

УДК 693.557

Гришин А. С., студент СПб-192

Шабанов Е. А., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева

Grishin AS, student SPb-092

Shabanov EA,

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА СКОРОСТЬ НАБОРА ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

INVESTIGATION OF FACTORS AFFECTING THE RATE OF CON- CRETE STRENGTH GAIN

Строительство одна из самых масштабных отраслей экономики в развитых и развивающихся странах. В Российской Федерации в 2018 году на долю строительства приходится 5,5 % валовой добавленной стоимости [1-2]. В 2008 году в этом секторе экономики было трудоустроено 7 млн. человек. Согласно данным Росстата, объём строительных работ, выполненных за 2018 год, составил 8,4 трлн. руб [3]. Основным строительным материалом, применяемым повсеместно, является бетон и железобетон, который связан с технологией возведения большей части зданий и сооружений [4-6].

Бетоном называют искусственный камень, который получают путем схватывания смеси, состоящей из вяжущего вещества, заполнителя крупного (щебень, гравий) и мелкого (песок), воды и специальных добавок. Каждый компонент добавляют в определенном, рассчитанном заранее, количестве. При перемешивании возникает цементное тесто. Оно со временем застывает, и в итоге образуется искусственный камень. Бетон имеет разные сроки схватывания в зависимости от качества марки цемента, добавок и качества приготовленной смеси.

Эффективный ход гидратации при твердении цементного раствора возможен при температурном режиме 18-20 °C и влажность почти 100%. Скорость твердения увеличивается с течением времени. Например, бетон марки М300 на третий день набирает половину своей прочности, на 14 день набирает 90%, на 28 день прочность составляет 100%. Через несколько лет прочность может увеличиться в 2 раза.

Факторы, которые оказывают влияние на скорость набора прочности бетона:

- температура воздуха

- влажность
- метод приготовления смеси
- метод укладки и уплотнения смеси
- количество воды и цемента в растворе
- наличие добавок, которые могут влиять на скорость твердения
- марка цемента

Температура больше всего влияет на набор прочности бетона. Вода является одним из компонентов бетонной смеси, поэтому бетон может твердеть только при положительных температурах. Если вода в составе замерзнет, тогда набор прочности прекратится, если температура станет положительной, процесс набора возобновится, но бетон будет менее прочным. Однако при повышенном температурно-влажностном режиме (85 °С, 100% влажности) ускоряется рост показателей прочности. Благодаря влаге в воздухе уменьшается интервал набора прочности раствором, уложенном открыто.

Бетоны, которые состоят из цемента высокого качества, быстрее застывают и набирают прочность, следовательно, их нужно обрабатывать более оперативно. В промежутке от трех до десяти суток после укладки прочность бетона имеет показатели близкие к идеальным. Летом в ясную погоду растворы укрывают плотной пленкой от солнечных лучей. Зимой бетон прогревают тепловыми пушками, ИК-излучателями или изнутри с помощью провода ПНСВ или электродов. Прогрев бетона не дает воде в нем замерзнуть. У каждой марки бетона есть свой нормативно-безопасный срок набора прочности.

| Марка бетона M200 – M300 (раствор замешан на портландцементе M400 – M500) | Среднесуточная внешняя температура для бетона, град. Цельсия | Интервал твердения, сутки | | | | | | |
|--|---|--|----|----|----|-----|-----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 14 | 28 |
| | | Прочность бетона на сжатие (процент от марочной величины) | | | | | | |
| -3 | 3 | 6 | 8 | 12 | 15 | 20 | 25 | |
| 0 | 5 | 12 | 18 | 28 | 35 | 50 | 65 | |
| +5 | 9 | 19 | 27 | 38 | 48 | 62 | 77 | |
| +10 | 12 | 25 | 37 | 50 | 58 | 72 | 85 | |
| +20 | 23 | 40 | 50 | 65 | 75 | 90 | 100 | |
| +30 | 35 | 55 | 65 | 80 | 90 | 100 | - | |

-  - нормативно-безопасная прочность бетона на определенные сутки твердения,
 - безопасная прочность бетона на определенные сутки твердения,
 - полная прочность бетона на определенные сутки твердения

Поднятие марки бетона зависит от увеличения доли и повышенной марки цемента в растворе, пропорций компонентов. Марка напрямую влияет на набор прочности бетона. Критическая прочность для низких марок имеет большее значение.

| Марка бетона (для прочности на сжатие) | Критическая прочность (процент от марочной), минимум |
|--|---|
| Для предварительно напряженных конструкций | 70 |
| M15 – 150 | 50 |
| M200 – 300 | 40 |
| M400 – 500 | 30 |

Камень в холодную погоду набирает прочность за счет своего тепловыделения. Однако для нормализации графика созревания камня разумно использовать добавки, которые ускорят твердение и понизят температуру остановки гидратации. Благодаря им бетон набирает прочность через 14 суток. Также в морозы можно изменить составляющие в бетоне. Так, глиноземистый цемент по сравнению с портландцементом набирает нужную прочность, выделяя в 7 раз больше собственного тепла.

Очень важную роль при наборе прочность бетона играют фракция и форма зерен натуральных наполнителей. Качество бетона и условия сцепления будут хорошими, если зерна будут шероховатыми и неправильной формы. Увеличение количества воды в растворе может привести к расслоению массы. При увеличении количества воды на 60% от нормативного значения (отношение воды/цемента=0,4) произойдет перебор прочности на половину от марочной.

Более разумно использовать пескобетоны с маленьким отношением воды к цементу, что позволит ускорить процесс и сократить выдержку бетона.

Уплотнение бетонной смеси влияет на набор прочности. Раствор, который не прошел уплотнение, может достичь только половину от нормативной прочности, пусть даже отношение воды к цементу будет оптимально. Ручное уплотнение повышает прочность бетона на 30-40%, а уплотнение вибратором повышает до 90-100%, то есть до нормативных показателей.

График набора прочности бетона (рис.1) помогает предвидеть последствия изменений температурных условий твердения, приводящих к увеличению срока выдержки.

На графике (рис.2) видно, что при температуре 30 °C за 11 дней бетон наберет нормативную прочность (почти 100%), при температуре 5 °C даже за 14 дней не наберет значение безопасной прочности. При такой температуре нужно прогревать укладку. С помощью кривой, когда прочность достигает половины марочного значения, определяют, когда можно проводить распалубку.



Рис. 1. График набора прочности бетона М400

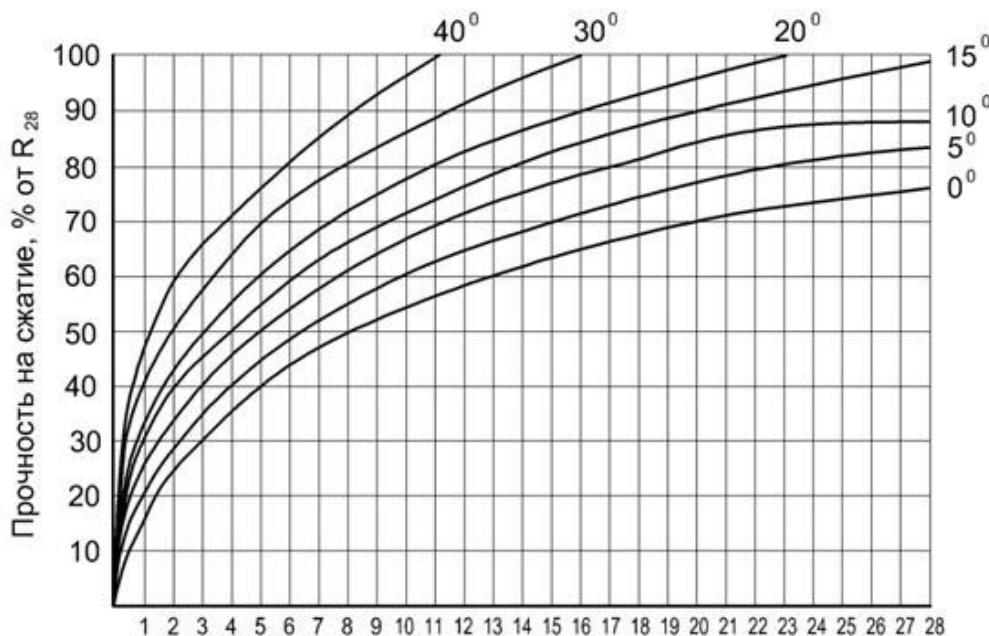


Рис. 2. График набора прочности бетона марки В25

Значения прочности продуктов из бетона могут меняться под влиянием различных условий и факторов. Задачей строителей является расчет количества компонентов для оптимальной смеси и создание внешних условий для того, чтобы бетон набрал необходимую прочность.

Список литературы

1. Доржиева В. В. Строительная отрасль: тенденции развития, влияние пандемии и условия восстановительного роста в контексте задач структурной модернизации // Научные труды Вольного экономического общества России. 2020. Т. 223. № 3. С. 237-243.

2. Кятов Н. Х. Двухуровневая модель прогнозирования на примере объемов жилищного строительства в РФ // Известия Северо-Кавказской государственной академии. 2019. № 3 (21). С. 92-102.
3. Поляков Ф. А. На пороге кризиса. Перспективы развития и основные тенденции строительной отрасли России // Экономика и управление: проблемы, решения. 2020. Т. 1. № 6. С. 36-41.
4. Шабанов Е. А. Исследование свойств бетонных смесей с применением отходов угледобычи для строительства шахт / Е. А. Шабанов, Н. В. Гилязидинова // Инновации и инвестиции. 2020. № 9. С. 240-244.
5. Диамант М. И. Технология сборного и монолитного бетона и железобетона / М. И. Диамант, Н. В. Гилязидинова, Т. Н. Санталова // уч. пособие - Федер. агентство по образованию, ГОУ ВПО "Кузбас. гос. техн. ун-т". Кемерово, 2005.
6. Gilyazidinova N. Use of slag concrete in construction of underground structures and mines / Gilyazidinova N., Shabanov E., Liu X. // E3S Web of Conferences. #14. "14th International Innovative Mining Symposium, IIMS 2019" 2019. С. 01039.

Reference

1. Dorzhieva V. V. Construction industry: development trends, the impact of the pandemic and conditions of recovery growth in the context of structural modernization tasks // Scientific works of the Free Economic Society of Russia. 2020. Vol. 223. #3. pp. 237-243.
2. Kyatov N. H. A two-level forecasting model on the example of housing construction volumes in the Russian Federation // Izvestia of the North Caucasus State Academy. 2019. #3 (21). pp. 92-102.
3. Polyakov F. A. On the threshold of crisis. Development prospects and main trends of the construction industry in Russia // Economics and management: problems, solutions. 2020. Vol. 1. #6. pp. 36-41.
4. Shabanov E. A. Investigation of the properties of concrete mixtures with the use of coal mining waste for the construction of mines / E. A. Shabanov, N. V. Gilyazidinova // Innovation and investment. 2020. #9. pp. 240-244.
5. Diamant M. I. Technology of precast and monolithic concrete and reinforced concrete / M. I. Diamant, N. V. Gilyazidinova, T. N. Santalova // textbook – "KuzSTU". Kemerovo, 2005.
6. Gilyazidinova N. Use of slag concrete in construction of underground structures and mines / Gilyazidinova N., Shabanov E., Liu X. // E3S Web of Conferences. #14. "14th International Innovative Mining Symposium, IIMS 2019" 2019. P. 01039.