



**Hydronix**

## Как контролировать усадку при производстве бетона с помощью датчиков влажности Hydronix

Потребление бетона во всем мире составляет около 1 тонны на человека в год, что делает его вторым из наиболее широко используемых материалов на планете после воды. Он состоит из трех компонентов: заполнителя с песком (наполнителя), цемента (связующего вещества) и воды. Взятые в правильном соотношении, эти компоненты вызывают химическую реакцию, которая позволяет бетону застывать.

Существует два типа бетона: товарный и сборный. Товарный бетон обычно производится на бетонном заводе и доставляется на места в автобетоносмесителях, где находится в свежесмешанном состоянии. Сборный бетон используется при изготовлении отдельных литых бетонных элементов, которые обычно составляют часть более крупной конструкции. Этот тип бетона производится на специализированном заводе и отвечает более строгим стандартам качества, а контроль влажности является важной частью производственного процесса. При изготовлении обоих типов бетона используются особые рецепты и соотношения материалов, что позволяет обеспечить однородность, качество и прочность бетона.



Производители часто используют испытание на усадку, чтобы проверить рабочие свойства, текучесть и консистенцию бетонной смеси. Существуют различные факторы, которые влияют на испытание на усадку, включая соотношение заполнителя, примеси, а также влажность. В этой брошюре описано, как использование цифрового микроволнового измерения влажности на бетонном заводе может помочь обеспечить однородность партий бетона и, следовательно, устойчивые свойства усадки.

### Почему важно контролировать влажность?



**Рисунок 1: Естественный дренаж влаги в отвале заполнителя**

В идеальных условиях заполнитель и цемент будут полностью сухими, поэтому необходимое количество воды и качество производимого бетона будут одинаковыми, партия за партией. Однако заполнитель обычно хранится в виде насыпи на открытом воздухе, и хотя правильное хранение может помочь, даже при хранении материалов в закрытых бункерах влажность заполнителя будет постоянно меняться из-за неизбежных воздействий дренажа.

На современных бетонных заводах материалы, необходимые по рецепту, обычно взвешиваются, и рецепт рассчитывается исходя из предполагаемого «сухого» веса материалов. Однако количество воды во взвешенном заполнителе остается неизвестным. Хотя речь в этой брошюре идет об усадке, избыток воды или высокое содержание влаги в песке и заполнителях также может оказаться критичным для соотношения воды/цемента, заполнителя/цемента, выхода, а также цвета смеси. В результате это приведет к неоднородности усадки, прочности, цвета и качества и, соответственно, изготовлению продукции низкого качества.

### Почему важно правильно рассчитать влажность?

Если производитель бетона следует заданному рецепту и использует взвешенные количества заполнителя и цемента, а затем добавляет в смесь указанное количество воды, каждая партия будет различаться в зависимости от количества воды, содержащегося в заполнителе. Например, если в рецепте указано 1000 кг заполнителя, то, если только он не будет полностью сухим, взвешенное количество 1000 кг будет весом не заполнителя, а смеси заполнителя и воды.

#### Расчет влажности

Единственный способ точно определить влажность заполнителя в лаборатории — взять образец заполнителя, взвесить его (и его контейнер) и высушить образец до испарения воды, а затем взвесить образец повторно. Обычно второй и третий циклы сушки выполняются по мере необходимости, пока не прекратится потеря веса (это означает, что образец полностью высох).

Затем выполняются расчеты для корректировки дополнительной влажности материалов, чтобы

обеспечить правильное соотношение заполнителя в соответствии с рецептом для сухой массы смеси. Ниже приведен пример расчета с использованием простых цифр для объяснения концепции.

Вес контейнера = 500,0 г

Общий вес влажного образца и кюветы = 1500,0 г

Общий вес сухого образца и кюветы = 1409,1 г

Потеря веса из-за нагрева = 1500,0 - 1409,1 = 90,9 г

Сухой вес образца = 1409,1 - 500,0 = 909,1 г

Влажный вес образца = 1500,0 - 500,0 = 1000,0 г

Эти значения можно использовать для расчета процента воды в материале следующим образом:

$$\% \text{Влажности Сухого Образца} = 100 \times \frac{\text{Вес воды}}{\text{Вес сухого материала}} = 100 \times \frac{91}{909} = 10 \%$$

Те же значения, использованные для расчета влажности в мокром образце, дают:

$$\% \text{Влажности Мокрого Образца} = 100 \times \frac{\text{Вес воды}}{\text{Вес мокрого материала}} = 100 \times \frac{91}{1000} = 9,1 \%$$

Как мы видим, принципы измерений должны всегда быть постоянными при любых расчетах влажности и во время работы.

Преимущество работы со значениями влажности для сухого материала заключается в том, что их намного проще использовать при расчете заданного веса из расчетного веса.

### Как изменения влажности влияют на соотношение материалов

Следующие примеры показывают влияние изменений влажности заполнителей на соотношение материалов в смеси. Помимо общей влажности, соотношение материалов в смеси является ключевым фактором при определении усадки бетона.

В следующей таблице показана смесь материалов в том случае, если взвешенная партия содержит 10 % влаги в песке и 0 % влажности в гравии (по методу сухого веса):

Материал	Заданный вес	Влажность	Фактический сухой вес
Песок	1000 кг	10 %	909 кг
8 мм, гравий	500 кг	0 %	500 кг

Соотношение песка к гравии составляет 1,8: 1

Однако, если при дозировании второй партии песок имеет влажность 0 %, а гравий — влажность 5%, то мы получим следующие данные:

Материал	Заданный вес	Влажность	Фактический сухой вес
Песок	1000 кг	0 %	1000 кг
8 мм, гравий	500 кг	5 %	476 кг

Соотношение песка к гравии составляет 2,1: 1.

Так возникает существенная разница в соотношении материалов между партиями, которая, если ее не скорректировать, будет непосредственно влиять на качество производимого бетона. Поэтому важно точно измерить количество воды, содержащейся в заполнителе, и скорректировать сухой вес материала, добавляемого к смеси.

Конечный объем воды, добавляемой на стадии смешивания, можно регулировать в зависимости от содержания влаги в заполнителе для достижения точного соотношения воды/цемента и последовательной усадки. Однако для достижения оптимальной производительности рекомендуется отдельно контролировать влажность и добавление воды в смесителе. Подробную информацию вы можете найти на нашем веб-сайте.

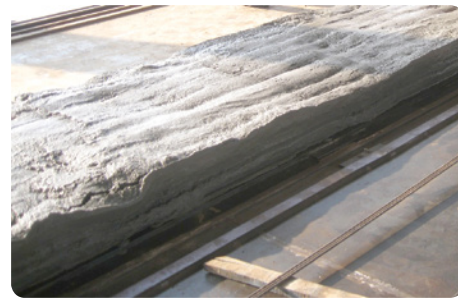
### Проблемы, связанные с колебаниями влажности

Если бетонная смесь имеет неправильные пропорции или выбран неверный уровень влажности, это приведет к неоднородности и создаст проблемы с удобоукладываемостью и усадкой бетона. Производители товарного бетона должны обеспечить однородность бетона, а также правильную усадку и достаточную прочность при доставке заказчику.

Для производителей сборного бетона колебания влажности также вызывают проблемы с формами и опалубкой при изготовлении компонентов. Примеры включают разрушение труб после извлечения сердечника или разрушение блоков при выходе со станка для изготовления строительных блоков. Круглопустотные бетонные плиты могут послужить примером того,

как бетон может провисать или деформироваться при перемещении машины по линии.

Еще одна проблема, связанная с изменением влажности заполнителя, заключается в изменении площади поверхности заполнителя (т. е. меньше заполнителя, чем ожидалось). Это очень важно при добавлении красителей в партию бетона, так как покрытие поверхности цветным пигментом будет меняться при изменении пропорций смеси. Это приведет к неоднородности окраски разных партий и дополнительным расходам на последующую покраску.



**Рисунок 2: Пример разрушения круглопустотного бетона из-за неправильной консистенции**

## Какой метод измерения влажности следует использовать?

Хотя результаты лабораторных испытаний с сушкой образцов являются точными, такие испытания занимают много времени, и этот метод не позволяет вносить изменения в соотношение материалов в реальном времени. Существует несколько способов измерения влажности: емкостное, резистивное, инфракрасное и микроволновое. Они могут использоваться для автоматизации процесса и имеют свои преимущества и недостатки. Одной из самых популярных систем является микроволновая, но в отличие от других систем аналогового измерения датчики Hydronix используют уникальную цифровую микроволновую технику, на которую не влияют загрязнения, цвет, размер частиц или температура, а ее точность составляет до  $\pm 0,2\%$ .

## Ценовые преимущества использования микроволнового измерения влажности Hydronix

Помимо немедленного улучшения качества и однородности производимого бетона, партия за партией, производитель бетона также выигрывает от повышения рентабельности. Это можно определить либо по уменьшению количества испорченного материала или отходов, либо по повышению эффективности используемого материала. Преимущества включают в себя:

- сокращение количества испорченного материала из-за неоднородности смеси;
- снижение количества цемента, используемого для достижения нужной прочности;
- постоянное качество;
- постоянную удобоукладываемость и усадку;
- постоянное качество поверхности;
- повышение эффективности применения цветных добавок.

## Какой датчик использовать?

Hydronix предлагает большой выбор цифровых микроволновых датчиков влажности, которые могут быть установлены на разных этапах процесса. Все датчики Hydronix выполняют измерения со скоростью 25 раз в секунду и передают данные о влажности в систему управления в режиме реального времени, что позволяет немедленно отрегулировать количество взвешиваемого заполнителя, смесь материалов или количество воды, добавляемой в смеситель. Датчики Hydronix выполняют всю обработку внутри самого датчика и подают истинный линейный выходной сигнал на систему управления, что отличает их от других датчиков, доступных на рынке.



## Измерение влажности в бункерах с заполнителем, загрузочных воронках и на конвейерных лентах

Измерение влажности с помощью датчика Hydro-Probe обычно выполняется вблизи затвора бункера с заполнителем, так как это обеспечивает наиболее надежные показания, при этом заполнитель проходит через керамическую измерительную головку, не препятствующую движению материала. В зависимости от конкретных требований датчик может быть установлен в горлышке или под бункером. После настройки датчика показания влажности можно считывать в виде среднего значения для каждой партии, а система управления завода может регулировать взвешенный вес заполнителя в реальном времени. Это позволяет обеспечить правильный сухой вес партий.

## Вывод

Введение в процесс цифрового микроволнового измерения и контроля влажности является простым и экономичным решением для производителей бетона. Полученный в результате бетон будет обладать однородностью, партией за партией, и высоким качеством с меньшими потерями материала. Контроль влажности может быть легко внедрен на новых или существующих заводах, а возврата инвестиций можно ожидать в кратчайшие сроки, чаще всего через несколько месяцев после установки, в зависимости от производительности завода.

## О компании Hydronix

Компания Hydronix, основанная в 1982 году, уже успела реализовать более 70 000 установок и является мировым лидером на рынке приборов для измерения влажности в бетонной и строительной отрасли. Hydronix предлагает решения для измерения влажности как заполнителя, так и свежего бетона на стадии смешивания, а глобальная сеть продаж и поддержки клиентов делает продукцию компании очевидным решением для производителей бетона.

Hydronix Limited, 7 Riverside Business Centre, Walnut Tree Close, Guildford, Surrey, GU1 4UG, UK

Тел.: +44 1483 468900 Факс: +44 1483 468919 Эл. почта: [enquiries@hydronix.com](mailto:enquiries@hydronix.com)