

## Экспериментальное исследование заменителя бетона

*А.И. Кулешов, А.П. Коржикова*

*Тюменский индустриальный университет, Тюмень*

**Аннотация:** В связи с увеличением производственной активности в зимнее время и на отдаленных участках, в регионах, приближенных к районам Крайнего Севера, требуется применение новых строительных материалов. Одним из наиболее распространенных строительных материалов является бетон. В данной статье описано экспериментальное исследование заменителя бетона «HILST» на соответствие заявленным характеристикам производителя: способность к затворению, твердение при комнатной температуре и в неблагоприятных условиях.

**Ключевые слова:** строительные материалы, бетон, заменитель бетона, HILST, затворение, эксперимент, адгезия, строительная химия, гидрофобность, фундамент.

В связи с увеличением производственной активности в зимнее время и на отдаленных участках, в регионах, приближенных к районам Крайнего Севера, требуется применение новых строительных материалов. Одним из наиболее распространенных является бетон [1]: его применение необходимо для создания несущих элементов конструкций, фундаментов, заполнения полостей стальных свай. Однако зачастую при строительстве автономных месторождений нефтегазовой отрасли возникает потребность в замене бетона в связи с невозможностью доставки на строительную площадку товарного бетона [2,3], сложностью и дороговизной доставки составляющих, технологической особенностью производства отдельных видов работ, например, свайных на линейных объектах – только в зимнее время. Поэтому инженеры исследуют новые виды бетонов, например, используя в качестве заполнителя «старый» бетон [4-6], поликарбонат [7], различные катализаторы твердения [8], фибробетон [9] и различные виды армирования [10].

Производитель HILST предлагает свою альтернативу классическому бетону - двухкомпонентный композиционный материал для установки фундаментов, опор ЛЭП, трубопроводов.

## Экспериментальная часть

Цель: экспериментально проверить материал заменитель бетона производства фирмы HILST (далее ЗБ), на способность к затворению и твердению в различных условиях, а также количественно измерить его способность к увеличению объема. Дополнительно установить время твердения и условия.

Задачи:

1. Опытным путем установить количественный показатель увеличения объема ЗБ HILST при затворении.
2. Произвести эксперимент твердения материалов в неблагоприятных условиях (холод).
3. Произвести расчет стоимости 1 куб. метра материалов.

Оборудование: ЗБ HILST (двухкомпонентный), лабораторная посуда, мерная тара, морозильная установка.

План проведения эксперимента:

1. Изучение инструкции по затворению ЗБ.
2. Затворение некоторого небольшого количества ЗБ.
3. Оценка количественного показателя увеличения объема ЗБ.
4. Замер времени твердения ЗБ в нормальных условиях.
5. Затворение ЗБ в морозильной установке.
6. Замер времени твердения материала в морозильной установке.
7. Расчет стоимости 1 куб.метра материалов.
8. Формирование конечных выводов.

Проведение эксперимента.

При изучении инструкции и информации по применению данного материала, а также содержимого набора, была выведена пропорция для затворения 1 к 1. Также было принято решение о недопустимости хранения материала в неблагоприятных условиях, что изначально планировалось для

---

эксперимента (изменение свойств материала при хранении в неблагоприятных условиях), однако впоследствии было решено от этого отказаться, т.к. данное решение противоречит инструкции по применению, а производитель заранее прописал последствия неправильного хранения.

Набор ЗБ представляет из себя два компонента «А» и «В», также инструкцию по применению и защитную перчатку (рис.1). Было принято решение смешивать по 30 мл. каждого компонента, согласно инструкции, каждый компонент предварительно требуется встряхнуть в течении нескольких секунд, после чего влить компонент «В» в компонент «А», а затем необходимо встряхивать полученную смесь в течении 20-30 секунд, после чего материал нужно вылить в подготовленную лунку, в нашем случае - тару.



Рис. 1. – Содержимое набора HILST Standard и лабораторная посуда.

В ходе затворения смесь достаточно сильно нагревается, т.е. происходит экзотермическая реакция, и смесь начинает достаточно быстро расширяться в объеме, в среднем расширение объема происходит в первые 3-5 минут. При проведении эксперимента при комнатной температуре 20°C, полное расширение объема произошло на 4 минуте, твердение и образование твердой корки произошло на 12 минуте, а полное остывание смеси и её твердение произошло на 25 минуте, а на 2 час после затворения смесь

набрала полную прочность. Объем увеличился с 60мл., до 865мл. (Рис.2), что соответствует заявлению производителя об увеличении объема в 14 раз.



Рис. 2. – Завершение расширения ЗБ в объеме.

В последующем был произведен эксперимент по затворению материала в неблагоприятных условиях, а именно в холоде. Для этого также было взято по 30мл. каждого компонента и заполнена тара, которая предварительно отстояла в морозильной камере в течение 6 часов, затворение происходило внутри морозильной камеры, при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ . В ходе твердения ЗБ, материал также нагрелся, и полное расширение материала также произошло на 4 минуте, однако с 60 мл. объем увеличился лишь до 560 мл., что противоречит заявлению производителя об увеличении объема в 14 раз. Это произошло в связи с тем, что во время начала реакции, часть материала соприкоснулась с холодными стенками сосуда, что нарушило ход реакции, на холоде материал быстро остыл и твердение материала произошло за 2ч. 20 мин., а полный набор прочности произошел на 3ч. после затворения. Несмотря на получившийся меньший объем, конечный материал не уступает по прочности материалу, получившемуся при комнатной температуре (рис.3). Для того, чтобы во время применения материала он не потерял в объеме,

---

затворение стоит проводить в таре, которая предварительно не была охлаждена, тогда ход реакции не будет нарушен.



Рис. 3. – Сравнение увеличения объема при расширении ЗБ при комнатной температуре (слева) и морозильной камере (справа).

Сам же материал после твердения, что при комнатной температуре (рис.4), что в холоде, представляет из себя нечто схожее с пеной, т.е пористый материал, с твердой коркой, также он достаточно легкий. Однако пористость его намного меньше, чем у монтажной пены, и структурная прочность намного выше, после твердения материала показывает достаточную прочность - по заявлению производителя он может выдержать около 660кПа.

Далее, над ЗБ был произведен эксперимент о неблагоприятных влияниях осадков (дождя) на материал во время твердения, в ходе эксперимента был затворен все тот же объем ЗБ, а именно 60 мл., и во время увеличения объема, на него было вылито 100 мл воды, материал впитал в себя воду и также увеличился в объеме, однако в этот раз куда больше, чем в 14 раз. Вода нарушила процесс твердения материала, а именно - понизив температуру экзотермической реакции, вследствие чего материал стал

---

мягким и податливым, как губка, однако воду сам материал не впитал, а собрал ее внутри себя, и после нарушения целостности, вся вода вылилась (рис.5).



Рис. 4. – Пористая структура материала при твердении в комнатной температуре.



Рис. 5. – Пористая структура материала при твердении в комнатной температуре после добавления воды во время увеличения объема

## Выводы

Протестировав ЗБ производства фирмы HILST, можно прийти к следующим выводам. Материал достаточно прост и легок в обращении, не токсичен и не опасен для здоровья, т.к. для его затворения не нужно воды, процесс эксплуатации довольно чистый, легко контролировать его объемы, зная пропорции для смешивания и количественную характеристику увеличения объема. Перед применением обязательно нужно внимательно изучить инструкцию и строго следовать ее пунктам, поскольку от этого зависят скорость и количественные показатели увеличения объема материала, а также его последующая прочность. Важно отметить, что при использовании материала при отрицательных температурах, затворение стоит производить в таре, которая предварительно не была охлаждена до отрицательных температур, т.к. это нарушает ход реакции. В ходе эксперимента удалось подтвердить утверждения производителя о том, что при затворении ЗБ смесь увеличивается в объеме в 14 раз. Также было подтверждено, что материал возможно затворять и при низких температурах, однако стоит придерживаться замечаний, описанных выше. Однако материал необходимо беречь от дождя и других осадков, они могут повлиять на его конечную прочность, следовательно на время затворения ЗБ необходимо его защитить навесом, или иными средствами защиты, или же вести работы в сухую погоду, поскольку материал боится ультрафиолетовых лучей. Также материал обладает хорошими гидрофобными качествами и высоким уровнем адгезии. Следовательно данный материал рекомендуется для использования при монтаже МАФ (таких, как дорожные знаки, шлагбаумы и ограждения), навесов временных складов, опор быстровозводимых складов, возможен монтаж ВЛ, и заполнение полости стальных свай.

## Литература

1. Малинина Л.А., Подмазова С.А. Качество бетона и идеология стандартов на бетоны // БСТ: бюллетень строительной техники. 2010. №4(908). С. 40-42
2. Касторных Л.И., Трищенко И.В., Гикало М.А. Контроль и оценка прочности бетона на заводах сборного и товарного бетона // Научное обозрение. 2014. №7-3. С. 831-836.
3. Коркишко О. А., Коркишко А.Н. Особенности применения газобетонных блоков в Тюменской области // Инженерный вестник Дона, 2015, № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3352](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3352)
4. Курочка П.Н., Мирзалиев Р.Р. Бетоны с заполнителем из продуктов дробления вторичного бетона // Вестник Ростовского государственного университета путей и сообщения. 2012. №3(47). С. 104-109.
5. Мирзалиев Р.Р. Бетоны с заполнителями из продуктов дробления вторичного бетона: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05 - Строительные материалы и изделия. Ростов-на-Дону, 2013. С. 133
6. Коршунов В.И., Ланге Ю.Г., Панфилов Ф.В., Щелоков Н.А. "Старый" бетон в новом бетоне // Наука и техника в дорожной отрасли. 2005. №1(32). С. 19-21.
7. Рояк Г.С., Грановская И.В., Добкин В.С., Тарасова А.Ю., Миленин Д.А. Применение поликарбоксилатов в бетоне - современный путь повышения качества бетонных смесей и бетона // ALITINFORM: цемент. бетон. сухие смеси. 2008. №3-4. С. 114-118.
8. Сандан А.С. Методы ускорения твердения бетонов и их влияние на структуру бетона // Вестник Тувинского государственного университета. №3 технические и физико-математические науки. 2013. №3(18). С. 40-46.

9. Panchenko L.A. Concrete and fiber-reinforced concrete in a cage made of polymers reinforced with fibers // Lecture notes in civil engineering. 2020. №95. pp. 131-136.

10. Bychkov E. Concrete reinforcement: modern reinforced concrete products in russia // Concrete engineering international. 2007. №1. p. 20.

### References

1. Malinina L.A., Podmazova S.A. BST: byulleten' stroitel'noy tekhniki. 2010. №4 (908). pp. 40-42

2. Kastornykh L.I., Trishchenko I.V., Gikalo M.A. Nauchnoe obozrenie. 2014. №7-3. pp. 831-836.

3. Korkishko O. A., Korkishko A.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3352](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3352)

4. Kurochka P.N., Mirzaliev R.R. Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey i soobshcheniya. 2012. №3 (47). pp. 104-109.

5. Mirzaliev R.R. Betony s zapolnitelyami iz produktov drobleniya vtorichnogo betona [Concrete with aggregates made from recycled concrete crushing products]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.05 Stroitel'nye materialy i izdeliya. Rostov-na-Donu, 2013. p. 133.

6. Korshunov V.I., Lange Yu.G., Panfilov F.V., Shchelokov N.A. Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. 2005. №1 (32). pp. 19-21.

7. Royak G.S., Granovskaya I.V., Dobkin V.S., Tarasova A.Yu., Milenin D.A. ALITINFORM: tsement. beton. sukhie smesi. 2008. №3-4. pp. 114-118.

8. Sandan A.S. Vestnik Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta. №3 tekhnicheskie i fiziko-matematicheskie nauki. 2013. №3 (18). pp. 40-46.

9. Panchenko L.A. Lecture notes in civil engineering. 2020. №95. pp. 131-136.

10. Bychkov E. Concrete engineering international. 2007. №1. p. 20.