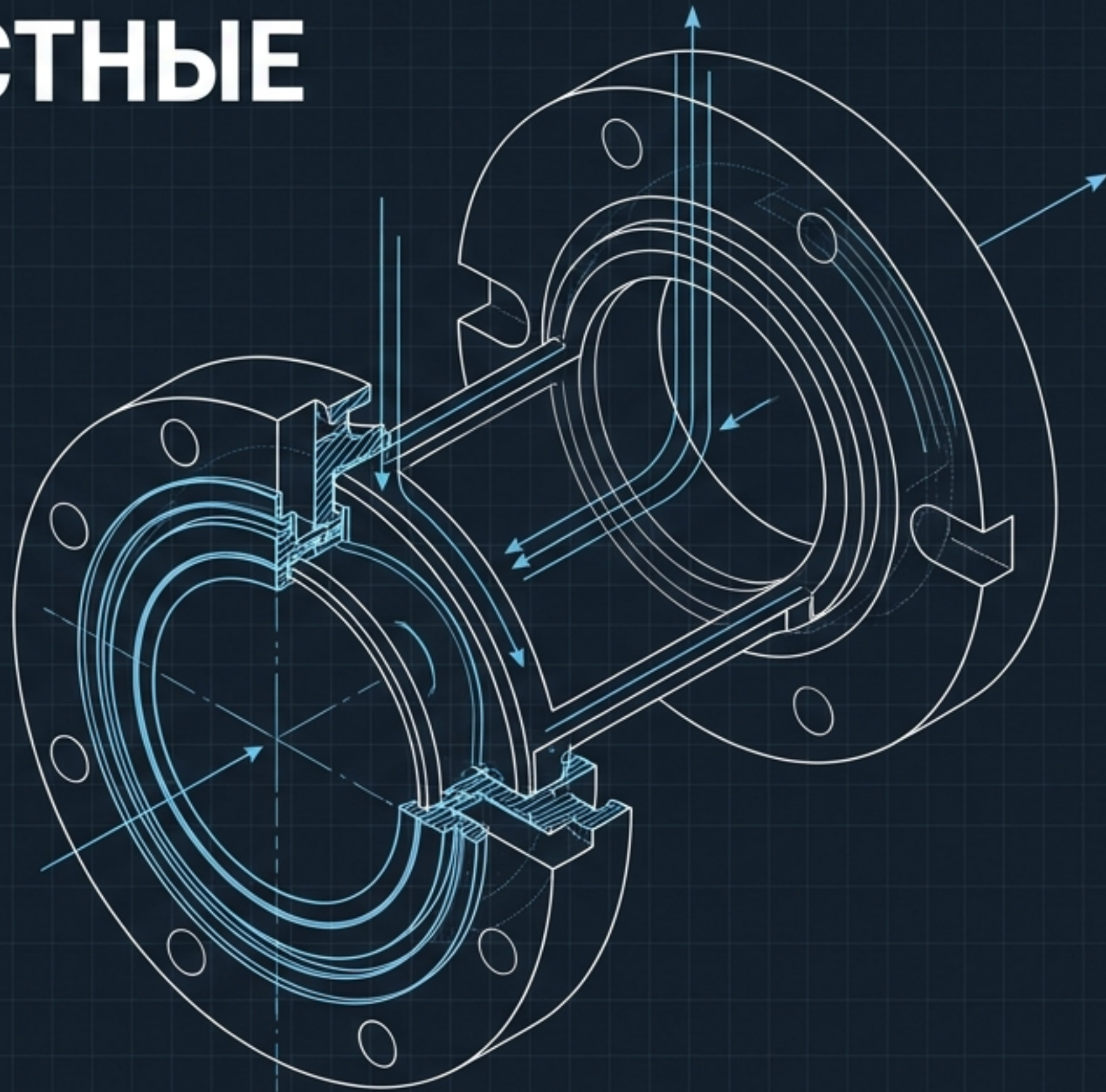


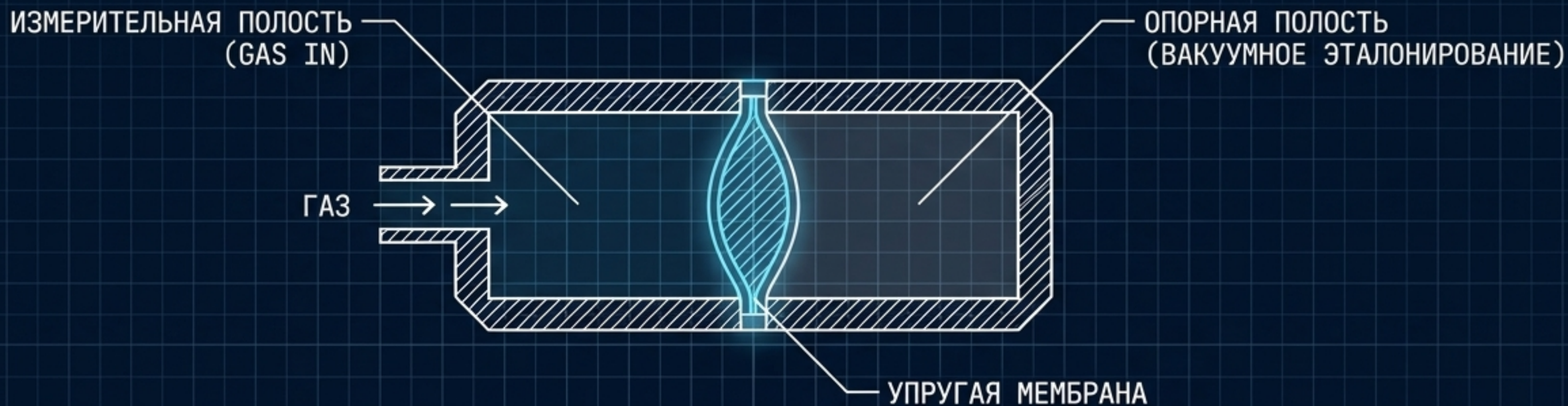
МЕМБРАННО-ЕМКОСТНЫЕ ВАКУУММЕТРЫ КУКУ КУМ-240

Руководство по интеграции,
физика процесса
и инженерные пределы.

> ОТ МЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕМБРАНЫ
ДО АРХИТЕКТУРЫ ВАКУУМНЫХ СИСТЕМ.



Фундаментальный принцип CDG



Механика: Упругая мембрана разделяет измерительную и опорную полости. Разность давлений вызывает строго прогнозируемый механический прогиб.



Абсолютное давление: Опорная полость герметизирована в условиях глубокого вакуума (вакуумное эталонирование). Измерение ведется относительно абсолютного нуля.

АБСОЛЮТНАЯ ГАЗОНЕЗАВИСИМОСТЬ.

В отличие от тепловых и ионизационных датчиков, сигнал CDG зависит только от физической силы, приложенной к мембране. Состав, теплопроводность и вероятность ионизации газа не имеют значения.

Трансформация: от давления к вольтам

Шаг 1: Механическая деформация.



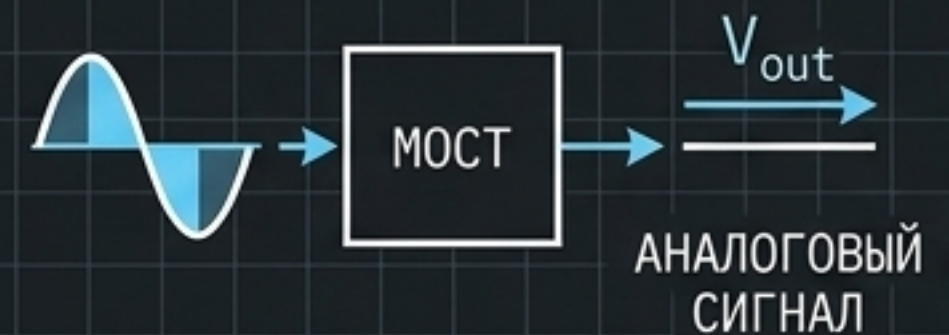
Прогиб определяется геометрией, модулем упругости, остаточными напряжениями и граничными условиями.

Шаг 2: Изменение емкости.



Мембрана и неподвижные электроды образуют конденсатор. Изменение зазора экспоненциально меняет емкость.

Шаг 3: Емкостный мост.



Измерительная цепь преобразует дельту емкости в аналоговый сигнал.

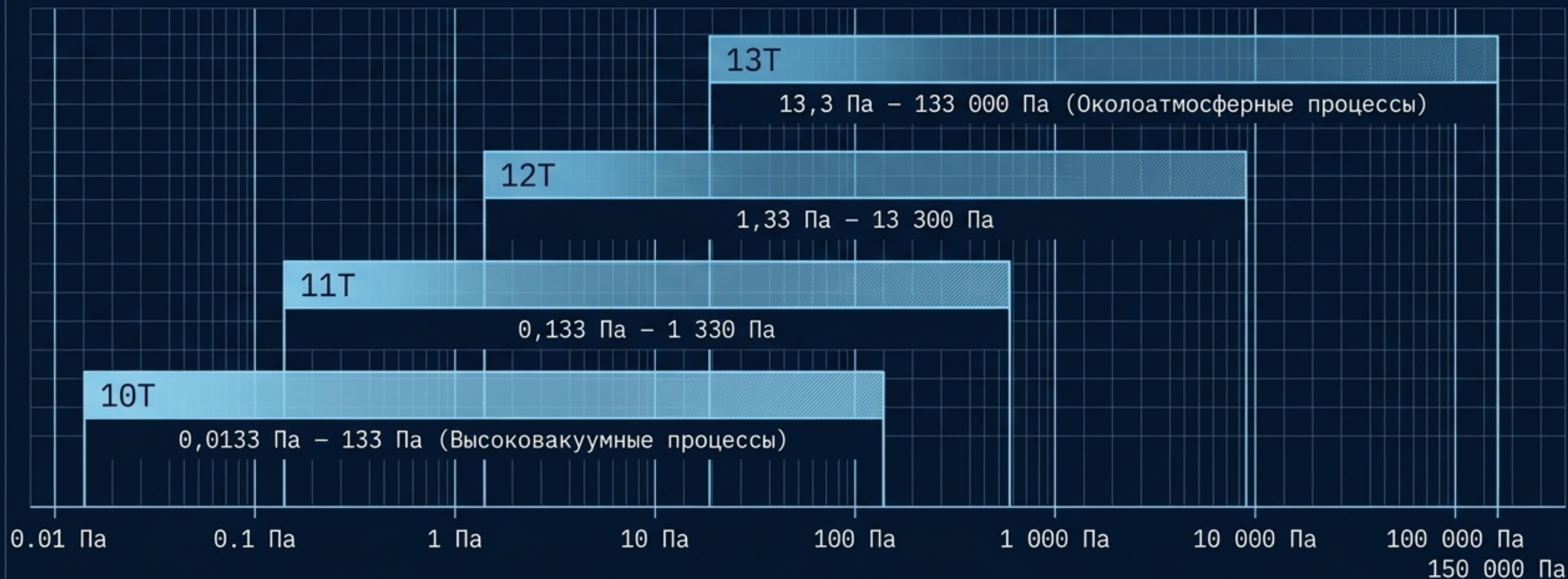
МОДЕЛЬ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Итоговый сигнал подвержен:

- 1) нулевому сдвигу,
- 2) температурным коэффициентам,
- 3) влиянию гравитации (ориентация),
- 4) нелинейности моста.

Архитектура диапазонов: семейство КУМ-240

ВНИМАНИЕ: КУМ-240 – это семейство приборов. Не существует единого CDG, перекрывающего весь диапазон. Модель подбирается строго под рабочий процесс.



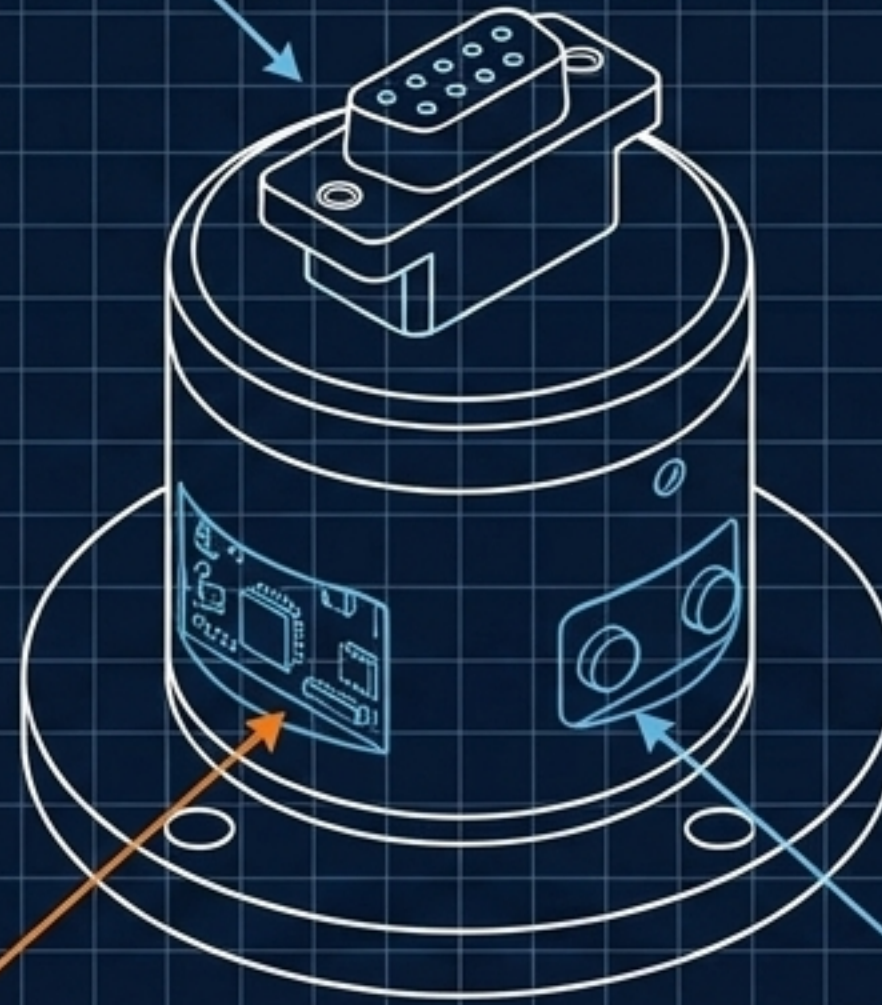
Электрическая интеграция и аппаратные интерфейсы

ИНТЕРФЕЙС:

Аналоговый выход от $-0,1$ В до $+10,5$ В (строго пропорционально давлению). Стандартный разъем DB9.

ВАКУУМНЫЙ ПОРТ:

Фланец KF16.



⚠ ПИТАНИЕ:

14–30 В постоянного тока. Критическое требование: пульсации (V_{pp}) $\leq 0,5$ В.

УПРАВЛЕНИЕ:

Аппаратные кнопки Zero и Span на корпусе для цифровой подстройки базы и диапазона.

Метрология: Класс точности vs Расширенная неопределенность

СПЕЦИФИКАЦИЯ ПРИБОРА



Класс точности: 0,5

Погрешность показаний не более 0,5%.

Важно: Заявленная точность характеризует прибор в изолированных, идеальных лабораторных условиях.

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС



- Не путать класс точности отдельного датчика с расширенной неопределенностью (Uncertainty) всей вакуумной системы.
- КУМ-240 поставляется как прецизионный технологический индикатор/контроллер.
- Не является средством измерений утвержденного типа (СИ) или государственным первичным эталоном по умолчанию. Любые протоколы калибровки – только по спецзаказу.

Корректная процедура установки базовой линии (Zeroing)



Суть проблемы

Ноль должен устанавливаться при давлении, которое существенно ниже нижнего предела измерений выбранной модели (например, < 0.001 Па для модели 10T).

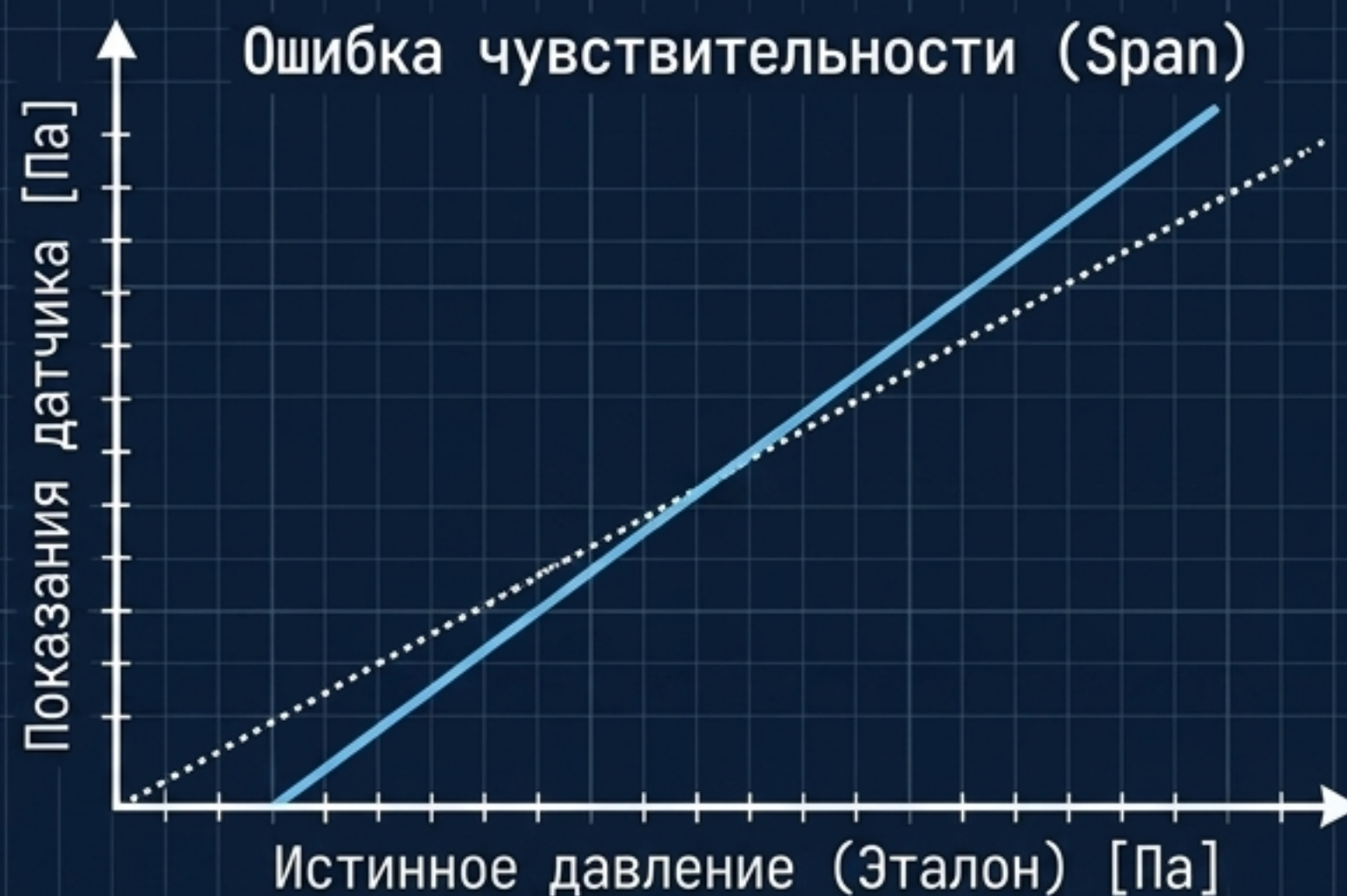
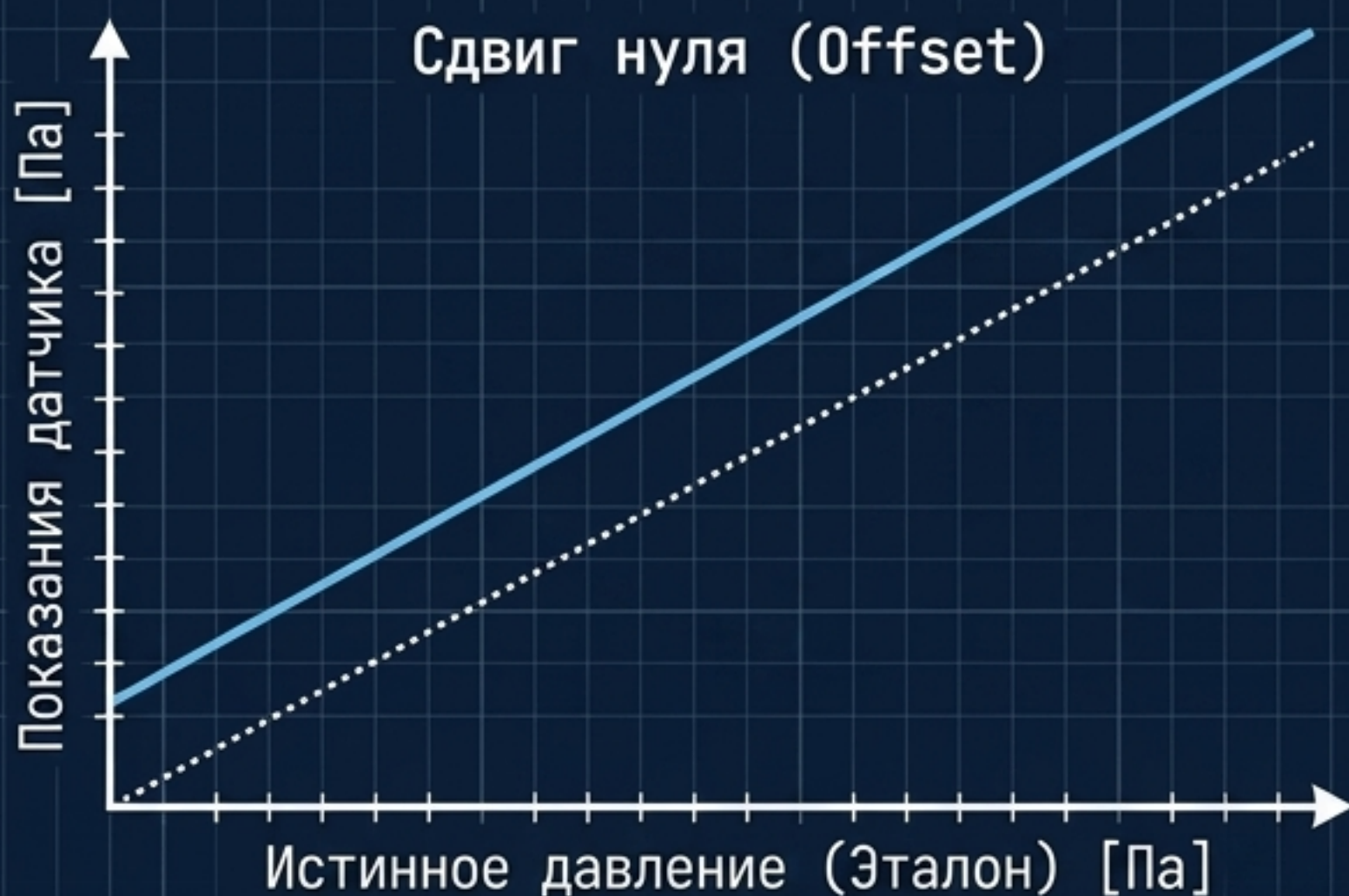
Ошибка базового вакуума

Использование насоса с недостаточным предельным вакуумом заставит датчик принять реальное остаточное давление за смещение нуля.

Фактор времени

После вентиляции, механического перемещения или перепада температур требуется время на термическую и механическую релаксацию мембраны. Кнопка «Zero» нажимается только на плато.

Многоточечная калибровка: за пределами кнопки «Ноль»



ФУНКЦИЯ КНОПКИ: Установка нуля корректирует смещение графика (offset), но не проверяет коэффициент чувствительности (span) и нелинейность моста.

Ключевые параметры контроля многоточечной калибровки:

1. Жесткая фиксация температуры и пространственной ориентации.
2. Шаги «вверх» и «вниз» по давлению для выявления механического гистерезиса.
3. Сравнение с прецизионным эталоном (поршневой манометр или CDG высшего класса).

Физика пределов: Эффект тепловой транспирации



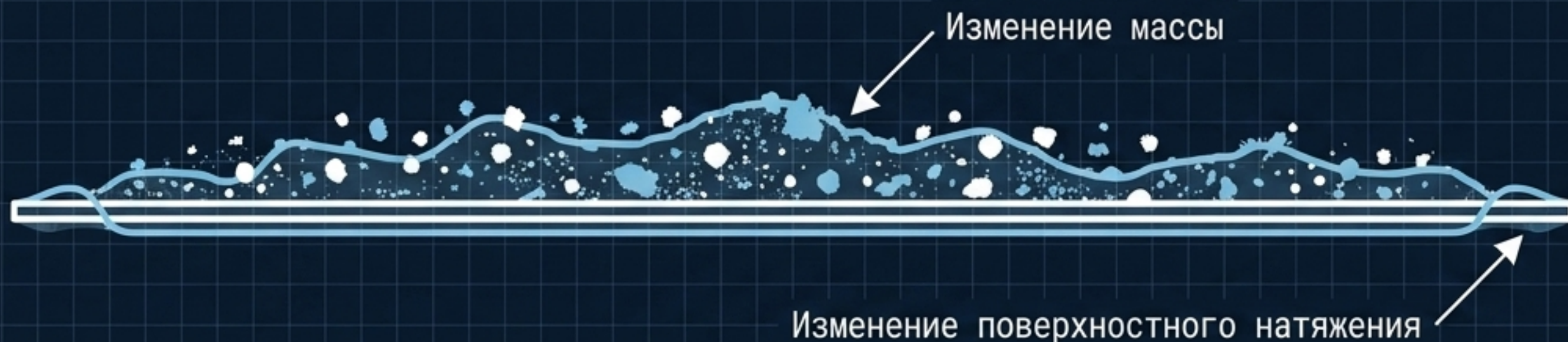
СУТЬ ЯВЛЕНИЯ:

В молекулярном режиме течения газа (глубокий вакуум), если температура датчика (T_1) отличается от температуры камеры (T_2), в соединительной линии возникает физическая разница давлений. Датчик измеряет давление P_1 , которое не равно давлению в камере P_2 .

ИНЖЕНЕРНОЕ РЕШЕНИЕ:

- Минимизировать длину и капиллярные сужения соединительной линии.
- Измерять температуры обеих зон.
- Выждать газодинамическое равновесие.
- Применять математические поправки.

Физика пределов: Деградация от технологической среды



Механизм деградации

Осаждение паров или микрочастиц на мембрану изменяет ее массу, поверхностные напряжения и условия теплообмена.

Механическая чистота мембраны — залог сохранения класса точности 0,5.

Симптомы

- Постоянный дрейф нуля, рост гистерезиса, необратимая потеря чувствительности.

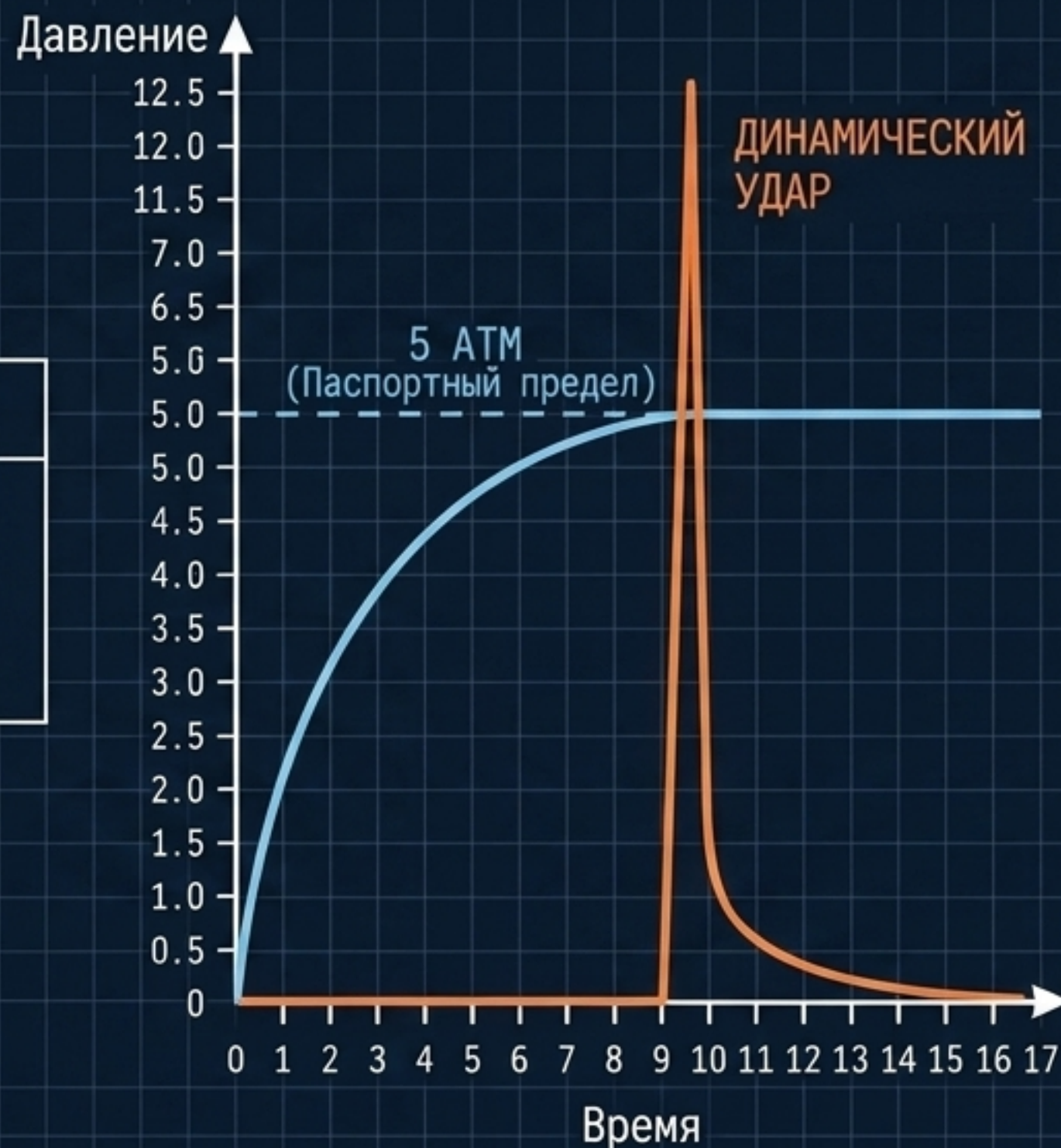
Меры защиты

- Пространственная ориентация (монтаж фланцем вниз).
- Установка оптических баффов и ловушек для защиты от конденсата.
- Продувка (purging) магистрали химически нейтральным газом перед вентиляцией.

Устойчивость к перегрузкам: Скрытые угрозы

ПАСПОРТНЫЙ ПРЕДЕЛ:

Допускается
статическая
перегрузка
давлением до 5 атм.



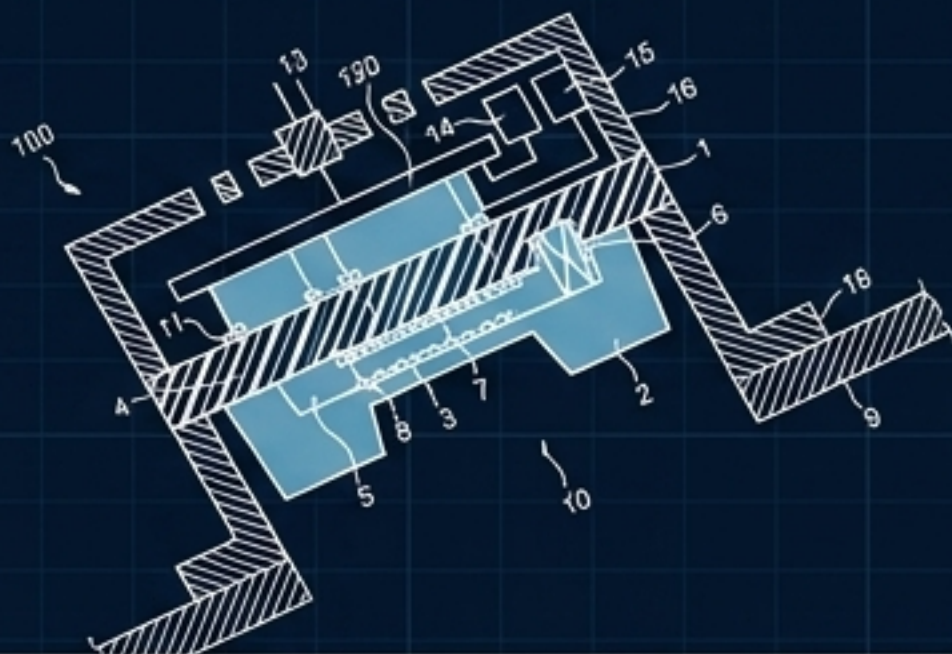
ЧЕГО НЕ ПОКРЫВАЕТ ЭТА ЦИФРА (Риски разрушения):

- **Динамический удар:** Внезапное открытие магистрального клапана на атмосферу вызывает пневмо- или гидроудар, мгновенно деформирующий мембрану.
- **Термический шок:** Резкие скачки температуры газа вне допустимого рабочего диапазона.
- **Агрессивная химия:** Работа с галогенами и плазмой, разрушающими материал мембраны и сварные швы на атомарном уровне.

Вектор развития: Электроника и DSP (Патенты США)

Контекст: Данные документы демонстрируют эволюцию электронной обвязки CDG в отрасли (не являются прямым описанием функций КУМ-240).

Патент US7841239B2



Аппаратная компенсация влияния перепадов атмосферного давления и температуры среды на паразитную деформацию внешнего корпуса датчика.

Патент US6910381B2

ELECTROSTATIC CAPACITANCE
PIEZORESISTIVE VACUUM GAUGE AND
VACUUM PROCESSING APPARATUS

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

The present invention relates to an electrostatic capacitance piezoresistive vacuum gauge and vacuum processing apparatus.

2. Description of the Related Art

The electrostatic capacitance piezoresistive vacuum gauge is a device for measuring the pressure of a vacuum by measuring the change in electrostatic capacitance of a piezoresistive element.

The electrostatic capacitance piezoresistive vacuum gauge is a device for measuring the pressure of a vacuum by measuring the change in electrostatic capacitance of a piezoresistive element. The piezoresistive element is a thin film of a piezoresistive material, such as silicon, which is deposited on a substrate and patterned into a desired shape. The piezoresistive element is connected to a bridge circuit, and the change in its resistance is measured by the bridge circuit. The change in resistance is proportional to the change in electrostatic capacitance, which is in turn proportional to the pressure of the vacuum.

The piezoresistive element is a thin film of a piezoresistive material, such as silicon, which is deposited on a substrate and patterned into a desired shape. The piezoresistive element is connected to a bridge circuit, and the change in its resistance is measured by the bridge circuit. The change in resistance is proportional to the change in electrostatic capacitance, which is in turn proportional to the pressure of the vacuum.

to improve the accuracy of pressure measurement, elimination of an error in pressure measurement caused by thermal expansion is sought.

The distortion caused by the difference in coefficient of thermal expansion between the insulating substrate 2 and conductive electrode 3 depending on the atmospheric pressure is measured and corrected.

As described above, the evidence of the reference electrostatic capacitance is measured and corrected by the reference electrostatic capacitance.

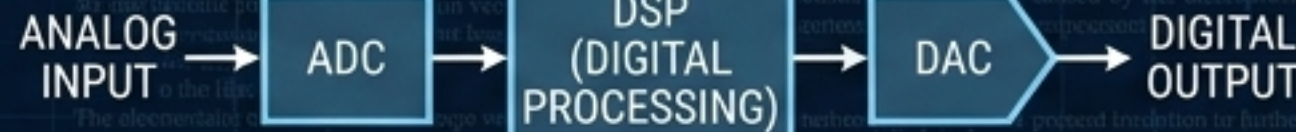
As described above, the evidence of the reference electrostatic capacitance is measured and corrected by the reference electrostatic capacitance.

As described above, the evidence of the reference electrostatic capacitance is measured and corrected by the reference electrostatic capacitance.

As described above, the evidence of the reference electrostatic capacitance is measured and corrected by the reference electrostatic capacitance.

As described above, the evidence of the reference electrostatic capacitance is measured and corrected by the reference electrostatic capacitance.

As described above, the evidence of the reference electrostatic capacitance is measured and corrected by the reference electrostatic capacitance.



Переход к цифровой обработке сигналов (DSP). Внедрение программного термостатирования, цифровой линейаризации моста и автоматического контроля нуля на лету.

Вектор развития: Механика и Геометрия (Патенты КНР)



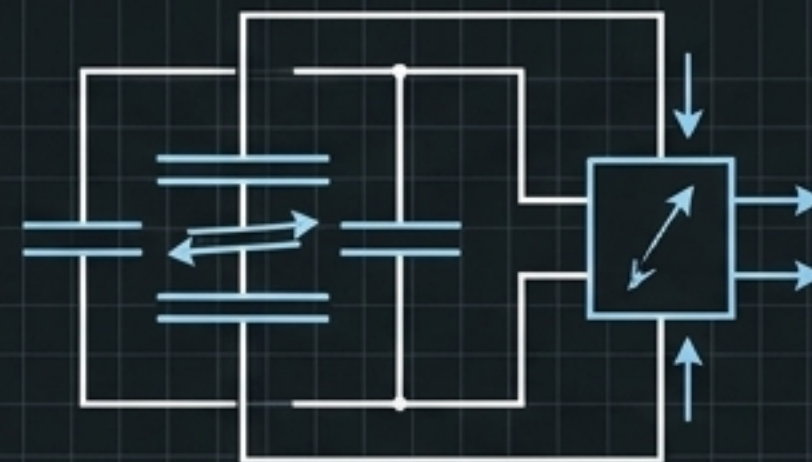
CN116818181A (Геометрия)

Поиск идеальной структуры измерительной и опорной полостей для создания максимально стабильного емкостного зазора.



CN114459670B (Чувствительность)

Архитектура параллельных упругих мембран для кратного увеличения чувствительности и расширения нижнего предела измерений.



CN115540916B (Помехозащищенность)

Дифференциальная емкостная схема с активным подавлением синфазных помех (температурных градиентов и монтажных механических напряжений).

Инженерный Чек-лист: Выбор и Интеграция CDG

- ☐ Выбор диапазона: Рабочее давление процесса не должно находиться на самом нижнем краю шкалы (выберите правильное исполнение от 13T до 10T).
- ☐ Оценка среды: Риск конденсации, присутствие частиц, химическая агрессивность газа.
- ☐ Магистраль: Оценка объема, длины и газодинамического сопротивления соединительной линии.
- ☐ Питание: Обеспечение стабилизированного источника 14–30 В с низкими пульсациями ($< 0,5$ В).
- ☐ Размещение: Выбор пространственной ориентации (фланцем вниз от частиц) и контроль градиента температур с камерой.
- ☐ Метрология: Требуется ли прослеживаемая калибровка для конкретного технологического процесса?

Инжиниринг и поддержка поставок: LeakLab

Роль лаборатории:

Эксперты LeakLab помогают подобрать исполнение КУМ-240 точно под рабочий диапазон, спроектировать вакуумное присоединение и интегрировать аналоговый сигнал в систему АСУ ТП.

Техническая диагностика:

Помощь в корректной установке нуля, проверке отклика и аудите технологических загрязнений на производстве.

Предоставление калибровочных протоколов или иных метрологических документов осуществляется исключительно по отдельному запросу и согласованию для конкретной партии.

CONTACT_INFO

WEB: LeakLab.ru

EMAIL: info@leaklab.ru