УДК 666.97.031

И. М. Ефремов, **канд. техн. наук, проф.; Д. В. Лобанов**
ФГБОУ ВПО «БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Братск, Россия

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ В РОТОРНО-ВИБРАЦИОННОМ СМЕСИТЕЛЕ

Дано описание экспериментального роторно-вибрационного смесителя. Представлен анализ исследования процесса перемешивания бетонной смеси по результатам сравнения прочности бетонов, приготовленных в роторно-вибрационном смесителе с применением вибрации и без нее.

Вибрационная обработка является одним из наиболее эффективных методов, повышающих качество бетона [1, 2, 3].

Вибрация разрушает коагуляционную структуру, снижая вязкость цементного теста, в результате чего цементное молоко равномерно распределяется по всему объему. Происходящее при этом усиленное диспергирование цементных частиц способствует более полной и быстрой гидратации цемента [3].

Активация цементного теста в процессе виброперемешивания повышает скорость твердения бетонной массы и прочность изделия, а так же улучшает структуру бетона [4].

В настоящее время известны разнообразные конструкции вибрационных смесителей, которые по конструктивным особенностям и способам перемешивания можно разделить на три основные группы.

1. Вибрационные смесители, в которых процесс смешивания происходит только за счет самоциркуляции смеси, возникающей в результате колебаний корпуса и отдельных элементов (каркасов).

2. Вибрационные смесители, в которых принудительное смешивание сочетается с вибрационным воздействием на смесь через корпус, лопастной вал либо встроенный элемент конструкции.

3. Вибрационные смесители, в которых происходит свободное смешивание смеси с одновременным вибрационным воздействием через корпус либо встроенный элемент конструкции.

4. Вибрационные воздействия вызывают тиксотропное разжижение приготавливаемой смеси, в результате чего снижается их условный предел текучести и уменьшается вязкость (в 100 и более раз), отчего смесь приобретает свойства жидкости. Однако наличие больших колеблющихся масс, низкая привода рабочих органов, большая энергоемкость процесса смешивания, малая производительность, являются тем, что вибрационные смесители не нашли широкого применения в промышленности.

В Братском государственном университете на кафедре «Подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования» (СДМ) был разработан экспериментальный роторно-вибрационный смеситель (рис. 1). Роторно-вибрационный смеситель содержит камеру смешивания и ротор, с установленными на нем лопастями. В центре камеры смешивания установлен вибратор с механическим возбуждением колебаний от кривошипно-шатунного механизма. Вибратор выполнен в виде сильфона и расположен в нижней части камеры смешивания. В смесителе имеются так же окна загрузки и выгрузки материалов.

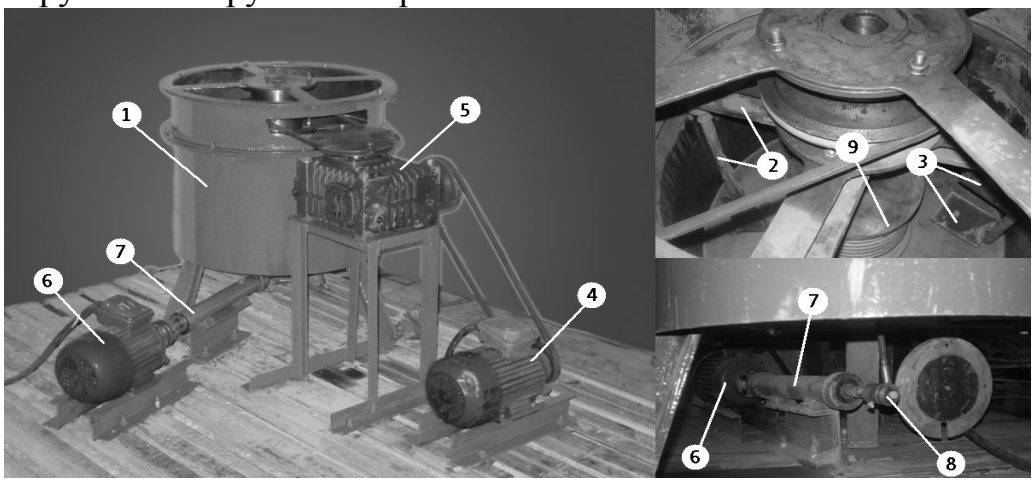

Рис. 1. Общий вид экспериментального роторно-вибрационного смесителя: 1 – камера смешивания; 2 – ротор; 3 – лопасти; 4 – электродвигатель привода вращения ротора с лопастями; 5 – редуктор привода вращения ротора с лопастями; 6 – электродвигатель привода вибровозбудителя; 7 – вал привода вибровозбудителя; 8 – кривошипно-шатунный механизм; 9 – вибровозбудитель (сильфон)

Главным образом в задачу по исследованию бетонной интенсификации входило установление влияния вибрации с помощью экспериментального роторно-вибрационного смесителя на интенсивность и качество перемешивания при приготовлении бетонных смесей.

Эффективность виброперемешивания определялась по результатам сравнения прочности бетонов (рис. 2, 3, 4), приготовленных в роторно-вибрационном смесителе с применением вибрации и без нее.

В качестве вяжущего применяется портландцемент Ангарского цементного завода марки М400 Д20. Мелким заполнителем являлся зуевский сортированный песок, добываемый карьером № 1 братского месторождения. В качестве крупного заполнителя – щебень диабазовый фракции 10–20 мм.

Состав бетонной смеси был выбран с В/Ц=0,5 и подбирался в соответствии с ГОСТ 27006-86 в следующих пропорциях Ц:П:Щ=1:2:3. Формование и испытание образцов размером 100х100х100 мм проводились в соответствии с ГОСТ 10105-86 и ГОСТ 10181-2000.

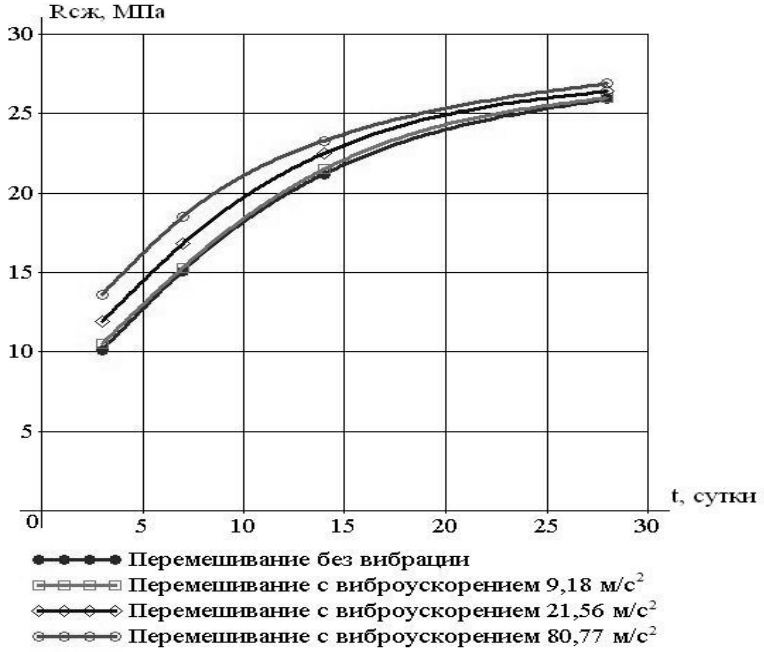

Рис. 2. Зависимость прочности образцов на сжатие от времени твердения (время перемешивания 30 секунд, амплитуда вибрирования 1 мм)

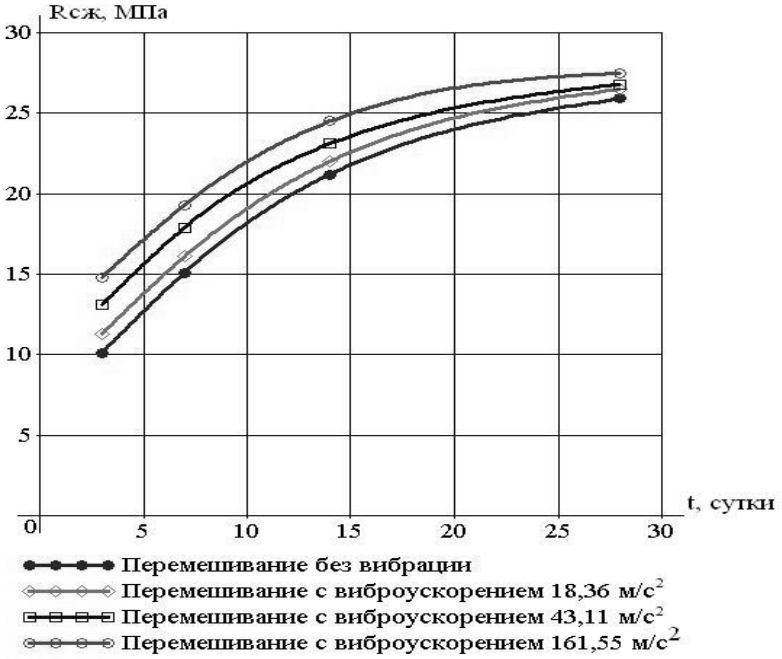

Рис. 3. Зависимость прочности образцов на сжатие от времени твердения (время перемешивания 30 секунд, амплитуда вибрирования 2 мм)

Составляющие смеси загружались в смеситель послойно в следующей последовательности: на дно смесителя укладывался песок, затем цемент, после чего щебень, в последнюю очередь равномерно на всю загрузку подавалось необходимое количество воды, в соответствии с В/Ц=0,5. Включался вибратор и сразу выводилась заданная скорость вращения лопастного вала. По истечении заданного времени выключался привод лопастного вала. Затем выключался вибратор и вся смесь из смесителя выгружалась в специальные металлические формы размером 100х100х100 мм. В соответствии с ГОСТ 10105-86 и ГОСТ 10181-2000 образцы в течение 1 минуты

уплотнялись на специальной вибрационной площадке с частотой 3000 мин$^{-1}$ и амплитудой 0,35 мм.

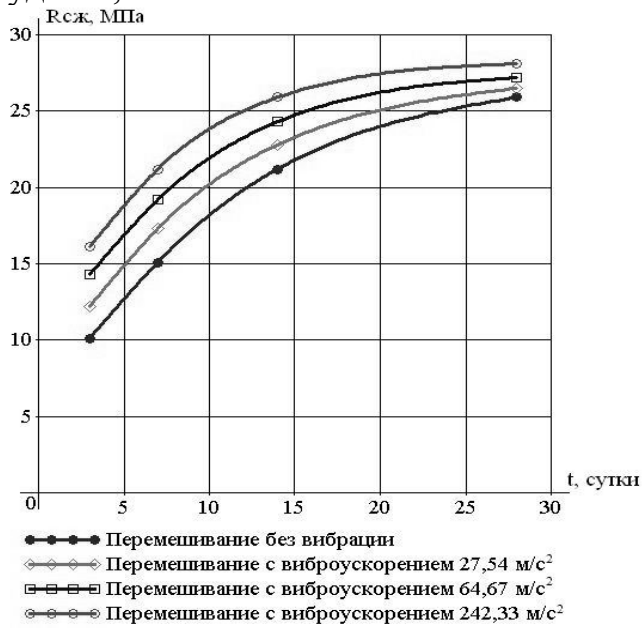

Рис. 4. Зависимость прочности образцов на сжатие от времени твердения (время перемешивания 30 секунд, амплитуда вибрирования 3 мм)

Пользуясь этой же методикой, формовались образцы из смеси, полученной в том же смесителе, но уже при выключенном вибраторе.

Амплитуда и частота вибрации соответствовали: А=1; 2; 3 мм, ω = 95,82; 146,82; 284,21 c^{-1}. Результаты испытаний образцов на прочность представлены на рисунках 2, 3 и 4.

В общем виде результаты испытаний показывают эффективность внедрения вибрации в процесс перемешивания. Это обусловлено значительным снижением времени отвердевания готового бетонного изделия, что дает возможность по истечении 7-14 суток, когда происходит набор 90 % от своей максимальной прочности, рекомендовать к применению по назначению. Сравнительный базовый режим, имеющий только перемешивающий процесс, как показывают результаты, получают 90 % своей прочности только на 20 сутки. Данное преимущество позволит сократить время получения готового изделия, сократить возможные простои в технологическом процессе, кроме того, снижение энергоемкости позволит сократить время приготовления смеси и повысить производительность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Десов, А. Е.** Вибрированный бетон / А. Е. Десов. – М. : Госстройиздат, 1956. – 229 с.

2. **Ефремов, И. М.** Интенсификация процесса и выбор параметров роторно-вибрационного смесителя: дис. … канд. техн. наук / И. М. Ефремов. – Л. : 1985. – 252 с.

3. **Кузьмичев, В. А**. Методы моделирования и проектирования вибрационных смесительных машин: автореф. дис. д-ра техн. наук / В. А. Кузьмичев. – Л. : 1989. – 32 с.

4. **Ахвердов, И. Н.** Влияние виброперемешивания бетонной смеси на деформирование структуры цементного камня / И. Н. Ахвердов // Исследования по бетону и железобетону : сб. – Рига : 1961. – С. 17–26.