

необходимо иметь не только средние или экстремальные значения параметров наружного воздуха, но и характеристику динамики изменения метеорологических условий и их вероятность соразмерно тому, насколько динамичны технологические процессы в строительном производстве.

Л и т е р а т у р а

1. Миронов С.А. Теория и методы зимнего бетонирования. М., 1975. 2. Зимнее бетонирование и тепловая обработка бетона. Под ред. С.А. Миронова. М., 1975. 3. Справочник по климату СССР, вып. 7. Л., 1968-1970.

УДК 666.97.033.16

С.С.Атаев, докт.техн.наук, Л.Ф.Калмыков,
В.Е.Карамзин, канд-ты техн.наук

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЛУБИНЫХ ВИБРАТОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМЫ РАБОЧЕГО ОРГАНА

В условиях массового применения монолитных железобетонных конструкций особое значение приобретает задача создания высокопроизводительного оборудования для виброуплотнения бетонных смесей.

Очевидно, что настало время перехода на механизированные способы уплотнения бетонных смесей на основе применения мощных глубинных вибраторов с более эффективными рабочими органами [1]. С этой целью необходимо установить критерии, характеризующие близкие к оптимальным значения интенсивности и продолжительности вибрационного воздействия в зависимости от принятых реологических характеристик бетонных смесей. Эти критерии могут явиться также основой для сопоставления технологической эффективности различных типов вибраторов и обоснования их применения в конкретных условиях.

Ранее было установлено [2], что в качестве таких критериев можно принимать величину волнового давления, действующего на бетонную смесь, и частоту колебаний вибратора. При этом частота колебаний вызывает тиксотропию цементного теста, а волновое давление активизирует внутренние силы взаимодействия в его структуре и способствует уплотнению бетонных смесей.

Методом измерения волновых давлений была исследована эффективность глубинных вибраторов с различной формой рабочего органа. При этом использовали: серийные глубинные вибраторы ИВ-60 (частота колебаний 96 Гц, максимальная амплитуда колебаний на уровне низа рабочего наконечника в воздухе 0,9 мм); экспериментальные образцы глубинных вибраторов ИВ-60 с двумя и четырьмя лопастями (амплитуды колебаний соответственно 0,75 и 0,64 мм); пакет из двух вибраторов ИВ-60 в серийном исполнении; плоскостные виброизлучатели, состоящие из двух глубинных вибраторов ИВ-60, соединенных стальной плитой размером 700 x 350 мм [3] (частота колебаний 96 Гц, амплитуда колебаний в воздухе на уровне низа плиты 0,6 мм).

Исследования проводились в специальной опалубке круглого очертания в плане диаметром 2 м и высотой 1 м, форма и размеры которой позволяли провести испытания в условиях, исключающих отражение и интерференцию волн. Вибраторы подвешивали вертикально к порталу над центром опалубки таким образом, чтобы их рабочие наконечники находились на расстоянии 60 мм от днища. Каждый вибратор крепился при помощи гибкой двухшарнирной подвески, исключающей влияние подвеса на величину амплитуды его колебаний.

В опытах применяли бетонные смеси на плотных заполнителях с осадкой конуса 10...30 мм.

Для измерения давлений использовали месдозы. Амплитуда колебаний измерялась датчиками ВИЛ-49. Волновые давления внутри бетонной смеси измеряли четырьмя месдозами, установленными на уровне 140 мм от днища формы. Приборы располагали попарно на расстояниях 200, 400, 600 и 800 мм от места опускания рабочего наконечника вибратора. Для определения амплитуды колебаний вибратора на рабочей части каждого из них устанавливали три датчика ВИЛ-49 (рис. 1). Максимальное давление, которое вибратор передает в бетонную смесь, замеряли месдозой, установленной на корпусе вибратора в нижней его части на расстоянии 80 мм от низа рабочего наконечника.

Регистрирующая аппаратура включала электронный тензометрический усилитель 8 АНЧ и осциллограф Н-107. Съемку процесса вели синхронно со всех приборов на фотобумажной ленте со скоростью протяжки 10, 160 и 640 мм/с. Контроль качества уплотнения бетонной смеси осуществляли с помощью комбинированных электродов и датчиков плавающего типа.

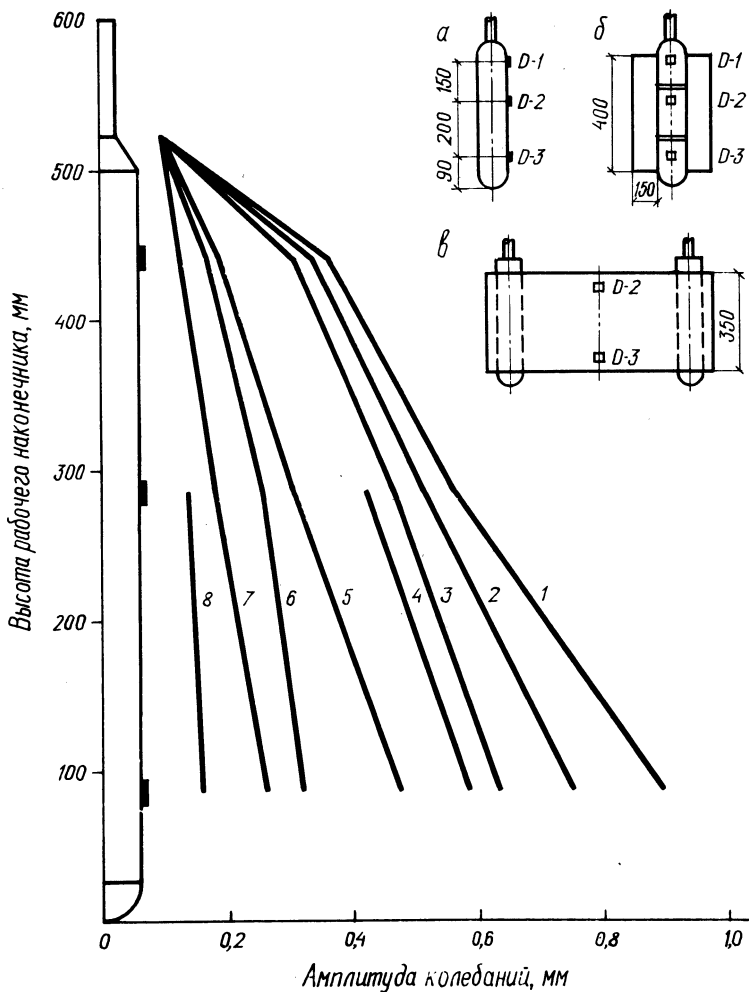


Рис. 1. Характер колебаний рабочего наконечника вибратора в бетонной смеси: 1, 5 – амплитуда колебаний вибратора ИВ-60 в воздухе и бетонной смеси; 2, 6 – то же, вибратора с двумя лопастями; 3, 7 – то же, вибратора с четырьмя лопастями; 4, 8 – то же, плоскостного виброизлучателя; а – одиночный вибратор; б – двухлопастной; в – плоскостной виброизлучатель.

Испытания проводили в приведенной ниже последовательности: после заполнения полости опалубки бетонной смесью до отметки 600 мм работающий вибратор вертикально погружали в смесь на глубину 180, 360 и 540 мм. Продолжительность вибрирования при этом увеличивается от 10 до 60 с. Одно-

временно с вибратором включали осциллограф для записи показаний всех датчиков. Запись производили для каждой глубины погружения вибратора как в начале, так и в конце заданного интервала времени. После выключения вибратора производили замеры омических сопротивлений бетонной смеси и все операции повторяли заново.

Глубинный вибратор показал линейное распределение амплитуд колебаний по высоте рабочего наконечника как в воздухе, так и в бетонной смеси. Таким образом, получено четкое подтверждение характера распределения амплитуд, установленного А.Е.Десовым [4].

Аналогичная картина получена и при испытаниях лопастных вибраторов в воздухе и в бетонной смеси, причем снижение амплитуд колебаний по сравнению с обычным цилиндрическим вибратором намного больше: у двухлопастного – в 1,3 раза, у четырехлопастного – в 1,3 раза (рис. 1).

Плоскостной виброизлучатель также показал снижение амплитуды колебаний в бетонной смеси по сравнению с амплитудой колебаний в воздухе в 3,4 раза.

По результатам записи волновых давлений можно судить о кинетике силового воздействия вибратора на бетонную смесь. Глубинный вибратор, взаимодействуя с бетонной смесью, создает переменное давление, причем до начала вибрации существует статическое давление, величина которого зависит от глубины расположения месдоз и степени уплотнения бетонной смеси. При включении вибратора статическое давление увеличивается до максимального значения. Одновременно возникает волновое давление, которое через некоторое время после начала вибрации также достигает предельной величины. Время, в течение которого давление в бетонной смеси стабилизируется, приняли за оптимальное время вибрирования. Импульсы волнового давления, распространяясь в виде упругих волн, переносят энергию вибратора по смеси.

Было установлено, что при удалении от рабочего наконечника вибратора величина волнового давления уменьшается. Аналогичная зависимость получена и для лопастного вибратора, причем величина волнового давления зависит от ориентации лопастей относительно измерительной плоскости месдоз. Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что двухлопастный вибратор по величине волновых давлений, создаваемых в зоне рабочего органа, не уступает цилиндрическому, несмотря на значительное снижение амплитуды колебаний при погружении

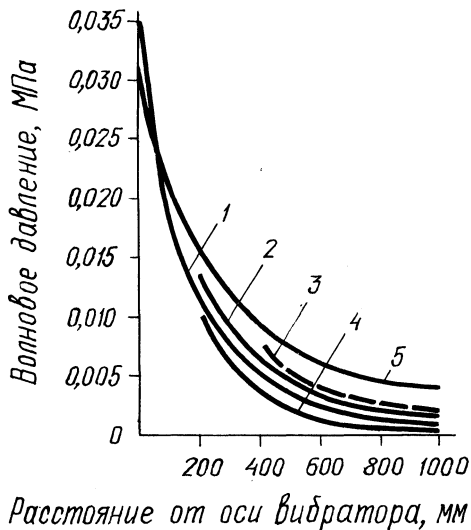


Рис. 2. Характер изменения величин волновых давлений: 1 — кривая затухания давления, создаваемого вибратором ИВ-60; 2 — то же, оребренного двумя лопастями (лопасти параллельны месдозе); 3 — то же, лопасти перпендикулярны месдозе; 4 — то же, оребренного четырьмя лопастями; 5 — то же, плоскостного виброизлучателя.

в смесь. Вместе с тем, вопреки общепринятому мнению [5, 6], вибраторы такого типа не имеют серьезных преимуществ по сравнению с цилиндрическими. Четырехлопастной вибратор по давлениям, создаваемым в зоне рабочего наконечника, значительно уступает цилиндрическому и двухлопастному (рис. 2).

Характер затухания давлений в бетонной смеси, создаваемых плоскостным виброизлучателем, остается таким же, как и при цилиндрическом вибраторе, но по абсолютной величине значительно отличается. Это подтверждается также характером изменения коэффициентов затухания β , определенных по величинам волновых давлений для различных вибраторов (табл.1).

Таблица 1. Значения β_{-1} для вибраторов различных типов, мм

Тип вибратора	Расстояние от вибратора, мм			
	200	400	600	800
ИВ-60	0,0069	0,0056	0,0046	0,0053
ИВ-60, оребренный двумя лопастями	0,0065	0,0024	0,003	0,0033
То же, с четырьмя лопастями		0,0063	0,0063	
Плоскостной виброизлучатель	0,006	0,0031	0,0026	0,0027

Для определения величины и характера распределения волнового давления от пакета из двух вибраторов в опалубке на отметке 140 мм от ее днища были установлены три месдозы на расстоянии 150 мм между ними. Сначала эксперименты были проведены при зафиксированном расстоянии между вибраторами 700 мм. Поочередное и одновременное включение двух вибраторов позволило установить распределение давлений в зоне действия пакета. Оптимальное расстояние между вибраторами в пакете в диапазоне 500... 1200 мм определяли, измеряя давление.

Установлено, что одновременная работа двух вибраторов в пакете приводит к возрастанию волнового давления в любой точке между ними. Это возрастание зарегистрировано всеми приборами. При этом амплитуда давления равна сумме амплитуд давлений составляющих колебаний, но суперпозиция их приводит к биению с частотой, равной $1/6...1/8$ от частоты колебаний вибратора. Биение вызвано сложением импульсов, идущих от двух вибраторов, колебания которых по амплитудно-частотной характеристике почти не отличаются, а по фазе имеют значительное различие. Аналогичная картина была получена нами также в работе [3].

Было установлено, что уменьшение расстояний между вибраторами пакета, начиная с 1200 мм, приводит к возрастанию давлений, максимум которых достигается при 700 мм. При этом расстоянии максимальные значения отмечаются по всем трем месдозам. Дальнейшее уменьшение расстояний между вибраторами не приводит к возрастанию давлений. Наоборот, происходит уменьшение их на 8...10%.

Таким образом, двухлопастной вибратор по волновым давлениям, создаваемым в зоне рабочего органа, не уступает цилиндрическому, несмотря на значительное снижение амплитуды колебаний при погружении в смесь. Однако эти вибраторы не имеют серьезных преимуществ по сравнению с цилиндрическими. Четырехлопастной вибратор значительно уступает цилиндрическому.

Полученные результаты при исследовании одновременной работы двух вибраторов в пакете подтверждают возможность гашения давлений, излучаемых отдельными вибраторами пакета, и показывают, что особое внимание при создании пакетов вибраторов должно быть уделено определению оптимального расстояния между ними.

Плоскостные виброизлучатели по давлениям, создаваемым в бетонной смеси, несмотря на большие потери амплитуд колеба-

ний при их погружении, значительно превосходят цилиндрические вибраторы. При этом замечено, что виброизлучатели обеспечивают эффективное уплотнение бетонных смесей с осадкой конуса менее 10 мм.

Л и т е р а т у р а

1. Миклашевский Е.П. и др. Механизация уплотнения бетонной смеси в монолитных конструкциях. - "Бетон и железобетон", 1974, № 1. 2. Калмыков Л.Ф. Исследование влияния волнового давления на кинетику виброуплотнения аглопоритобетонных смесей при возведении монолитных конструкций. - В сб.: Тез. докл. УШ конф. молодых ученых и специалистов Прибалтики и БССР. Рига, 1975. 3. Прохоркин С.Ф., Миронов Ю.Б. Уплотнение бетонной смеси при возведении монолитных фундаментов. - "Механизация строительства", 1975, № 1. 4. Десов А.Е. Вибрированный бетон. М., 1956. 5. Миклашевский Е.П. Взаимодействие внутреннего вибратора в бетонной смеси. - В сб.: Теория формирования бетона. М., 1969. 6. Гольдштейн Б.Г. Выбор параметров глубинных вибраторов для уплотнения бетона. М., 1968.

УДК 693.546:51.001.57

А.С.Стаценко

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ БЕТОНОНАСОСА И АВТОБЕТОНОСМЕСИТЕЛЕЙ

При производстве бетонных работ с применением бетононасосов в комплекте с ними используются автобетоносмесители, обеспечивающие доставку бетонной смеси без ухудшения качества и регулируемую подачу ее в приемный бункер без перегрузочных устройств.

Рассматривая процесс укладки бетонной смеси как равномерный, протекающий в заданном режиме, необходимое количество автобетоносмесителей, обеспечивающих непрерывную работу бетононасоса, можно определить по формуле

$$N = \frac{T_1 + T_2}{T_3} + 1, \quad (1)$$