

Применение гидростатических датчиков для измерения уровня битума

Измерение уровня битума – важная часть контроля технологических процессов в дорожной, нефтяной и строительной промышленности. Правильный выбор измерительного оборудования определяет безопасность резервуара, стабильность технологического процесса, качество продукции и корректность работы систем управления.

Однако битум и битумные эмульсии радикально отличаются от воды, топлива или масел:

- высокая вязкость и склонность к налипанию;
- рабочая температура +110...+150 °C, в отдельных процессах – до +200...+250 °C;
- существенная зависимость плотности от температуры;
- образование твердой корки при остановке процесса;
- агрессивные пары и аэрозоль, влияющие на материалы корпуса и уплотнений.



Эти особенности приводят к тому, что классические измерители уровня – погружные гидростатические, ультразвуковые, радарные уровнемеры – часто работают нестабильно, теряют сигнал или выходят из строя.

Почему гидростатический метод не стоит выбирать «по умолчанию»?

Гидростатический уровнемер работает по принципу пересчета давления столба жидкости в уровень. Но корректность этого метода основана на двух условиях: плотность жидкости постоянна, температура стабильна. Для битума эти условия практически недостижимы.

1. Плотность битумной эмульсии нестабильна, а ошибки неизбежны

Гидростатическое давление $p = \rho \cdot g \cdot h$ напрямую зависит от плотности (ρ).

При любом изменении температуры плотность меняется – порой значительно. Как следствие:

- уровень смещается относительно реального значения;
- показания прибора становятся плавающими;
- требуется постоянная перекалибровка.

В реальных резервуарах температура меняется постоянно. Значит, гидростатика перестает быть точным методом.



2. После остывания состояние среды меняется необратимо

Если битум застыл:

- внутри штуцера образуется твердая корка;
- плотность распределяется неравномерно;
- контакт с чувствительным элементом нарушается;
- после разогрева ситуация уже не возвращается к исходной.

Калибровку восстановить невозможно, измерения будут искажены постоянно.

Можно рискнуть, но с инженерной точки зрения это не тот метод, который стоит применять первым.

3. Вязкость и налипание искажают реальный диапазон измерения

Даже при использовании врезных датчиков:

- мембрана постепенно покрывается слоем битума;
- может забиться сам штуцер;
- давление на мембрану перестает соответствовать реальному уровню.

Для погружных гидростатических преобразователей уровня ситуация еще хуже:

- кабель и зонд быстро обрастают вязким продуктом, образуя тяжелые «стalактиты»;
- при остановке процесса битум затвердевает и превращает кабель и уровнемер в монолитную конструкцию вместе со стенками резервуара;
- термодеградация изоляции приводит к выходу преобразователя из строя;
- извлечь устройство без полной остановки и прогрева резервуара невозможно.

Именно поэтому в битумных резервуарах допускаются только врезные модели гидростатических уровнемеров – их конструкция минимизирует риск налипания и исключает проблемы с кабельной подвеской.

Мы не рекомендуем использовать устройство этого типа действия для решения проблемы, поскольку ограничения гидростатики связаны не только с материалами и конструкцией приборов. Над ее внедрением в технологический процесс тоже придется подумать. Чтобы уравновешивать атмосферное давление, необходимо будет подвести специальную трубку с водонепроницаемым фильтром. Боковое отклонение зонда устраняется с помощью направляющей трубы или через размещение уровнемера как можно дальше от потоков движущейся жидкости. Для избежания засорения мембранны монтаж производится в местах с низкой илистостью или на некотором расстоянии от дна.



Требования к датчику уровня битума

Для работы в условиях высокой температуры и агрессивных сред подходят только надежные специализированные контрольно-измерительные приборы.

Рекомендуемые исполнения:

- мембрана: торцевая, без застойных полостей, чтобы избежать засорения и налипания;
- материалы: нержавеющая сталь и другие устойчивые к коррозионному воздействию;
- термостойкое исполнение: до +150...+300 °C;
- сигналы: 4–20 mA, HART, цифровые интерфейсы;
- степень защиты: IP65–IP68, при необходимости — взрывозащита;
- диапазон измерения: от 100 мбар до 40 бар (зависит от высоты столба среды).

Решения от компании «РусАвтоматизация»

В условиях высоких температур, вязкости и налипания битума универсальных приборов «на все случаи» не существует. Поэтому мы предлагаем несколько вариантов измерения – в зависимости от задачи, конфигурации резервуара и параметров процесса. Ниже представлены два типа измерителей, которые могут использоваться для контроля уровня, давления и перепада в битумных и эмульсионных системах.

Датчик избыточного давления DMP 331Р

DMP 331Р применяют в битумных резервуарах там, где требуется измерять давление или условный уровень в высокотемпературной среде с выраженным налипанием. Торцевая мембрана уменьшает риск образования застойных зон, а термостойкое исполнение позволяет работать с продуктом до +300 °C.

Ключевые преимущества:

- выдерживает высокие температуры без деградации электроники;
- фронтальная мембрана снижает налипание битума;
- ребра охлаждения защищают электронику от термического перегрева рядом с нагретыми стенками резервуара;
- прибор позволяет пересчитывать давление в высоту столба продукта при известной плотности;
- некоторые модификации дешевле и доступнее ультразвуковых уровнемеров.



Основные характеристики:

- диапазон измерения: от 0...0,1 до 0...600 бар (абсолютное, избыточное, разрежение);
- основная погрешность: 0,25, 0,35, 0,5, 1,0 % ДИ (в зависимости от исполнения);
- выходной сигнал: 4–20 мА / HART, напряжение, Modbus;
- напряжение питания: от 0 до 36 В DC;
- температура продукта: -25...+300 °C;
- степень защиты: IP65–IP68;
- механическое присоединение: M20x1.5, G½", G¾", G1", G1½", фланец;
- электрическое присоединение: DIN 43650, Binder 723 (5 конт.), M12x1 (4 конт.), кабельный ввод PG7, Buccaneer.

Датчики давления для этой задачи – нетривиальное, но эффективное решение. Оно отвечает требованиям безопасности, дешевизны и легкой интеграции в уже существующие системы.

Недостатки:

- необходимость регулярной калибровки. Для получения корректных данных требуется плановое обслуживание и проверка нулевой точки;
- ограничения по условиям эксплуатации. Прибор может иметь ограничения по агрессивности вещества, предельной температуре корпуса или давлению – в зависимости от исполнения;
- зависимость измерений от плотности. Пересчет давления в высоту столба жидкости возможен только при известной и стабильной плотности продукта.

Дифференциальный датчик DMD 331D

DMD 331D используют там, где нужно контролировать перепад давления, работу фильтров и уровень в закрытых контурах с газовой подушкой. Чаще применяется в системах битумной эмульсии и вспомогательных линиях, где температура ниже, чем в основных битумных резервуарах.

Ключевые преимущества:

- высокая точность (0,075 % ДИ) для технологических контуров;
- измерение перепада, уровня и избыточного давления в одной точке;
- высокая стойкость к статическому давлению;
- резьбовые соединения и возможность применения мембранных уплотнений позволяют адаптировать прибор под агрессивные и загрязненные среды.



Основные характеристики:

- давление: до 70 бар, разрежение, дифференциальное;
- погрешность: 0,075 % ДИ
- выходной сигнал: 4–20 мА + HART;
- рабочая температура: -40...+105 °C;
- защита: IP68.

Ограничения:

- t до +105 °C ограничивает применение для горячего битума;
- импульсные линии могут забиваться вязким продуктом;
- требует грамотного монтажа и выбора мембранных разделителей.

Цена выше, чем у простых измерителей. Это прибор для более сложных задач, а не для «простого» контроля в стандартных условиях.

Установка и настройка датчиков

Для корректной работы важно соблюдать следующие рекомендации:

- врезка выполняется в дно резервуара, где давление стабильно;
- применяются теплоотводящие элементы при работе до +300 °C;
- учитывается плотность битумной эмульсии, задаваемая в преобразователе, что обеспечивает корректную обработку измерительных данных;
- проверяется правильность электрических соединений и выходного сигнала;
- применяются уплотнения, устойчивые к агрессивным средам.

Стандартно прибор калибруется в вертикальном положении с направленным вниз механическим присоединением. При изменении положения возможны незначительные отклонения в нулевой точке для $P_{нд} \leq 1$ бар. Для того чтобы преобразовать давление из бар в метры водяного столба, нужно умножить его значение в барах на 10,197.

Например, $0,25 \text{ бар} \times 10,197 = 2,55 \text{ м вод. ст.}$



Сравнение с другими типами приборов

Кроме приведенных решений существуют и другие методы измерения уровня битума. Узнать о том, как емкостный контактный сигнализатор уровня может использоваться в качестве устройства аварийного контроля, можете воспользовавшись технической информацией из статьи «Контроль уровня битума». Особенности всех возможных технологий для решения задачи собрали в наглядную таблицу.

Тип	Преимущества	Недостатки	Применимость
Емкостные датчики уровня 	Универсальны; нет подвижных частей; работают при высоких температурах и давлении; мало реагируют на пену и пыль	Чувствительны к диэлектрической проницаемости, не работают, если она ниже 1,4; требуют калибровки; возможен налет; ограничены при очень вязких веществах	Хорошо, если налипание умеренное
Гидростатические уровнемеры 	Просты в монтаже; устойчивы к форме резервуара; могут работать в агрессивных продуктах	Критическая зависимость от плотности и температуры; риск образования корки; загрязнение мембранны; невозможность корректной работы после остывания	Не рекомендуются
Микроволновые рефлексные уровнемеры 	Устойчивы к агрессивным средам и парам; широкий диапазон	Возможны ошибки при плотной корке	Рекомендуются после подбора
DMP 331P 	Термостойкость, точность, долговечность	Требует подбора мембранны	Оптимально при правильной интеграции
DMD 331D 	Высокая точность; прочность	Засорение линий импульса	Ограниченно, для сложных резервуаров



Помимо измерения уровня, битумные производства используют и другие контрольно-измерительные приборы для автоматизации различных технологических процессов: контроля температуры, pH и состава эмульсий. Например, инженерами «РусАвтоматизации» реализованы системы [автоматизации смешивания реагентов](#) и [контроль pH при производстве битумной эмульсии](#).

Эти примеры показывают, насколько важны правильные измерительные решения в смежных задачах – от приготовления компонентов до конечного контроля качества битумной продукции.

Частые ошибки при выборе датчика уровня битума

Выбор сенсора для битума требует точного учета температуры, вязкости, налипания, химического состава и особенностей резервуара. Неточности на этапе подбора приводят к некорректным данным, блокировке мембранны, дрейфу сигнала и выходу оборудования из строя. Ниже – 10 наиболее распространенных ошибок.

1. Неправильное температурное исполнение

Используют приборы, не рассчитанные на горячую битумную эмульсию (+110...+150 °C и выше). Это приводит к перегреву мембранны и электроники, дрейфу нуля и быстрому отказу оборудования.

2. Неверный материал мембранны

Выбор обычной нержавеющей стали вместо Hastelloy, тантала или PTFE-покрытий приводит к коррозии, микротрещинам и потере герметичности при контакте с реагентами или модификаторами.

3. Игнорирование вязкости и налипания

Применяют устройства с глубокими полостями или мембранными, которые быстро забиваются вязким слоем материала — из-за этого измерения становятся нестабильными, а обслуживание невозможно.

4. Игнорирование давления газовой подушки

В закрытых резервуарах не учитывают избыточное давление над поверхностью продукта, что приводит к неверным расчетам.

5. Слишком узкий или слишком широкий диапазон

Выбор неподходящего диапазона ухудшает точность: при недогрузе теряется разрешающая способность, при перегрузке повреждается чувствительный элемент.

6. Ошибки выбора точки монтажа

Датчик устанавливают слишком высоко, в зонах турбулентности или там, где оседает битум. Это вызывает пульсации, дрейф и ложные сигналы.

7. Отсутствие взрывозащиты

Применяют исполнения без Ex в пожароопасных битумных хозяйствах, что делает эксплуатацию невозможной.



8. Неправильный подбор уплотнений

Использование EPDM или NBR в среде с растворителями и модификаторами приводит к разрушению уплотнений, утечкам и аварийным остановкам.

9. Проблемы с электрическими соединениями

Недостаточная термозащита разъемов, неправильный кабельный ввод или несовместимые выходные сигналы приводят к потере связи и ошибкам считывания данных.

10. Применение приборов для воды или легких нефтепродуктов

Устройства, рассчитанные на воду, топливо или масла, не выдерживают агрессивных и высокотемпературных сред, быстро выходят из строя и не обеспечивают стабильных измерений.

FAQ по применению ДУ битума

Можно ли использовать обычный датчик давления для измерения битума?

Нет. Приборы, рассчитанные на воду или топливо, не выдерживают вязкости битума и дают большие ошибки из-за изменения плотности.

Работают ли погружные или подвесные уровнемеры?

Нет. Битум налипает на кабель и зонд, при остывании фиксирует прибор в массе, а перегрев разрушает изоляцию. Эти решения неприменимы.

Насколько точным может быть измерение уровня через давление?

Только при стабильной плотности, что в битумной эмульсии недостижимо. Поэтому метод дает условный уровень и требует частой корректировки.

Что делать, если битум застыл в зоне сенсора?

Если застыл только на стенках, работа обычно не нарушается. Если заблокирован штуцер или мембрана, резервуар аккуратно прогревают до рабочего режима.

Можно ли измерять уровень в битумной эмульсии?

Да. У эмульсии ниже тепловой режим и вязкость, поэтому приборы работают стабильнее и служат дольше. Доступен более широкий выбор моделей.

Может ли битум повредить мембрану?

Качественные материалы — Hastelloy, tantal, титан, 316L, PTFE — устойчивы к агрессивным компонентам. Повреждения возникают только при неправильном подборе исполнения..

Какие альтернативы подходят лучше, если гидростатика дает ошибки?

В зависимости от задачи применяют: преобразователи давления, емкостные, микроволновые уровнемеры и другие средства автоматизации.



Итог

Гидростатический метод не предназначен для измерения уровня битума. Из-за изменения плотности, высокой вязкости и образования корки он дает нестабильные и недостоверные данные, а после охлаждения продукта восстановить точность измерений невозможно. Встречаются случаи, когда для контроля уровня в битумных резервуарах применяют емкостные и радарные технологии. Однако они имеют ряд серьезных нюансов при эксплуатации, а замена таких приборов при их неэффективности ощутимо ударит по бюджету предприятия. Мы рекомендуем нестандартный, но эффективный способ через измерение давления.

Если вам нужен подбор средства измерения под конкретный технологический процесс, наши специалисты подготовят опросный лист, окажут помощь в выборе и подберут подходящее решение.

Мы также поможем выбрать компоненты из каталога, заказать товары и оборудование от проверенного производителя, оформить доставку со склада и интегрировать прибор в вашу систему управления. При необходимости специалисты компании предоставлят дополнительные услуги по подбору и поставке сопутствующих приборов, техническому сопровождению и консультированию на этапе внедрения решения.

