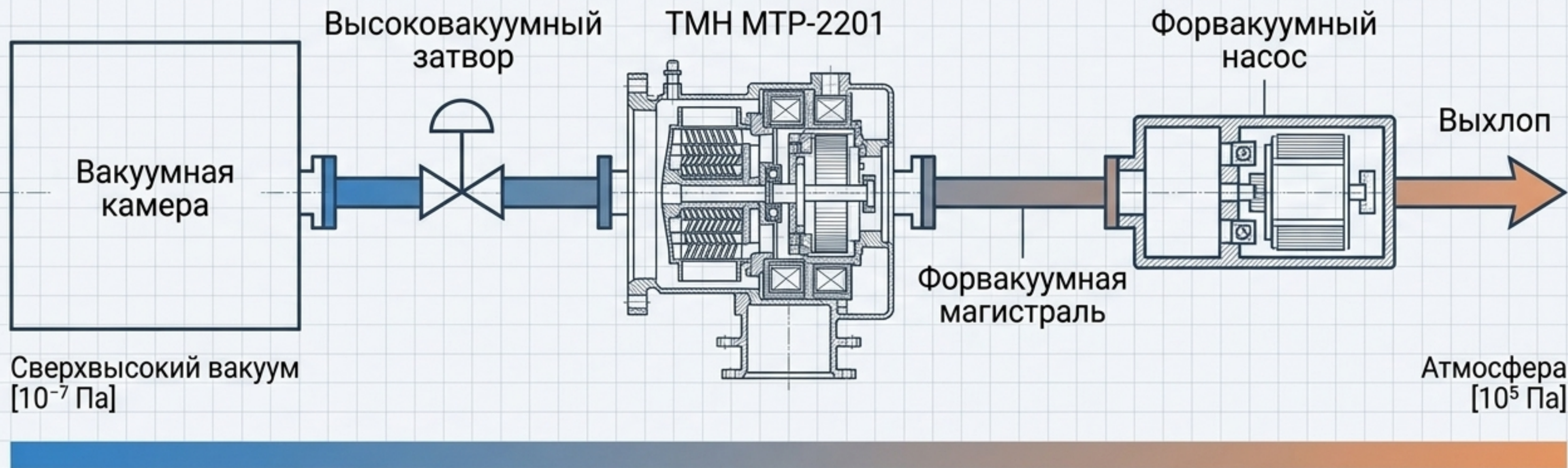
IP54
Защита от пыли
и брызг воды

Серия МТР-2201 обеспечивает гарантированную скорость откачки азота до 2200 л/с при давлении 10^{-7} Па.

Параметр	Исполнение 1	Исполнение 2
Входной фланец	ISO200F	ISO250F
Скорость откачки (N ₂)	1600 л/с	2200 л/с
Скорость откачки (H ₂)	1200 л/с	1700 л/с
Макс. непрерывное давление форвакуума	266 Па (с TMS)	266 Па (с TMS)
Номинальная частота вращения	27 000 об/мин	27 000 об/мин
Предельное давление (после прогрева)	1×10^{-7} Па	1×10^{-7} Па
Масса	58 кг	60 кг

Акустическая эмиссия: Уровень шума < 55 дБ при номинальной частоте вращения.

МТР-2201 работает исключительно в тандеме с форвакуумным насосом, обеспечивающим предварительное разрежение.

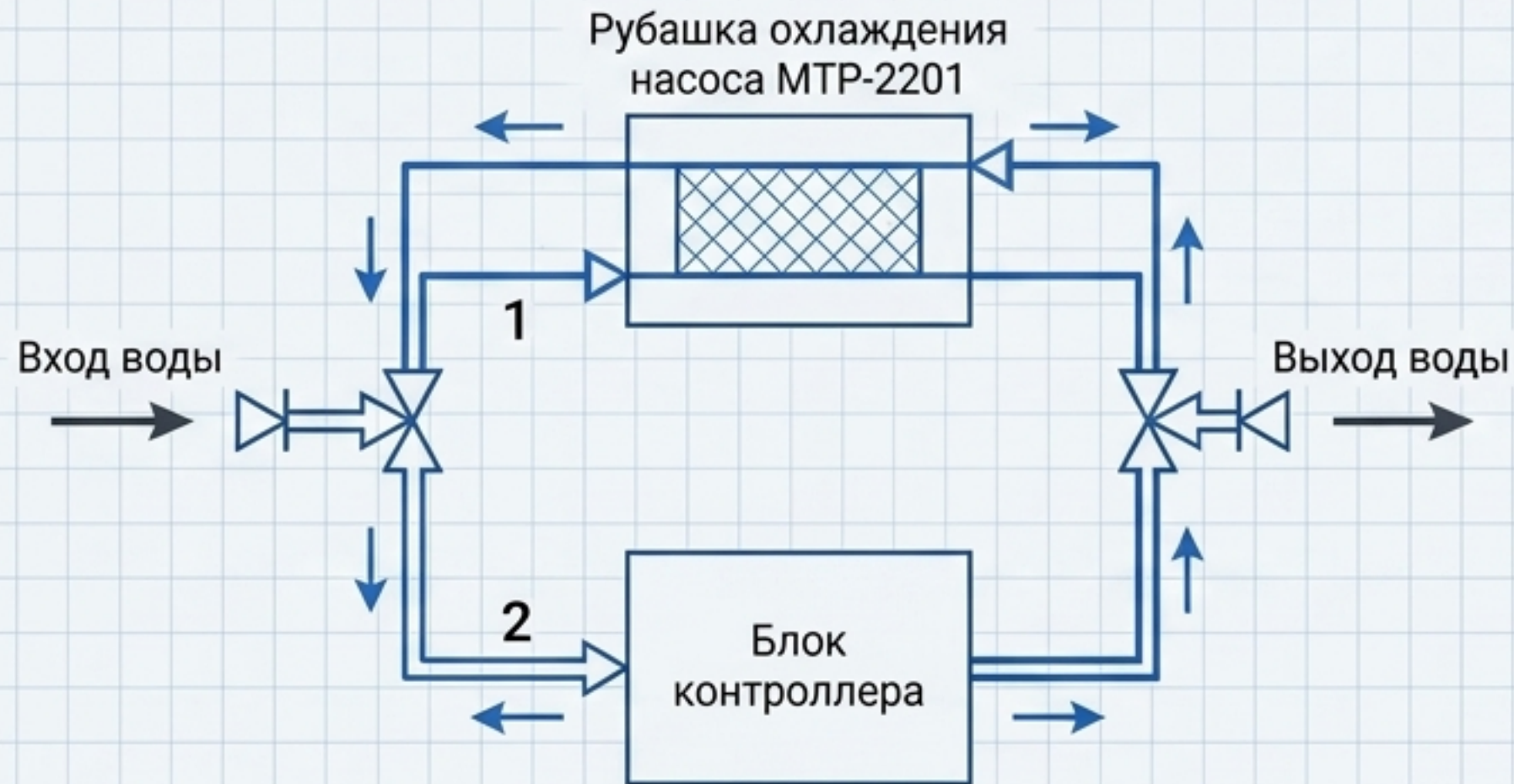


Внимание:

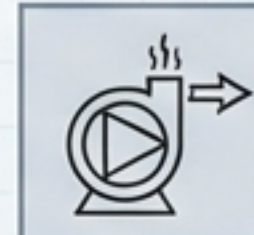
ТМН не обладает степенью сжатия для выхлопа в атмосферу. Для запуска МТР-2201 требуется форвакуумный насос производительностью не менее 1300 л/мин.

Водяное охлаждение является обязательным условием для отвода тепла от статора и электроники при тяжелых нагрузках.

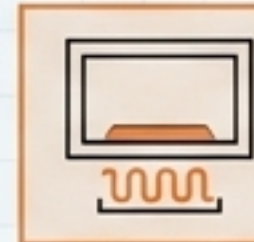
Схема гидравлических контуров



Условия обязательного применения



1. Откачка горячих газов



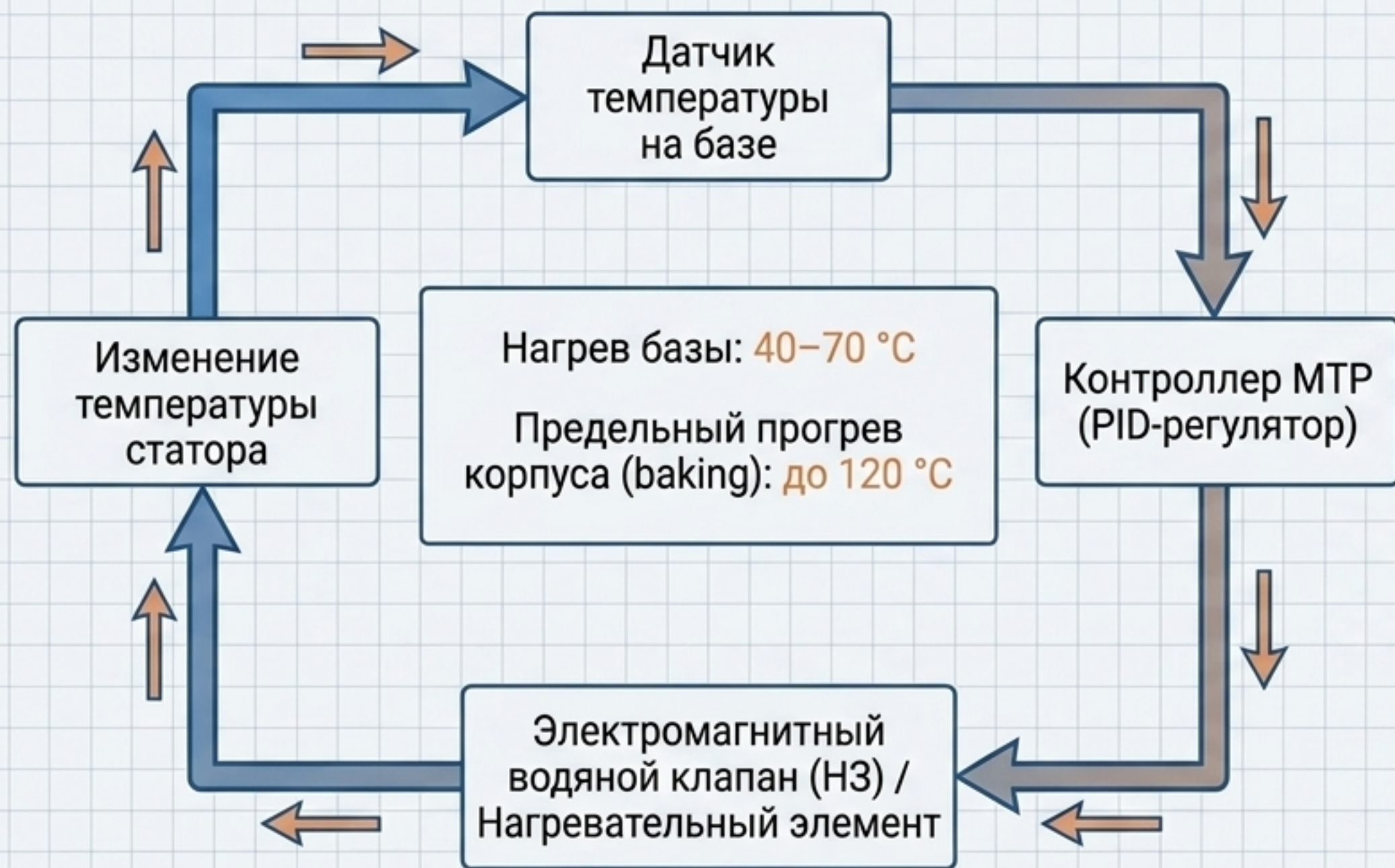
2. Работа с подогревом (baking) камеры или корпуса насоса



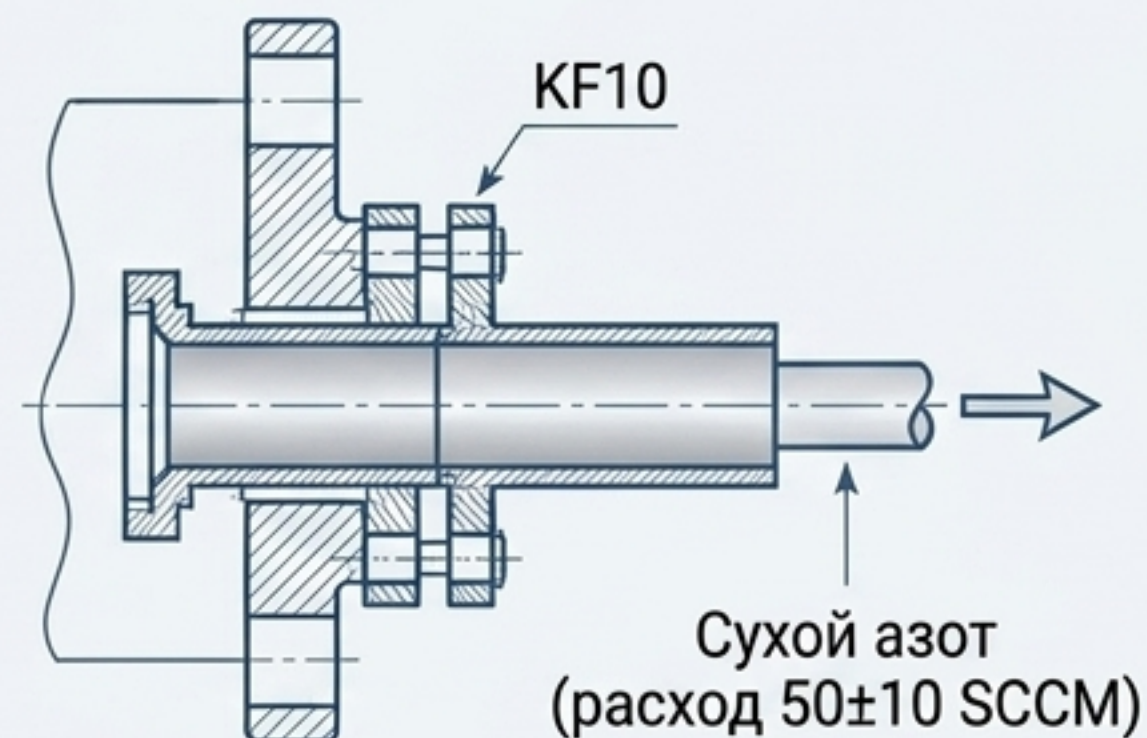
3. Включение системы TMS (Temperature Management System)

Техническая ремарка: Настоятельно рекомендуется использовать деионизированную очищенную воду для предотвращения коррозии магистралей и засорения фитингов.

Система управления температурой (TMS) предотвращает конденсацию продуктов процесса внутри насоса за счет замкнутого цикла регулирования.



Интеграция продувки (Purge)

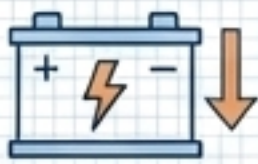


Симбиоз нагрева стенки и продувки инертным газом защищает лопадки от осаждения и коррозии при CVD/PVD процессах.

Отсутствие механического трения обеспечивает разгон МТР-2201 до 27 000 об/мин за 8 минут и управляемое торможение.



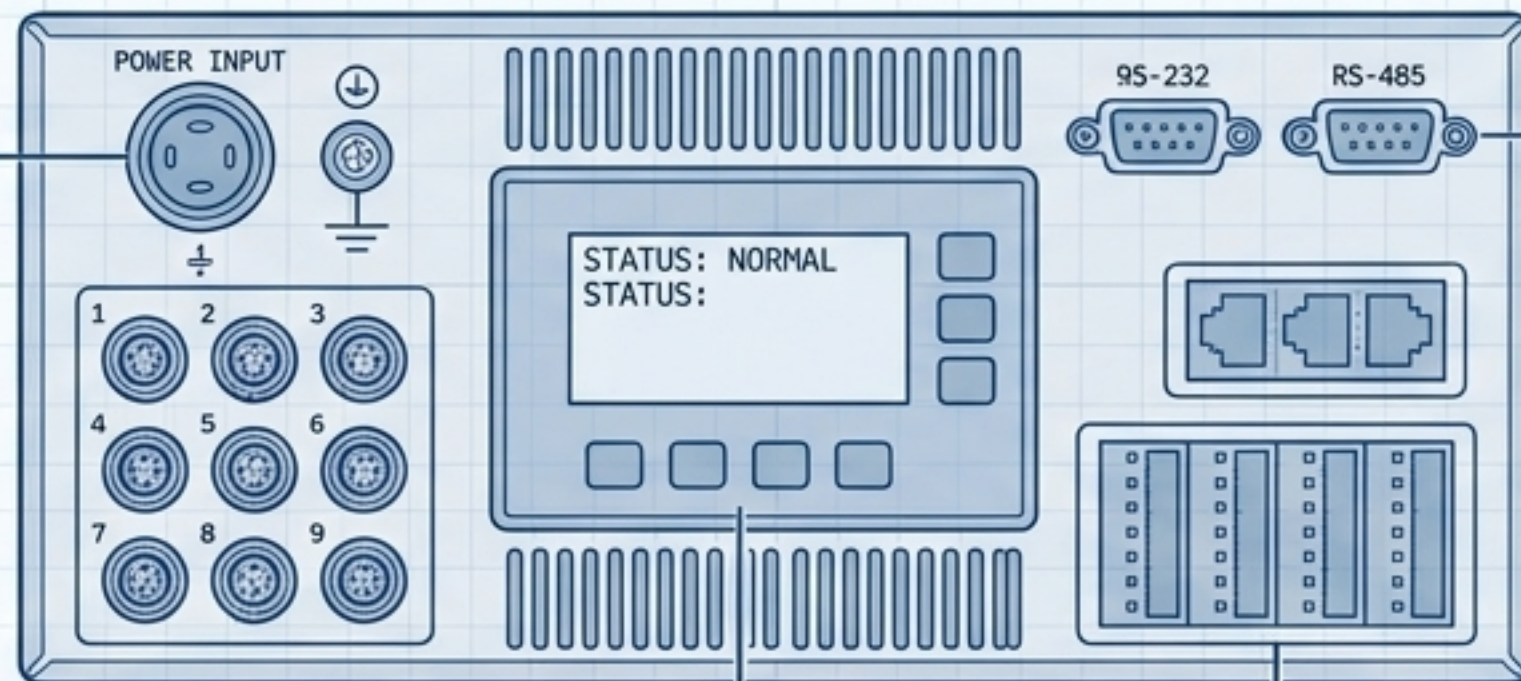
Аппаратные защиты контроллера непрерывно диагностируют состояние системы для предотвращения катастрофических отказов.

	Триггер (Событие)	Действие контроллера (Реакция)
	Сбой магнитного подвеса (потеря связи с датчиком / падение тока)	Обесточивание двигателя, перехват ротора аварийными подшипниками.
	Перегрев насоса или электроники	Блокировка работы, выдача сигнала Fault на сигнальное реле.
	Перегрузка двигателя (прорыв атмосферы в вакуумную камеру)	Ограничение тока, инициация цикла безопасного выбега.
	Превышение скорости (over-speed)	Принудительное электродинамическое торможение.
	Падение напряжения питания	Использование кинетической энергии ротора (режим генератора) для питания магнитного подвеса до полной остановки.

Платформа МТР обеспечивает интеграцию в промышленные АСУ ТП через стандартизированные аналоговые и цифровые интерфейсы.

Питание (POWER)

Однофазное 220 В ($\pm 20\%$).
Энергопотребление:
макс. 1200 ВА (без TMS) /
1500 ВА (с TMS).



Сеть (COMMUNICATIONS)

Интерфейсы RS-232 и
независимый RS-485.
Оptionальная поддержка
Modbus, Profibus, EtherCAT.

Локальное управление

Дисплей и функциональные
клавиши на лицевой панели
для прямого программирования.

Сигнальные реле (REMOTE)

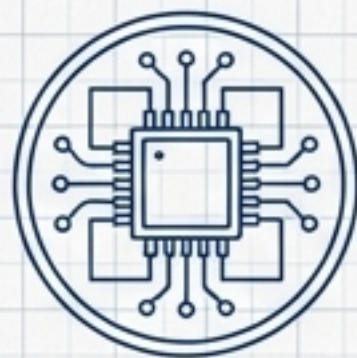
Вывод аналоговых статусов:
«Норма», «Сбой», «TMS
включена», «Достижение
заданных оборотов».

Выбор магнитного подвеса исключает риск углеводородного загрязнения и полностью устраняет регламент по замене смазки.

Параметр		МТР-2201 (Магнитный подвес)	Механические подшипники
1	Износ ротора в рабочем режиме	Отсутствует (нет физического контакта)	Присутствует (трение керамических шариков)
2	Смазочные материалы	Полностью отсутствуют	Требуется вакуумное масло или консистентная смазка
3	Передача вибраций на камеру	Экстремально низкая	Умеренная или высокая
4	Техническое обслуживание	Редкая диагностика электроники контроллера	Плановая замена подшипников и чистка масла
5	Начальная стоимость внедрения	Высокая (из-за DSP и катушек подвеса)	Умеренная

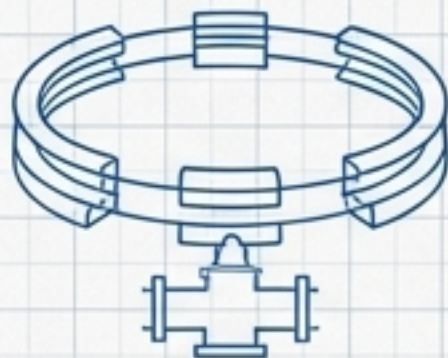
Магнитный подвес является стандартом для чистых сред, а фокус индустрии смещается к сложным алгоритмам терморегуляции и балансировки.

Сферы применения MTP-2201



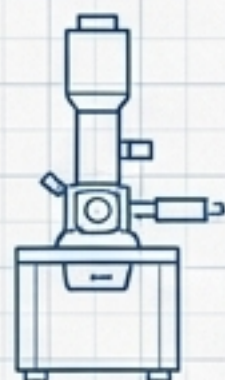
Полупроводники

Травление и CVD/PVD
(интеграция TMS и продувки азотом)



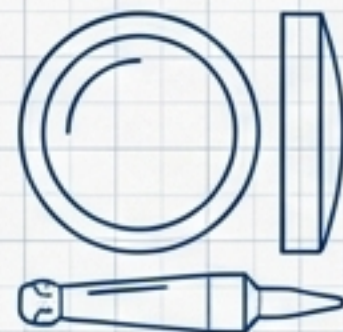
Наука

Ускорители частиц и UHV
(сверхвысоковакуумные) камеры



Аналитика

Электронная микроскопия
и масс-спектрометрия
(нулевые вибрации).



Покрyтия

Оптические и износостойкие
пленки

Векторы развития индустрии (Патентный ландшафт)



Примечание: Отраслевые патентные направления отражают общий академический ландшафт магнитно-левитирующих роторов и не являются спецификацией модели MTP-2201.

Корректный заказ системы на базе МТР-2201 требует оценки параметров тракта и состава откачиваемого газа.

[]

Выбран оптимальный входной фланец: ISO200F или ISO250F.

[]

Обеспечена скорость форвакуумного насоса не менее 1300 л/мин.

[]

Спроектирован подвод магистрали деионизированной охлаждающей воды.

[]

Проверена химическая совместимость газов и добавлена опция TMS.

[]

Запланирован подвод сухого азота (KF10) для системы продувки (Purge).

[]

Выбран протокол интеграции контроллера в АСУ ТП (RS-485, Modbus, Profibus).

LeakLab

Инженерный аудит вакуумных проектов