

Проблемы механики и машиноведения

УДК 621:693.54

С.В. Белокобыльский, В.Б. Кашиба*, И.С. Ситов

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДИСКОВЫХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ БЕТНООТДЕЛОЧНЫХ МАШИН

В статье приведены результаты экспериментальных исследований, подтверждающих эффективность высоко-частотного воздействия дискового заглаживающего рабочего органа на обрабатываемую бетонную поверхность с целью повышения её прочностных характеристик. При этом прирост прочности по высоте слоя обрабатываемого изделия составляет в среднем 14–15 %.

Ключевые слова: бетонные изделия, обработка, прочность, пористость, шероховатость, рабочий орган, бетоноотделочная машина.

Основными критериями качества бетонных и железобетонных изделий, применяемых при устройстве дорожных и аэродромных покрытий, в промышленном и гражданском строительстве, являются чистота отделки поверхности изделия и его прочностные свойства [8]. При формировании изделий из пластичных и маложестких бетонных смесей достижение заданного качества по чистоте отделки поверхности и требуемым прочностным свойствам обеспечено рядом технических решений, и сам технологический процесс полностью отработан. В производстве бетонных изделий жесткие и повышено-жесткие бетонные смеси не находят широкого практического применения. Между тем экономическая целесообразность использования жестких бетонных смесей

общеизвестна, так как это сокращает расход цемента на 10–20 % при сохранении заданной прочности бетона, уменьшает сроки твердения и повышает долговечность бетонных изделий [3, 4, 7].

Обработка бетонной поверхности является финишной операцией при формировании изделий на заводах сборного железобетона. При этом обработке подвергается в той или иной степени недоуплотненная незатвердевшая бетонная смесь. Степень недоуплотнения, при прочих равных условиях, определяется остаточной пористостью смеси. Характеристики пористости бетонов из жестких смесей, полученные методом продувания воздуха сквозь образец [3], приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика пористости бетона с различным водосодержанием

Характеристика бетона		Диаметр пор, мкм			Пористость свежееуплотненного бетона, %
В/Ц	В, л/м ³	Средний	Преимущественный	Максимальный	
0,3	180	5,5	0,7...1,0	17	0,7
	160	6,2	1,0...2,0	23	0,8
	140	5,0	0,7...1,0	20	1,2
	120	5,5	0,7...1,0	23	3,2
	100	5,0	1,0...2,0	13	4,7
0,5	180	9,0	1,0...2,0	26	0,9
	160	8,0	1,0...2,0	26	1,0
	140	8,0	1,0...2,0	26	1,2
	120	6,5	0,7...1,0	26	4,0
	100	24,0	2,6...2,8	28	6,0

Данные таблицы показывают, что с увеличением жесткости смеси (уменьшением расхода воды на 1 м³) остаточная пористость возрастает. В среднем на каждый процент пор приходится 5...6 % падения прочности [2, 3, 6]; эти данные получены для обычных бетонов с содержанием цементного камня 300...500 л/м³. Однако детальные исследования О.А. Гринберга и А.Г. Зоткина [5] показывают, что при снижении расхода цемента недоуплотнение сказывается более заметно

и при жесткости 100 с и более может дойти до 7...8 % (на 1 % сохраненного воздуха).

За последние пятьдесят лет в ЦНИИЭП жилища, Ленинградском инженерно-строительном институте (СПбГАСУ), ОКТЬ и ГПИ «Моспроект-стройиндустрии», НИИЖБ, Главмоспромстройматериалов, ВНИИжелезобетона, Гипростроймаше, Братском государственном университете и ряде других организаций проведены многочисленные теоретические и экспериментальные исследования, посвященные изучению процессов обработки

* - автор, с которым следует вести переписку.

поверхности бетонных изделий. Наиболее перспективным способом интенсификации таких процессов является дополнительное вибрационное воздействие на обрабатываемую поверхность. Целесообразность использования вибрации во многих технологических процессах, включая обработку бетонных изделий, доказана в результате многочисленных исследований академиком П.А. Ребиндером и его учениками, профессорами И.Н. Ахвердовым, Д.Л. Барканом, Ю.М. Баженовым, В.В. Верстовым, А.Е. Десовым, Г.Я. Кунносом, В.А. Кузьмичевым, А.Н. Лялиновым, С.А. Мироновым, А.А. Серебренниковым, Б.Г. Скрамтаевым, А.М. Скудрой, В.И. Сорокером, М.А. Талейсником, Н.Б. Урьевой, Л.А. Файтельсоном, Н.Я. Хархутой и др.

Ранее проведенные на кафедре «Строительные и дорожные машины» Братского государственного университета исследования процесса взаимодействия вибрационного рабочего органа с обрабатываемой бетонной смесью показывают, что связи между ее компонентами нарушаются и она приобретает наибольшую подвижность.

Разжижение бетонной смеси способствует перераспределению частиц в наиболее плотную упаковку с одновременным удалением из смеси заземленного воздуха, что оказывает влияние на прирост прочностных свойств затвердевшего бетона. В работе [1] А.А. Афанасьева получена зависимость, позволяющая теоретически определить рациональные пределы частот колебаний, способствующих удалению воздушных образований из обрабатываемой смеси

$$f \geq \frac{9\eta}{\pi r^2 \rho}, \quad (1)$$

где η – вязкость смеси; ρ – плотность смеси; r – радиус воздушных включений.

Из данной зависимости следует, что для удаления из смеси пузырьков воздуха с уменьшением их радиуса вынужденная частота колебаний должна существенно повышаться, вплоть до звукового и ультразвукового диапазонов. Результаты численного счета представлены на рис. 1 в виде графика для смесей с различной жесткостью.

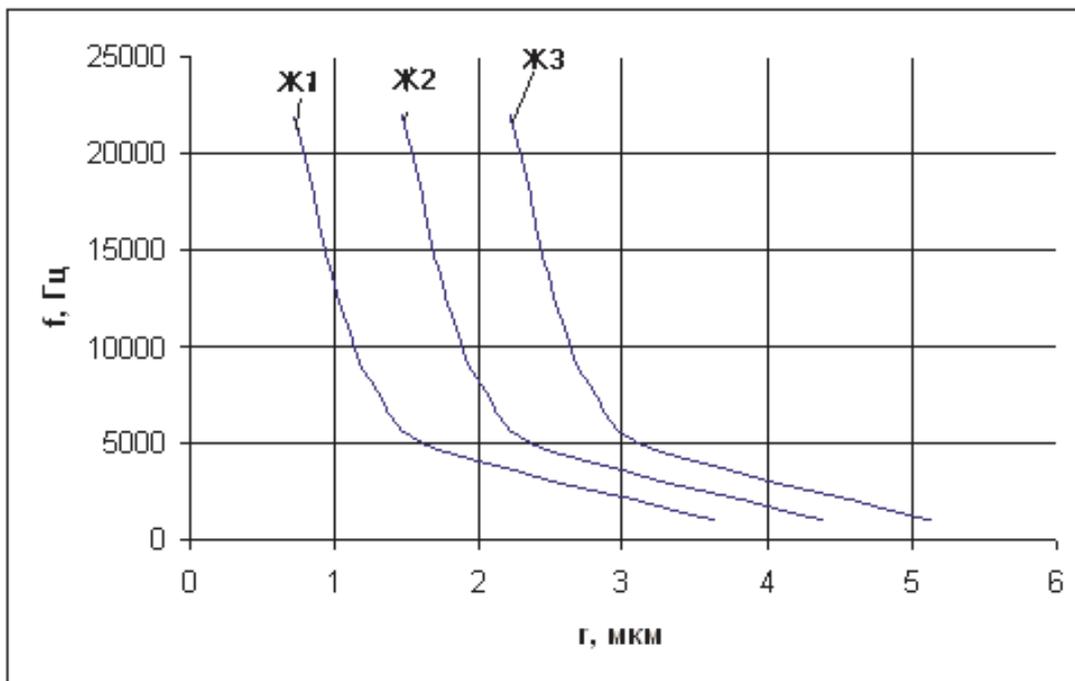


Рис. 1. Зависимость частоты вибровоздействия от радиуса воздушных включений для смесей различной жесткости: Ж₁ = 80 с, Ж₂ = 150 с, Ж₃ = 200 с

С целью практической реализации высокочастотного воздействия на обрабатываемую бетонную поверхность коллективом авторов БрГУ предложена конструкция дискового виброзаглаживающего устройства с магнитоотрицательным приводом (рис. 2).

Для определения степени влияния высокочастотной обработки поверхности бетонного изделия на прирост его прочностных свойств был проведен эксперимент по определению фактической прочности бетона.

В ходе эксперимента прочностному контролю подвергались образцы бетона, при обработке его поверхности магнитоотрицательным дисковым заглаживающим органом на рациональных режимах работы (давление на бетонную смесь, заглаживающая способность, частота вибровоздействия) и при обработке поверхности устройством без высокочастотных колебаний рабочего органа в вертикальной плоскости. Ход эксперимента следующий:

– подбор состава и замес бетонной смеси;

- укладка смеси в формы;
- уплотнение смеси на виброплощадке;
- обработка поверхности уплотненного бетона заглаживающим рабочим органом;
- контроль прочности обработанных образцов.

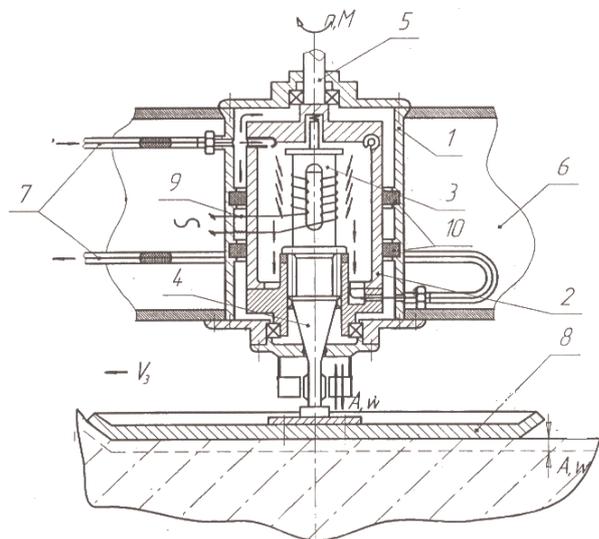


Рис. 2. Дискное виброзаглаживающее устройство с магнитострикционным приводом:

1 – подвижный цилиндрический корпус; 2 – корпус магнитостриктора; 3 – возбудитель магнитостриктора; 4 – концентратор; 5 – приводной вал; 6 – рама портала; 7 – резинометаллические рукава; 8 – заглаживающий диск; 9 – скользящие контакты; 10 – резиновые манжеты

Состав бетона подбирался согласно ГОСТ 27006–86 (табл. 2), затем производился замес бетонной смеси различной жесткости. Смесь укладывалась в формы высотой 200 мм, уплотнялась на виброплощадке при частоте вибровоздействия $f = 28$ Гц, после чего каждая поверхность форм обрабатывалась магнитострикционным рабочим органом как при высокочастотных колебаниях заглаживающего диска, так и без них.

Таблица 2
Подбор состава бетонной смеси

Основные свойства:	
Марка бетона R_b , кгс/см ²	300
Удобоукладываемость, с	88, 142, 186
Активность цемента $R_{иц}$, кгс/см ²	414
Свойства мелкого заполнителя:	
Крупность	Средний
Средняя плотность, кг/м ³	2500
Насыпная плотность, кг/м ³	1560
Свойства крупного заполнителя:	
Вид заполнителя и его крупность	Щебень ДН20
Плотность в куске, кг/м ³	2857
Пустотность, %	48,9

Прочность бетона определялась по высоте образца неразрушающим методом, по предварительно градуированным зависимостям между прочностью бетонных образцов и диаметром от-

печатка на бетоне после испытания прибором СПБГАСУ. Пружинный прибор КГ-1 конструкции А.М. Крюкова и Н.В. Гаврилова (рис. 3) служит для определения прочности бетона в сооружениях или деталях сборных железобетонных конструкций.



Рис. 3. Прибор КГ-1

Определяют прочность бетона по диаметрам отпечатков – лунок, оставленных стальным шариком ударной части прибора при его ударе о бетонную поверхность. Для метода пластической деформации при ударе число измерений на каждом образце должно быть не менее пяти, а расстояние между местами ударов – не менее 30 мм.

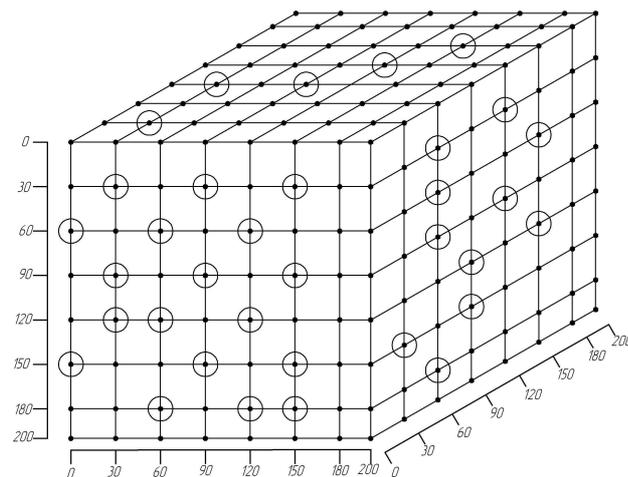


Рис. 4. Выбор точек для измерения прочностных свойств образца по высоте слоя

Оценка соответствия измеренных значений диаметров отпечатков фактической прочности бетона производилась согласно ГОСТ 18105.

По результатам испытаний установлено изменение прочности бетона в образцах в зависимости от высоты слоя, которое представлено в виде графиков для смесей различной жесткости на рис. 5, 6, 7.

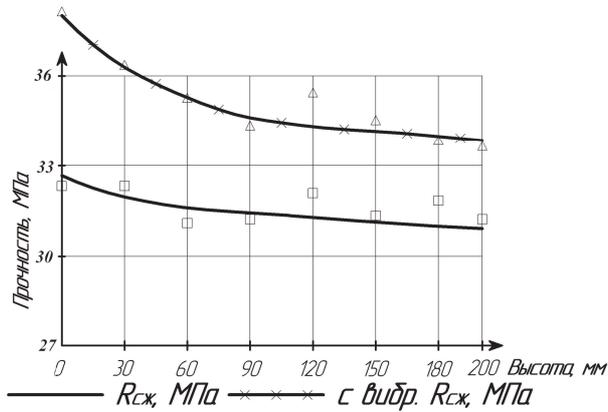


Рис. 5. Прирост прочности по высоте слоя бетонной смеси жесткостью $J_1 = 88$ с

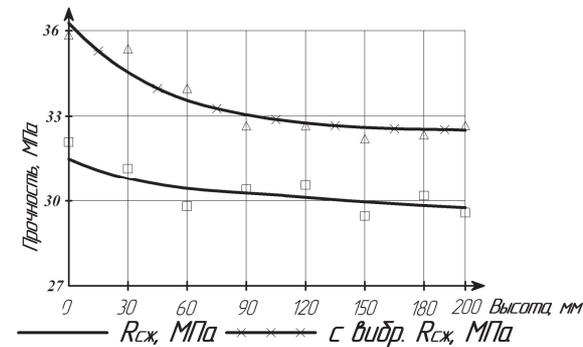


Рис. 6. Прирост прочности по высоте слоя бетонной смеси жесткостью $J_2 = 142$ с

По результатам проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

– подтверждена эффективность применения устройства с высокочастотным воздействием заглаживающего диска на обрабатываемую поверхность по сравнению с рабочим органом, не совершающим колебаний;

– под воздействием высокочастотных колебаний происходит прирост прочностных свойств изделия, обработанного данным рабочим органом;

– наибольший прирост прочности наблюдается при обработке повышено-жестких смесей (рис. 6) – до 18 %, а наименьший – при обработке смесей средней жесткости (рис. 5) – до 11 %; при обработке особо жестких смесей прирост прочности в среднем составляет 14 % (рис. 7).

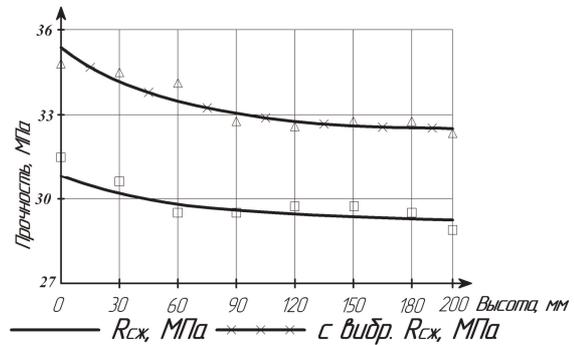


Рис. 7. Прирост прочности по высоте слоя бетонной смеси жесткостью $J_3 = 196$ с

Литература

1. Афанасьев, А.А. Миграция воздушных образований в процессах уплотнения бетонных смесей / А.А. Афанасьев // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1976. – № 10. – С. 137–142.
2. Афанасьев, А.А. Технология импульсного уплотнения бетонных смесей / А.А. Афанасьев. – М.: Стройиздат, 1987. – 166 с.
3. Баженов, Ю.М. Технология бетона: учеб. пособие / Ю.М. Баженов. – М.: Высш. шк., 1987. – 415 с.
4. Баженов, Ю.Н. Технология бетонных и железобетонных изделий / Ю.Н. Баженов, А.Г. Когар. – М.: Наука, 1984. – 349 с.
5. Зоткин, А.Г. О влиянии состава бетона на снижение прочности при недоуплотнении / А.Г. Зоткин, О.А. Гринберг // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1971. – № 4. – С. 86–91.
6. Савинов, О.А. Вибрационная техника уплотнения и формования бетонных смесей / О.А. Савинов, Е.В. Лавринович. – Л.: Стройиздат, 1986. – 280 с.
7. Хаютин, Ю.Г. Монолитный бетон / Ю.Г. Хаютин. – М.: Стройиздат, 1991. – 573 с.
8. ГОСТ 26633–91.