PISONICS
precision beyond limits

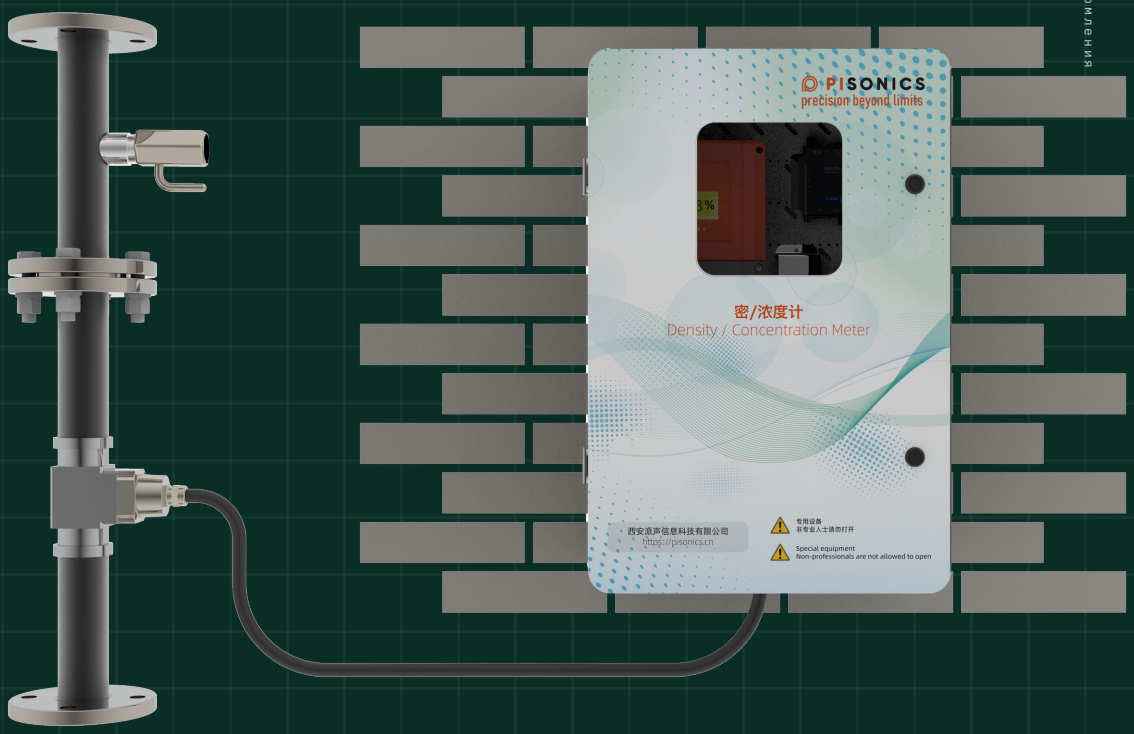
Серия PS7000 · Xi'an PISONICS

Ультразвуковой плотномер пульпы

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Без радиоактивного источника · Поточный контроль плотности пульп с газовыми пузырьками

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления



▲ PS7000 раздельного исполнения: фланцевый участок с датчиком и настенный корпус преобразователя

REVISION
Редакция B · 2026-09

WEB
pisonics.com / pisonics.cn

Содержание CONTENTS

Ультразвуковой плотномер пульпы серии PS7000 заменяет источник гамма-излучения алгоритмом акустического импеданса с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ, chirp) и обеспечивает непрерывное поточное измерение с погрешностью ±1 % в диапазоне массовой концентрации 0…80 %; весь сигнальный тракт специально рассчитан на работу в пульпе с газовыми пузырьками.

01 **Описание изделия** краткая сводка 03

02 **Основные технические преимущества** 04

03 **Принцип измерения** 06

04 **Стабильное измерение в пульпе с газом** 07

05 **Технические характеристики** 09

06 **Измерение и диагностика** 12

07 **Интерфейсы связи и выходы** 14

08 **Программное обеспечение и облачная платформа** 16

09 **Требования к пульпе и условиям процесса** 19

10 **Состав изделия и монтаж** 23

11 **Типовые применения** 26

12 **Выбор и заказные исполнения** 27

13 **Гарантия и сервис** 28

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

01 Описание изделия

Ультразвуковой плотномер пульпы серии PS7000 — поточный прибор нового поколения для контроля плотности пульпы без радиоактивного источника, разработанный Xi'an Pisonics (PISONICS). Источник гамма-излучения не применяется, поэтому не требуются радиационная защита и связанные с ней разрешительные процедуры, учёт и вывод источника из эксплуатации. Прибор предназначен для поточного контроля плотности пульпы в цветной металлургии, теплоэнергетике, углеобогащении, химии и металлургии, производстве калийных удобрений и солей. Собственный алгоритм анализа акустического импеданса с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ, chirp) обеспечивает непрерывное измерение с погрешностью ±1 % в диапазоне массовой концентрации 0…80 %.

В сравнении с традиционными одночастотными отражательными ультразвуковыми плотномерами главное свойство PS7000 — стабильность в пульпе с газовыми пузырьками: от широкополосного возбуждения, выделения признаков по IQ-стробу и подавления дрейфа по отношению двух стробов до статистической отбраковки выбросов и адаптивной фильтрации весь сигнальный тракт рассчитан на помехи от пузырьков, а газосодержание выражается диагностической величиной, которую можно считывать, передавать и использовать для сигнализации. Пять интерфейсов — 4–20 мА, RS485 Modbus-RTU, HART, 4G и Bluetooth — объединяют прибор, ПО для ПК и облачную платформу: поддерживаются удалённое конфигурирование, пошаговая автоматическая калибровка и обновление встроенного ПО по сети (OTA).

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

0…80 % диапазон (массовая концентрация)	**±1 %** погрешность (FS / массовая концентрация)	**≤1 Вт** потребляемая мощность	**DN50…1000** условный проход (больше — по заказу)
0 радиоактивных источников · без радиоизотопов	**5** параллельных интерфейсов связи	**0…100** диагностический индекс газосодержания	**IP65** степень защиты (Ex-исполнение — опция)

> Без радиоактивного источника — значит без радиационного риска и без затрат на лицензирование, учёт, ежегодные проверки и вывод источника из эксплуатации.

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

02 Основные технические преимущества

Технология / особенность	Ценность для заказчика
Алгоритм акустического импеданса с ЛЧМ	проникает через слой пузырьков и подавляет многократные отражения, восстанавливая истинную плотность двухфазной смеси
Без радиоактивного источника	не нужна защита от гамма-излучения; нет затрат на лицензирование, учёт, ежегодные проверки и вывод источника из эксплуатации
Неинтрузивный датчик	погружён в среду, но не выступает в поток; без подвижных частей, стойкий к коррозии, засорению и износу
Акустическое окно из сапфира	высокая чистота поверхности, износостойкость и долгий срок службы, малая склонность к отложениям; исполнение выбирается по коррозионным и абразивным свойствам среды
Фланцевый измерительный участок	монтаж на прямом участке; полное заполнение трубы не требуется (торец датчика должен всегда оставаться погружённым), возможно измерение малых количеств жидкости; заказная футеровка — для сильных кислот и щелочей и сильно абразивных сред
Два способа монтажа	монтаж на измерительном участке — без огневых работ, возможны заводская сборка и предварительная калибровка; приварной монтаж — без разрезки трубы, через отверстие в существующем трубопроводе. В обоих случаях преобразователь устанавливается отдельно на стене — вдали от вибрации трубопровода и теплового излучения, удобно для считывания и обслуживания
Четыре уровня защиты от пузырьков	широкополосное возбуждение + IQ-строб + статистическая отбраковка выбросов + адаптивная фильтрация — против завышения и скачков показаний в пульпе с газом; подавление дрейфа по отношению двух стробов — опция
Прослеживаемость газосодержания и дрейфа	индекс газосодержания, признак пузырьков, отношение двух стробов, энергия эха и другие диагностические величины передаются вместе с основной переменной — аномалии на объекте подтверждаются данными
Пять параллельных интерфейсов	2 × 4–20 мА + RS485 Modbus-RTU + HART + 4G + Bluetooth; РСУ / ПЛК, HART-коммуникатор, телефон и облако подключаются одновременно
Выход по NAMUR NE43	при неисправности — 3,5 мА (нижний аварийный уровень, заводская настройка), выход за диапазон — в полосах 3,8 / 20,5 мА: неисправность, выход за диапазон и нормальное измерение различимы в РСУ, исключается «нормальное на вид» показание неработающего прибора
Одинаковый алгоритм калибровки в приборе и в ПО для ПК	меню прибора и ПО для ПК дают одинаковые a, b и r^2 для одних и тех же точек калибровки — результат не зависит от инструмента

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

Технология / особенность	Ценность для заказчика
Калибровка без остановки процесса	многоточечная регрессия по отбору проб и взвешиванию с автоматической оценкой r²; калибровка, не прошедшая критерий, отклоняется и не записывается в прибор
Удалённое обновление встроенного ПО (OTA)	два раздела памяти, проверка CRC-32 и типа устройства; при прерванном обновлении сохраняется прежняя версия, калибровочные данные не затрагиваются
Взрывозащита / CE	Ex d IIC T6 Gb — опция; сертификат CE Европейского союза

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

03 Принцип измерения

ACOUSTIC IMPEDANCE

$$Z = \rho \times c$$

Z акустический импеданс ρ плотность среды c скорость звука

Когда ультразвуковая волна, распространяющаяся в среде, встречает границу твёрдое — жидкость, интенсивность эха определяется разностью акустических импедансов по обе стороны границы, а акустический импеданс напрямую связан с плотностью пульпы.

В PS7000 используется один датчик, работающий на излучение и приём: он непрерывно излучает ультразвуковые ЛЧМ-импульсы и в реальном времени принимает эхо; широкополосность ЛЧМ-сигнала позволяет проникать через слой пузырьков и подавлять помехи от многократных отражений, а преобразователь по алгоритму выделяет в эхе признаки акустического импеданса и восстанавливает истинную плотность пульпы.

Чем выше плотность пульпы, тем больше акустический импеданс и тем отчётливее признаки эха: поэтому при высоком содержании твёрдого PS7000 имеет даже лучшее отношение сигнал/шум — в отличие от методов на прохождение, которым нужно, чтобы сигнал прошёл через среду. Измерение отражательное, в одной точке, с коротким акустическим путём: оно не зависит от материала стенки трубы и толщины футеровки и не требует контактной акустической смазки.

01 ИЗЛУЧЕНИЕ

Широкополосный ЛЧМ-импульс

Один датчик на излучение и приём непрерывно излучает ЛЧМ-импульсы

02 ОТРАЖЕНИЕ

Эхо от границы твёрдое — жидкость

Интенсивность эха задаётся разностью импедансов на границе

03 АНАЛИЗ

От признаков импеданса к плотности

Широкая полоса проникает через слой пузырьков и подавляет многократные отражения

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · Характеристики могут быть изменены без уведомления

04 Стабильное измерение в пульпе с газом

Газовые пузырьки — самая частая причина отказа поточного измерения плотности пульпы: акустические импедансы газа и жидкости различаются очень сильно, поэтому в эхе возникают сильное рассеяние и многократные отражения, и традиционные одночастотные отражательные ультразвуковые приборы дают завышенные, скачущие показания или вовсе теряют сигнал. В PS7000 против этого действуют четыре уровня защиты — от излучения до выхода — и дополнительный уровень по выбору: подавление дрейфа по отношению двух стробов.

01 Широкополосное возбуждение	Рассеяние и резонанс на пузырьках сильно зависят от частоты, поэтому ЛЧМ-импульс, перекрывающий широкую полосу, не может погаснуть сразу на всех частотах. Преобразователь анализирует признаки эха в частотной области и отсеивает помехи от многократных отражений, вызванных пузырьками
02 Выделение признаков по IQ-стробу	Признаки эха выделяются комплексным методом IQ-строба вместо традиционного метода огибающей энергии: сохраняются амплитуда и фаза, выше устойчивость к шуму и дрейфу при резких провалах амплитуды из-за пузырьков
03 Отношение двух стробов (опция)	Отношение комплексных IQ-значений двух стробов, разнесённых на несколько периодов реверберации, исключает синфазные изменения амплитуды излучения, условий акустического контакта и усиления приёма и оставляет лишь коэффициент отражения границы, напрямую связанный с плотностью: общее ослабление из-за пузырьков в отношении в основном сокращается
04 Статистическая отбраковка выбросов	Выбросы исключаются внутри каждого кадра; доступны несколько стратегий, заводская настройка выбрана для типовых условий. Кадры, испорченные попаданием пузырька, отбрасываются до фильтра
05 Адаптивная фильтрация	Демпфирование / адаптивное демпфирование / фильтр Калмана / адаптивный фильтр Калмана — на выбор. В адаптивном режиме сглаживание усиливается при стабильном процессе, а при обнаружении реального скачка отслеживание ускоряется: так сочетаются устойчивость к пузырькам и быстрый отклик

Кроме того, прибор не прячет газовые пузырьки как шум, а выражает их количественно — технологической величиной, которую можно считывать и использовать:

- Индекс газосодержания (0...100) и признак пузырьков выдаются вместе с основной переменной, передаются в РСУ по Modbus и могут служить условием сигнализации на облачной платформе.
- Индекс газосодержания показывает, насколько сильно пузырьки мешают измерению в данной точке в данный момент. Он определяется по стабильности самого процесса измерения, а не по абсолютной силе сигнала, и позволяет отличить реальный рост концентрации от кажущегося, вызванного газом.

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

- ПО для ПК показывает временную форму эха и её спектр синхронно, что позволяет определить источник газа на объекте (кавитация на всасе насоса, аэрация, вскипание за клапаном, неполное заполнение трубы и т. п.) и подтвердить аномалию данными.

> **Примечание:** PS7000 рассчитан на стабильное измерение в пульпе с газовыми пузырьками, а не на точное определение плотности при любом содержании газа. В точках с сильным и постоянным захватом газа — сильная кавитация на всасе насоса, место прямо над аэратором — показание следует оценивать вместе с индексом газосодержания, а точку измерения предпочтительно перенести на вертикальный участок или на нагнетательную линию насоса, где газа меньше.

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

05 Технические характеристики

Измерение

Модель	серия PS7000 (ультразвуковой, акустический импеданс)
Принцип измерения	ультразвуковой метод акустического импеданса с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ); один датчик на излучение и приём, отражательный
Измеряемая среда	двухфазные пульпы твёрдое — жидкость (рудная, зольная, угольная, известняковая пульпа, солевые растворы и др.); пузырьки газа допускаются
Диапазон измерений	0…80 % (массовая концентрация), калибровка под среду
Погрешность	±1 % FS; ±1 % по массовой концентрации
Основная переменная	плотность (г/см³ или кг/м³), массовая концентрация, объёмная концентрация, градусы Боме, содержание твёрдого (г/л)
Диагностические величины	индекс газосодержания (0…100) и признак пузырьков, энергия эха, качество сигнала, температура датчика, слово состояния неисправностей

Питание и условия эксплуатации

Питание	220 В перем. тока (широкий диапазон 100…240 В перем. тока, 50/60 Гц) или 24 В пост. тока; оба варианта стандартные
Потребляемая мощность	≤ 1 Вт
Температура окружающей среды	–30…+60 °C
Температура среды	стандартное исполнение 0…80 °C; высокотемпературное — 120 °C (указывается при заказе)
Номинальное давление	1,6 МПа (более высокое давление — по согласованию для условий применения)
Относительная влажность	≤ 98 %, без конденсации

Конструкция и монтаж

Условный проход	DN50…DN1000 (больше — по заказу)

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

Монтаж	на измерительном участке (заказной фланцевый участок, врезаемый в трубопровод) или приварной (в существующей трубе сверлится отверстие Ø60 мм и приваривается бобышка); в обоих случаях преобразователь устанавливается отдельно на стене
Кабель датчика	стандартно 5 м (иная длина — по заказу)
Конструкция датчика	неинтрузивная: сапфировое акустическое окно погружено в среду, но не выступает в поток; высокая чистота поверхности
Футеровка (опции)	ПТФЭ / резина / керамика (по условиям применения)

Измерение температуры и аналоговый выход

Измерение температуры	температура датчика — PT1000 (22-битное Σ-Δ-преобразование, диагностика обрыва и короткого замыкания) и цифровой датчик температуры на плате
Аналоговый выход	4–20 мА × 2, по NAMUR NE43; выходная величина, границы диапазона, поправочные коэффициенты и ток неисправности настраиваются для каждого канала отдельно

Связь

Цифровая связь	RS485 Modbus-RTU, адрес ведомого 1...247, скорость 1200 / 2400 / 4800 / 9600 / 19200 / 38400 / 57600 / 115200 бит/с (заводская 57600), дальность ок. 500 м
HART	ведомое устройство HART 5, Bell 202 FSK (1200 бит/с) поверх токовой петли 1 (4–20 мА)
Bluetooth	Bluetooth 5.4 BLE; текущие показания и полная настройка параметров с телефона или планшета
Удалённая передача	4G / DTU с подключением к облачной платформе Pisonics (опция)
Полевая шина	Profibus-DP (опция)

Управление, калибровка и данные

Индикация и управление	OLED-дисплей, двуязычное меню (китайский / английский), ИК-пульт; выносной цифровой индикатор (опция)
Калибровка на объекте	многоточечная линейная регрессия Y = aX + b, до 20 точек; при 3 точках и более результат автоматически проверяется по критерию $r^2 \geq 0{,}8$; выполняется без остановки процесса

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

Заводская калибровка	40 независимых наборов калибровки, в каждом до 16 точек концентрации × 15 точек температуры; хранятся во Flash-памяти и сохраняются при отключении питания
Хранение данных	360 архивных записей в приборе (период записи настраивается, заводской 20 мин ≈ 5 суток); после подключения к облачной платформе телеметрия хранится 90 суток
Обновление встроенного ПО	OTA с двумя разделами: проверка CRC-32 всего образа и типа устройства; при сбое автоматически сохраняется прежняя версия; поддерживается удалённое обновление из облака

Защита, сертификация и габариты

Степень защиты	IP65
Взрывозащита	Ex d IIC T6 Gb (опция, указывается при заказе)
Сертификация	CE Европейского союза (сертификат прилагается к поставке)
Корпус преобразователя	400 (Ш) × 400 (В) × 180 (Г) мм
Масса преобразователя	ок. 15 кг

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

06 Измерение и диагностика

Возможность	Описание
Настраиваемые параметры излучения	частота излучения, длительность импульса, число периодов излучения и усиление приёма настраиваются на объекте под диаметр трубы, среду и датчик — это позволяет охватить широкий диапазон DN50…DN1000
Выделение признаков по IQ-стробу	по умолчанию признаки эха выделяются методом IQ-строба с сохранением амплитуды и фазы, что даёт более высокую устойчивость к шуму и дрейфу, чем традиционный метод огибающей энергии; метод огибающей энергии также доступен
Подавление дрейфа по отношению двух стробов	отношение комплексных IQ-значений двух стробов, разнесённых на несколько периодов реверберации, исключает синфазный дрейф амплитуды излучения, условий акустического контакта и усиления приёма и оставляет лишь коэффициент отражения границы; аргумент отношения также передаётся и служит для анализа температурного дрейфа акустического пути на объекте
Поточная диагностика газосодержания	непрерывно выдаются индекс газосодержания 0…100 и признак пузырьков — вместе с основной переменной, с передачей в РСУ по Modbus; они позволяют отличить реальное изменение концентрации от кажущегося роста из-за газа
Отбраковка выбросов	доступны несколько стратегий отбраковки выбросов; заводская настройка выбрана для типовых условий
Фильтрация выхода	демпфирование / адаптивное демпфирование / фильтр Калмана / адаптивный фильтр Калмана — на выбор; в адаптивном режиме сила сглаживания подстраивается под уровень возмущений
Температурная компенсация	калибровочная таблица включает температурную ось (до 15 точек температуры на каждую точку концентрации) — двумерная калибровка в реальном времени; дополнительно может включаться линейная компенсация по температуре окружающей среды (платы)
Интервал измерения и демпфирование	интервал измерения и демпфирование выхода задаются независимо и настраиваются под требуемое быстродействие контура регулирования

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

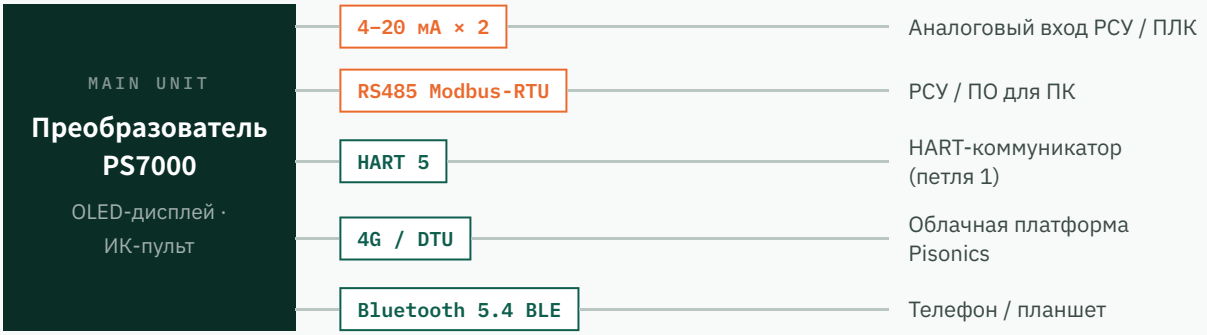
Возможность	Описание
Полная самодиагностика	самотестирование при включении (передаётся результат инициализации каждого модуля) и контроль в работе: отказ датчика температуры, недействительные калибровочные данные, ошибка калибровки, недостаточно данных, чрезмерные колебания измерения, контроль аналогового выхода обратным чтением (ошибка объединяется с битом ошибки записи выхода), прослеживание перезапусков по сторожевому таймеру — биты состояния передаются вместе с результатом измерения; энергия эха и качество сигнала выдаются параллельно для оценки на объекте

Диагностические величины, выдаваемые вместе с основной переменной

- Индекс газосодержания 0...100
- Признак пузырьков
- Энергия эха
- Качество сигнала
- Температура датчика
- Слово состояния неисправностей

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

07 Интерфейсы связи и выходы



Интерфейс	Характеристики
RS485 / Modbus-RTU	стандартный промышленный интерфейс. Адрес ведомого 1…247, восемь скоростей от 1200 до 115200 бит/с, дальность ок. 500 м; поддерживаются функции работы с регистрами 03 / 04 / 06 / 16 / 17 / 23; катушки и дискретные входы не отображаются
Три параллельных ведомых канала	RS485, 4G/DTU и Bluetooth работают как независимые ведомые устройства Modbus: РСУ, облачная платформа и телефон подключаются одновременно, не мешая друг другу
Самоописывающие регистры	блок настроек связи содержит регистр базового адреса, а блок архива — регистр ёмкости, поэтому ПО для ПК и РСУ автоматически адаптируются к развитию карты регистров, и после обновления встроенного ПО перенастройка не требуется
HART	ведомое устройство HART 5, Bell 202 FSK поверх петли 1 (4–20 мА). Реализованы команды 0 / 1 / 2 / 3 / 6 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18 / 19 / 48; PV — основная переменная, SV — температура датчика; тег, дескриптор, сообщение и номер сборки доступны для чтения и записи и сохраняются
Bluetooth BLE	Bluetooth 5.4; после включения прибор ведёт вещание под именем, равным номеру устройства. Текущие показания, настройка параметров и калибровка на объекте выполняются с телефона или планшета — ноутбук и преобразователь интерфейса на объекте не нужны
Profibus-DP	полевая шина (опция) для РСУ / ПЛК в сети Profibus; указывается при заказе

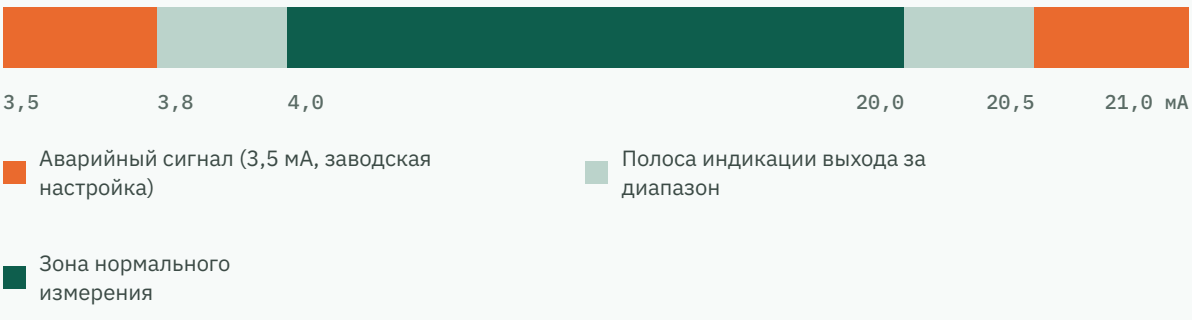
PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

Интерфейс	Характеристики
Удалённый доступ по 4G	подключение к облачной платформе Pisonics по TCP через 4G DTU; адрес и порт облачного сервера записываются из ПО для ПК (через последовательный порт или Bluetooth) и вступают в силу после автоматического перезапуска модуля — вскрывать корпус для перенастройки не нужно

Аналоговый выход	
Аналоговый выход	2 × 4–20 мА; выходная величина каждого канала выбирается независимо (основная переменная / температура датчика / энергия эха); значения для 4 и 20 мА и поправочные коэффициенты a и b задаются независимо
Ток неисправности	по NAMUR NE43. Для каждого канала: 3,5 мА (нижний аварийный уровень NE43) / 21 мА (верхний аварийный уровень NE43) / 4 мА / 20 мА / удержание последнего значения; заводская настройка — 3,5 мА: так же, как при обрыве кабеля или потере питания, что даёт единое толкование на объекте и гарантирует распознавание неисправности в РСУ
Индикация выхода за диапазон	если измеренное значение выходит за диапазон, соответствующий 4–20 мА, ток не ограничивается на границе, а продолжает изменяться до 3,8 / 20,5 мА — границ полосы допустимых измерений NE43. Приёмная сторона различает «ровно на границе диапазона» и «уже за диапазоном», и ни то ни другое не путается с уровнем неисправности
Коррекция выхода	Y = aX + b — отдельно для основной переменной и для каждого из двух токовых выходов; настраивается на объекте из меню ИК-пульта, из ПО для ПК или по Bluetooth

Токовые полосы NAMUR NE43

Неисправность, выход за диапазон и нормальное измерение в РСУ однозначно различимы (схематично, без масштаба)



PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

08 Программное обеспечение и облачная платформа

PS7000 поставляется с трёхуровневой системой — прибор, ПО для ПК и облачная платформа, — использующей единый набор регистров Modbus, поэтому на объекте, в офисе и при удалённом доступе работа ведётся с одними и теми же данными.



ПО для ПК

Функция	Описание
Операционные системы	Windows / Linux / macOS; среда выполнения входит в комплект, установка Java не требуется. Поставляется в портативной версии и в виде установщика
Подключение	напрямую через последовательный порт (RS485) или к прибору на объекте через удалённый шлюз облачной платформы Pisonics
Текущие и архивные данные	панель текущих данных; страница архива — тренды и показатели (среднее, максимум, минимум, стандартное отклонение, число отсчётов), экспорт в CSV
Диагностика сигнала	временная форма эха и спектр на одном экране; ось X — номер отсчёта или время, ось Y — исходное значение или напряжение; спектральный анализ выбранного участка; импорт готовых файлов сигнала для просмотра без подключения
Настройка параметров	настройки измерения, параметры сигнала и возбуждения, системные настройки, калибровочные данные и настройки облачного сервера редактируются в графическом виде

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

Функция	Описание
Пошаговая автоматическая калибровка	оценка стабильности в реальном времени → автоматическое исключение отсчётов вне полосы → сбор по точкам → линейная регрессия → оценка r^2 → запись одним нажатием с проверкой обратным чтением. Алгоритм идентичен меню прибора и даёт те же a, b и r^2 для того же набора точек калибровки
Регрессионный анализ	R^2, скорректированный R^2, F-статистика, p-значение, стандартные ошибки коэффициентов и 95 %-ные доверительные интервалы, RMSE / MAE / MAPE / CV%, остатки, леверидж и расстояние Кука, доверительные и прогнозные полосы; выбросы отмечаются автоматически, отчёт об анализе экспортируется
Языки интерфейса	упрощённый китайский / английский / русский, переключение без перезапуска; тёмная тема

Облачная платформа Pisonics · cloud.pisonics.com

Функция	Описание
Управление устройствами	реестр устройств, статус связи, последнее измеренное значение и версия встроенного ПО; офис производителя может экспортировать отфильтрованный список устройств в CSV
Данные и тренды	текущая телеметрия и архивные тренды; один запрос охватывает не более 30 суток и возвращает не более 3000 точек — сверх этого результат усекается, о чём сообщает интерфейс. Телеметрия хранится в облаке 90 суток, журналы аудита и сеансов — 180 суток
Плановый сбор данных	облако автоматически опрашивает каждое устройство (по умолчанию каждые 60 с; активное время суток и дни недели настраиваются, функция включается производителем). Поддерживаются также плановые чтения пользовательских регистров (фиксированный интервал / в начале часа / ежедневно в заданное время, с пользовательским декодированием)
Бюджет трафика	месячный бюджет трафика с наследованием по четырём уровням — устройство → учётная запись владельца → вышестоящий агент → глобальное значение по умолчанию; при превышении опрос приостанавливается, расходы на 4G остаются под контролем
Сигнализация	сигнализация перехода онлайн/офлайн и выхода измеренного значения за пределы — только при смене состояния, без лавины сообщений; письма направляются владельцу и его агенту по принадлежности устройства, вся цепочка фиксируется в журнале аудита

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

Функция	Описание
Права доступа	четыре роли для устройства — владелец / агент / оператор / наблюдатель (только чтение); иерархическое управление учётными записями и самостоятельное делегирование прав заказчиком
Удалённое обновление встроенного ПО	новая версия передаётся через удалённый шлюз с проверкой CRC-32 всего образа, записью в два раздела и сверкой версии после перезапуска; на время обновления прочие сеансы отклоняются, область калибровочных данных не затрагивается
Арбитраж сеансов	одновременно допускается только один сеанс ПО для ПК на устройство, с аутентификацией по билету (в пределах срока действия билет используется повторно для автоматического переподключения); активный сеанс защищён, вытеснить его может только клиент с более высоким приоритетом
Языки портала	упрощённый китайский / английский / испанский / португальский / русский
Мобильный доступ	портал клиента открывается в мобильном браузере (в настольной раскладке); доступен клиент для Android (раздел загрузок на сайте), клиенты для iOS и мини-программы WeChat запланированы

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

09 Требования к пульпе и условиям процесса

PS7000 измеряет акустический импеданс на границе между торцом датчика и пульпой. Поэтому достоверность показаний зависит от одного: представляет ли слой пульпы, соприкасающийся с торцом датчика, пульпу, которая реально течёт по трубе. Приведённые ниже условия следует проверить по пунктам при выборе и монтаже. Особо отметим: если большинство этих условий не выполняется, прибор не сообщает о неисправности, а выдаёт правдоподобное, но систематически смещённое показание. Это справедливо для любого поточного плотномера независимо от принципа измерения, поэтому условия процесса так же важны, как выбор прибора.

9.1 Свойства пульпы

Параметр	Требование
Гранулометрический состав	рекомендуемая массовая доля класса −200 меш (−75 мкм) — не менее 65 %. Мелкие частицы достаточно малы по сравнению с длиной ультразвуковой волны, и пульпа ведёт себя как акустически однородная среда: акустический импеданс однозначно соответствует средней объёмной плотности. Потери на рассеяние растут пропорционально кубу диаметра частиц (при удвоении диаметра рассеяние возрастает примерно в 8 раз), поэтому крупные частицы определяют рассеяние даже при небольшой массовой доле. Именно поэтому ограничение задаётся долей мелкого класса, а не средним размером частиц
Крупные твёрдые включения	пульпа не должна содержать крупных твёрдых включений — обломков мелющих шаров и футеровки, гальки, щебня; выше по потоку следует установить сетку или решётку. Такие включения повреждают акустическое окно ударами и дают непредсказуемые эхосигналы на акустическом пути
Газ	рассеянные пузырьки допускаются: прибор продолжает измерять и параллельно выдаёт индекс газосодержания. Не допускается покрытие торца датчика сплошной газовой фазой (газовая плёнка, газовый мешок, пустая труба). Применимость для конкретных условий с газом оценивает производитель по представленным параметрам процесса
Стабильность твёрдой фазы	плотность твёрдой фазы и гранулометрический состав должны быть в основном стабильны. После смены источника руды, марки, рецептуры или технологического потока обязательна повторная калибровка; при чередовании нескольких сред можно использовать отдельные наборы калибровки
Отложения и плёнкообразование	среда не должна быть склонна к сильным отложениям, интенсивной кристаллизации или образованию плёнки: такие среды образуют налёт на торце датчика и перекрывают путь отражения на границе

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

Параметр	Требование
Волокна и длинные включения	волосы, волокна, обрывки пластика и другие наматывающиеся примеси следует задерживать сеткой выше по потоку, чтобы не забивался измерительный участок
Температура среды	стандартное исполнение 0…80 °C, высокотемпературное — 120 °C (указывается при заказе). В любом исполнении рабочая температура должна лежать в интервале, охваченном калибровочной таблицей, и меняться плавно. За пределами откалиброванного интервала прибор экстраполирует по крайнему отрезку, и погрешность не контролируется
Коррозия и абразивный износ	материалы смачиваемых частей и футеровка (ПТФЭ / резина / керамика) выбираются по среде. Для выбора нужны химический состав, содержание Cl^-, pH и описание абразивности
Магнитные свойства и электропроводность	без ограничений. Метод акустического импеданса — чисто акустический и не зависит от магнитной проницаемости и электропроводности среды, поэтому прибор применим, например, для магнетитовых тяжелосредных суспензий и других сред с магнитными материалами
Вязкость	для высоковязких сред для оценки нужна зависимость вязкости от температуры

9.2 Условия течения и монтажа

Параметр	Требование
Погружение датчика	торец датчика при любых режимах, включая остановку насосов, промывку, перерывы между партиями и низкий уровень, должен на 100 % контактировать с жидкой фазой. Полное заполнение трубы не требуется, но торец датчика должен при любых режимах оставаться погружённым в жидкость
Непрерывность потока	поток в точке измерения должен быть непрерывным. При остановке насоса пульпа оседает на месте, показание медленно растёт и выглядит необычно ровным; такие данные не отражают процесс. Рекомендуется разрешать показание в РСУ по сигналу работы насоса
Минимальная скорость	не ниже критической скорости осаждения для данного диаметра и плотности твёрдой фазы (см. 9.3). При недостаточной скорости пульпа расслаивается — сверху разбавленная, снизу плотная, — и акустический путь видит только пристенный слой
Максимальная скорость	рекомендуется $\leq$ 5 м/с — для ограничения эрозионного износа измерительного участка и акустического окна

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

Параметр	Требование
Ориентация	предпочтителен вертикальный монтаж с восходящим потоком. На горизонтальной заполненной трубе датчик располагается сбоку, на высоте оси трубы, вдали от осадка на дне и газа вверху; на горизонтальной частично заполненной трубе — в нижней половине боковой стенки, на 30°...60° ниже горизонтальной оси, с углом, выбранным по минимальному рабочему уровню (верхний край отверстия не менее чем на 50 мм ниже него), и выше слоя донного осадка. Запрещается установка в наивысшей точке трубопровода, в верхней точке опуска и в любом месте, где газ может войти, но не может выйти: там скапливается газ и образуется газовый мешок. В наивысшей точке трубопровода следует установить автоматический воздухоотводчик
Прямой участок	≥ 10D до точки измерения и ≥ 5D после неё (D — диаметр трубы) — как для вертикального, так и для горизонтального монтажа; при ограниченном месте — не менее 5D до и 3D после. Точка измерения должна находиться вдали от напорных патрубков насосов, арматуры, отводов и переходов
Монтаж заподлицо	торец датчика должен находиться строго заподлицо с внутренней стенкой трубы, без выступания и заглубления: выступающий торец изнашивается неравномерно, в углублении скапливается осадок
Источники захвата газа	выше по потоку не должно быть разбрызгивания и свободного падения струи, аэрации или окислительного воздуха, падения жидкости в ёмкость, пульсаций мембранного насоса, подсоса воздуха при разрежении, переключения параллельных насосов
Вибрация и пульсации	место установки не должно подвергаться сильной вибрации и гидроударам; колебания температуры окружающей среды должны быть умеренными, прямой солнечный свет следует исключить
Точка отбора проб	точка отбора проб для сравнения и калибровки должна находиться непосредственно рядом с датчиком. При удалённой точке отбора транспортное запаздывание ошибочно принимается за погрешность прибора

9.3 Ориентир по минимальной скорости (критическая скорость осаждения)

Минимальная скорость, при которой пульпа не оседает, определяется диаметром трубы и плотностью твёрдой фазы и растёт пропорционально квадратному корню из диаметра и квадратному корню из (относительной плотности твёрдой фазы − 1). Приведённые ниже значения рассчитаны по корреляции Дюрана и служат ориентиром при выборе точки измерения. Это собственное свойство трубопроводной системы, не зависящее от принципа измерения: если пульпа расслоилась, ни один поточный плотномер не даст представительного показания.

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления



Примечание: Оценка при объёмной концентрации 15 % и крупности −200 меш; на практике рекомендуется запас 10 % к табличной скорости, для более крупных частиц скорость должна быть выше. Значение «> 1 м/с» в руководстве по эксплуатации относится к наиболее благоприятному сочетанию — малый диаметр, мелкие частицы, обычная плотность твёрдого — и не должно применяться как общее. На вертикальном нисходящем участке скорость должна, кроме того, превышать скорость всплытия пузырьков (порядка 0,3 м/с), иначе пузырьки не уносятся потоком.

9.4 Толкование аномальных режимов на объекте

Ни одна из трёх ситуаций ниже не вызывает кода неисправности прибора, но у каждой есть характерный признак, позволяющий быстро найти проблему в процессе:

Наблюдение	Наиболее вероятная причина
Показание резко падает и долго держится у нижней границы диапазона	торец датчика покрыт сплошной газовой фазой (газовый мешок, пустая труба) либо точку измерения промывают чистой водой. Акустический импеданс газа близок к нулю, граница близка к полному отражению, эхо — полной амплитуды
Показание медленно и монотонно растёт и в итоге «застывает» на верхней границе диапазона, необычно стабильное	торец датчика погребён под шламовой коркой или слоем отложений, путь отражения на границе перекрыт. Самый трудно распознаваемый отказ: тренд выглядит необычно «ровным»
Показание в целом завышено, колебания заметно усилились	в пульпе рассеянные пузырьки (подсос воздуха выше по потоку, газовые пробки при пуске насоса). Индекс газосодержания растёт одновременно и служит перекрёстным признаком

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

10 Состав изделия и монтаж

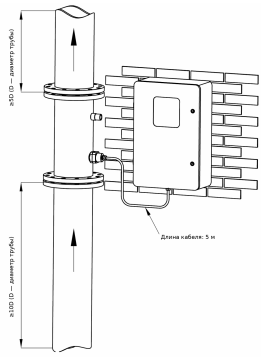
Изделие состоит из корпуса преобразователя плотномера (внутри — основной блок управления, OLED-дисплей и кабельные вводы), ультразвукового датчика с монтажными деталями, выносного индикатора (опция) и ИК-пульта. Преобразователь и датчик соединяются специальным экранированным кабелем стандартной длины 5 м.

Преобразователь всегда устанавливается отдельно — на стене или стойке, в месте, удобном для наблюдения и обслуживания. Так он находится вдали от вибрации трубопровода, теплового излучения и промывочной воды, а персоналу не нужно подниматься на высоту или подходить к трубопроводу, чтобы считывать показания и настраивать прибор. Для датчика предусмотрены два способа монтажа:

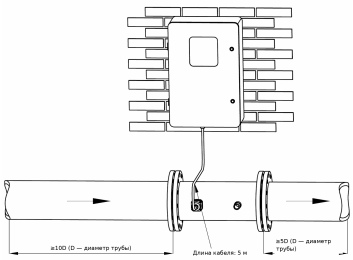
Способ монтажа	Порядок и применение
Монтаж на измерительном участке	датчик заранее установлен в заказном фланцевом измерительном участке, который фланцами врезается в технологический трубопровод (стандарт фланцев — ANSI / DIN / JIS по выбору). Положение торца датчика заподлицо с внутренней стенкой участка обеспечивается на заводе, возможна предварительная заводская калибровка; огневые работы на объекте не нужны. Для новых трубопроводов, существующих разъёмных участков и случаев, требующих специальной футеровки. Рекомендуется вертикальный монтаж с восходящим потоком
Приварной монтаж	в существующей трубе сверлится отверстие Ø60 мм и приваривается бобышка; датчик устанавливается в бобышку через корпус датчика и соединитель корпуса. Разрезать трубу и добавлять участок не нужно — объём переделки минимален. Для магистральных трубопроводов большого диаметра, существующих трубопроводов, которые трудно разобрать, и случаев, когда нежелательны дополнительные фланцевые соединения. Отверстие и сварка должны обеспечить положение торца датчика заподлицо с внутренней стенкой трубы

Требования к прямому участку, скорости, погружению датчика и ориентации для обоих способов одинаковы (см. главу 09).

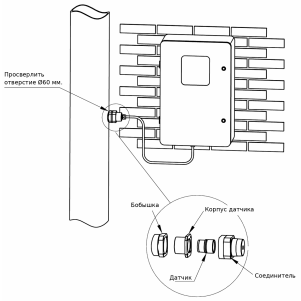
PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления



Вертикальный монтаж



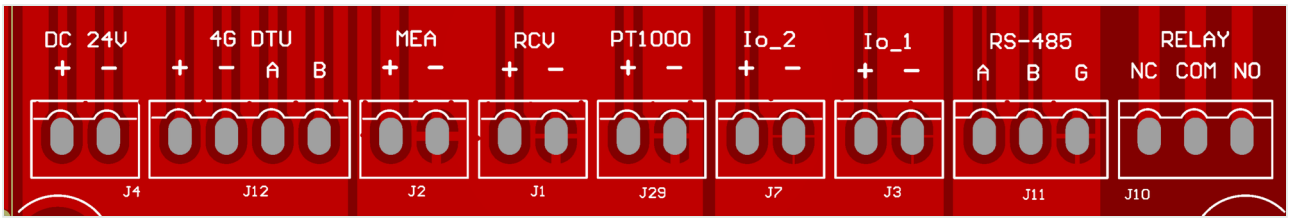
Горизонтальный монтаж



Приварной монтаж

▲ Схемы монтажа: на трубопроводе — вертикально (рекомендуется) / на трубопроводе — горизонтально / приварной монтаж

Электрическое подключение



▲ Назначение клемм (маркировка на плате, слева направо)

Клемма	Маркировка	Назначение
J4	**DC 24V + −**	вход питания постоянного тока
J12	**4G DTU + − A B**	питание и связь модуля 4G / DTU (опция)
J2	**MEA + −**	сигнал ультразвукового датчика
J1	**RCV + −**	в стандартной конфигурации с одним датчиком не используется (вход приёмного датчика в конфигурации с двумя датчиками «излучатель — приёмник»)
J29	**PT1000 + −**	термопреобразователь сопротивления датчика
J7	**Io_2 + −**	выход 2, 4–20 мА
J3	**Io_1 + −**	выход 1, 4–20 мА (на эту петлю накладывается HART)
J11	**RS-485 A B G**	Modbus-RTU: A — плюс, B — минус, G — земля
J10	**RELAY NC COM NO**	клеммы реле
—	**N L**	ввод сети 220 В перем. тока (не в этом ряду: крайние справа клеммы нижнего ряда)

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

Сигнальный кабель датчика (MEA) и кабель температуры (PT1000) нельзя путать местами; у обоих прозрачная жила подключается справа, экран — слева. Клеммы вставляются до упора для надёжного контакта. Нагрузочный резистор петли HART — 230…500 Ом.

Указания по монтажу

- Место установки — без сильной вибрации, с малыми колебаниями температуры окружающей среды, удобное для монтажа и обслуживания.
- Рекомендуется вертикальный монтаж с восходящим потоком; скорость должна превышать критическую скорость осаждения для данного диаметра и плотности твёрдой фазы (см. 9.3; для малых диаметров и мелких частиц — порядка > 1 м/с). Следует избегать малых скоростей и застоя: частицы оседают и расслаиваются, что ухудшает точность и стабильность показаний.
- Если горизонтальный монтаж неизбежен, пульпа в точке измерения должна быть представительной, без расслоения и стабильной, а скорость — также не ниже критической скорости осаждения; на заполненной трубе датчик располагается сбоку, на высоте оси трубы, чтобы избежать и донного осадка, и скопления газа вверху; высота установки на частично заполненной трубе — по 9.2 («Ориентация»).
- Точка измерения должна находиться вдали от насосов и местных сопротивлений (арматура, отводы); прямой участок — ≥ 10D до и ≥ 5D после (при ограниченном месте не менее 5D и 3D).
- Калибровка на объекте выполняется методом отбора проб и взвешивания, без остановки процесса. Перед калибровкой проверяется: датчик полностью погружён (на частично заполненной трубе — при нормальном рабочем уровне), колебания расхода ≤ ±5 %, в системе нет воздуха, температура стабильна, торец датчика чистый.

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · Характеристики могут быть изменены без уведомления

11 Типовые применения

Пульпы цветной металлургии

концентрация питания и хвостов обогатительной фабрики, плотность во флотации, разгрузка сгустителя и выход гидроциклона, плотность в цикле измельчения, концентрация пульпы на выходе закладочного комплекса хвостохранилища

Очистка дымовых газов ТЭС

приготовление известняковой суспензии, выгрузка гипсовой суспензии из абсорбера сероочистки, колонна AFT для обработки высококонцентрированной суспензии, разгрузка сгустителя стоков сероочистки

Уголь и углеобогащение

плотность тяжелосредной суспензии (определяет плотность разделения), концентрация шламовой воды, разгрузка сгустителя, водоугольное топливо

Сероочистка и коксохимия в чёрной металлургии

плотность суспензии сероочистки на агломерации, окомковании и коксохимии; концентрация шлама газоочистки OG конвертера

Гидрометаллургия и рафинирование

концентрация продуктивного раствора выщелачивания (PLS), рафината и католита электроэкстракции — в переделах меди / кобальта / никеля / лития

Химия и тонкая химия

извлечение калия из рассолов солёных озёр, двухфазные потоки при выпаривании и кристаллизации, кислоты, щёлочи и поглотительные растворы, концентрация пульпы в реакторах

Дноуглубление

плотность пульпы в пульповодах фрезерных, самоотвозных и песчаных земснарядов; вместе с расходомером — текущая производительность по сухому (т/ч) и раннее предупреждение о закупорке насоса

Тоннелестроение (щиты с гидропригрузом)

сравнительное измерение плотности в линиях подачи и отвода суспензии — для контроля равновесия давления в забое и оценки эффективности отделения грунта

Целлюлозно-бумажная промышленность

масса низкой (LC) и средней (MC) концентрации, концентрация чёрного щёлока на выходе выпарки, концентрация щёлочи в белом щёлоке после каустизации

Водоподготовка и осадки

разгрузка сгустителя, циркуляционный контур метантенка, плотность осадка на входе обезвоживающей установки; концентрация хлопьев и оптимизация дозы коагулянта на водопроводных станциях

Цементирование скважин

поточная плотность смешанного цементного раствора для автоматического дозирования в замкнутом контуре смесительной установки

Условия, не указанные выше

требуются состав среды, гранулометрический состав, температура, диаметр и скорость; производитель оценит применимость и способ калибровки.

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

12 Выбор и заказные исполнения

PS7000 допускает нестандартный диапазон, специальную футеровку (ПТФЭ / резина / керамика), стандарт фланцев (ANSI / DIN / JIS), заказную длину кабеля датчика, взрывозащищённое исполнение (Ex d IIC T6 Gb), выносной индикатор и удалённую передачу по 4G. Каждый прибор до отгрузки калибруется под конкретные свойства твёрдой фазы и среды. На объекте из меню ИК-пульта, ПО для ПК или по Bluetooth настраиваются адрес устройства, скорость связи, выходная величина, значения для 4 и 20 мА, поправочные коэффициенты a и b, демпфирование измерения и границы диапазона.

- Нестандартный диапазон
- Футеровка: ПТФЭ / резина / керамика
- Фланцы: ANSI / DIN / JIS
- Длина кабеля датчика
- Ex d IIC T6 Gb
- Выносной индикатор
- Удалённая передача по 4G

Поточные плотномеры и концентратомеры Pisonics

Модель	Принцип измерения	Типовое применение
PS7000	**ультразвук · акустический импеданс**	плотность пульп с газом и высоким содержанием твёрдого (рудные пульпы, суспензии сероочистки)
PS7010	ультразвук · акустическое затухание	накладной монтаж без врезки в трубу; модернизация существующих трубопроводов
PS7020	ультразвук · скорость звука	анализ концентрации чистых жидкостей (пищевая промышленность, пивоварение, сахар)
PS7400	вибрационный камертон	чистые жидкости, кислоты и щёлочи в химии, точки измерения в ёмкостях
PS7200	Кориолис	высокоточная плотность чистых жидкостей / коммерческий учёт
PS7300	перепад давления	плотность в магистралях большого диаметра (DN200 и более)
PS7100 / 7110	оптический (спектральный / рефрактометрический)	многокомпонентный и высокоточный анализ концентрации
PS7600	СВЧ	плотность / концентрация водных суспензий

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · характеристики могут быть изменены без уведомления

13 Гарантия и сервис

Гарантийный срок на основной блок прибора составляет двенадцать месяцев, на ремонт и техническое обслуживание — шесть месяцев с даты отгрузки. Гарантия распространяется на первоначального покупателя у изготовителя или на пользователей, получивших прибор через уполномоченного дилера, и не распространяется на повреждения вследствие неправильного применения, переделки, небрежности или аварии, а также эксплуатации вне установленных условий. Неисправные приборы в течение гарантийного срока ремонтируются бесплатно; следует обратиться в сервисную службу с описанием неисправности. Для приборов, подключённых к облачной платформе Pisonics, доступны также удалённая диагностика и обновление встроенного ПО по сети.

PISONICS
precision beyond limits

Xi'an Pisonics Information Technology Co., Ltd. PISONICS

ТЕЛ.
+86 159 0293 2017

E-MAIL
info@pisonics.com

САЙТ
www.pisonics.com (English) /
www.pisonics.cn (кит.)

АДРЕС
15B016, Tower A, Olympic Building, North Chang’an Road, Beilin District, Xi’an, Shaanxi, China

ДОКУМЕНТ PS7000-DS-RU-B РЕДАКЦИЯ B · 2026-09

Примечание: Характеристики, приведённые в настоящем документе, могут быть изменены без уведомления. Подробные указания по монтажу, подключению и эксплуатации приведены в руководстве по эксплуатации ультразвукового плотномера Pisonics, поставляемом с прибором.

PS7000-DS-RU-B · Rev.B · 2026-09 · Характеристики могут быть изменены без уведомления