

- Д.А. Єрмоленко, О.І. Лапенко. – Полтава: АСМІ, 2009. – 322 с.
5. Пат. на кор. модель № 41231 Україна, МПК (2006) E04B 1/02 Збірна плита перекриття зі сталевим обрамленням / Л.І. Стороженко, О.В. Нижник; власник ПолтНТУ. – 2009, Бюл. № 9.
 6. Пат. на кор. модель № 45788 Україна, МПК (2009) E04B 5/43 Вузол з'єднання надколонних плит безбалкового перекриття з трубобетонною колонною / Л.І. Стороженко, В.В. Муравльов, О.В. Нижник; власник ПолтНТУ. – 2009. Бюл. №22.
 7. Пат. на кор. модель № 45790 Україна, МПК(2009) E04B 5/00. Вузол з'єднання плит у збірному безбалковому перекритті / Л.І. Стороженко, О.І. Лапенко, О.В. Нижник; власник ПолтНТУ. – 2009. Бюл. №22.
 8. Пат. на кор. модель № 47176 Україна. МПК (2009) E04B 5/00 Безбалкове збірне перекриття з плит зі сталевим обрамленням / Л.І. Стороженко, О.В. Нижник; власник ПолтНТУ. – 2010, Бюл. № 2.

УДК 693.547.2

БЕТОНЫ НА МЕЛКИХ ПЕСКАХ

д.т.н., проф. Сторожук Н.А.

ГВУЗ "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры"

Постановка проблемы. Местные пески являются одними из наиболее дешевых и распространенных строительных материалов. Они не требуют дальних перевозок и, соответственно, многократных перегрузок. Кроме этого, среди общих геологических запасов песка преобладают залежи мелких песков [1].

Мелкие пески, которые характеризуются низкой стоимостью, если и нашли некоторое использование в промышленности строительных материалов и, в частности, в производстве сборного железобетона и при возведении конструкций из монолитного бетона, то используются еще не рационально. Неудовлетворительный гранулометрический состав, большая удельная поверхность (300...500 г/см²) и наличие загрязняющих примесей (пыль, глина) неизбежно приводят к увеличению водопотребности бетонной смеси и, соответственно, к перерасходу цемента, который может составлять 25...60%.

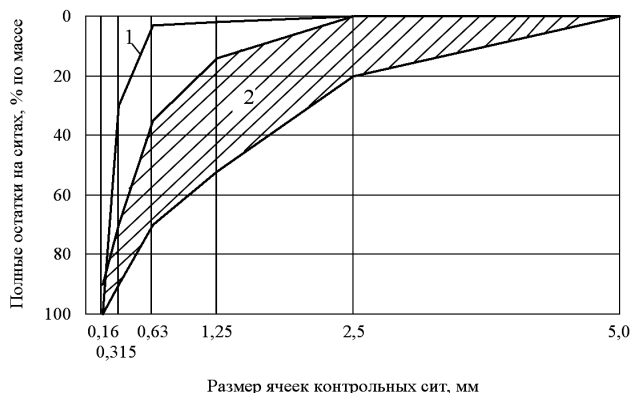
Проблема использования мелких песков, залежи которых в Украине составляют более 95% всех запасов, является достаточно актуальной. Определение возможностей и путей эффективного использования таких песков в бетонах является обязательным условием, которое обеспечит значительное улучшение технико-экономических показателей строительства, снижение стоимости бетона и железобетонных изделий, а также значительное уменьшение перевозок.

Важность решения проблемы использования местных песков возрастает и в связи с тем, что в последние годы все чаще возникает вопрос о расширении использования в строительстве тонкостенных конструкций.

Известно, что для производства таких изделий (конструкций) в основном используют только мелкозернистые бетонные смеси [2].

Основной материал. Снизить расход цемента и улучшить технические свойства мелкозернистого бетона можно путем уменьшения водопотребности бетонной смеси. Для повышения плотности бетона вместе с уменьшением содержания излишней воды затворения необходимо также удалить воздух при уплотнении бетонной смеси в процессе формования изделия, т.е. необходимо ликвидировать противоречие между высокой водопотребностью бетонной смеси и прочностью бетона. В настоящее время есть много разных технологических приемов по удалению воды из бетонной смеси после ее уплотнения. Один из них – это вакуумирование (вибровacuумирование), которое обеспечивает удаление излишней воды затворения, частично воздуха и, соответственно, надлежащее уплотнение бетонной смеси.

С учетом изложенного нами проведены соответствующие исследования мелкозернистого песчаного бетона. Как заполнитель использовали днепровский песок ($M_{кр} = 0,9 \dots 1,2$, частный остаток на сите 016 составляет 55...65%). Гранулометрический состав такого песка приведен на рис. 1. Как вяжущее использовали портландцемент М400.



*Рис. 1. Гранулометрический состав днепровского песка:
1 – кривая просеивания песка; 2 – зона допустимого стандартом
гранулометрического состава*

Формовали образцы 150x150x70 мм вакуумированием и для сравнения вибрационным способом из бетонной (растворной) смеси, подвижность которой характеризовалась $OK = 1 \dots 2$ см. Все образцы твердели в нормальных условиях. При определении прочности при сжатии образцы испытывали “на ребро“, а при определении прочности при изгибе использовали специальный шаблон и испытывали образцы как балку, нагруженную одной сосредоточенной силой. Результаты испытаний приведены на рис. 2 и на рис. 3.

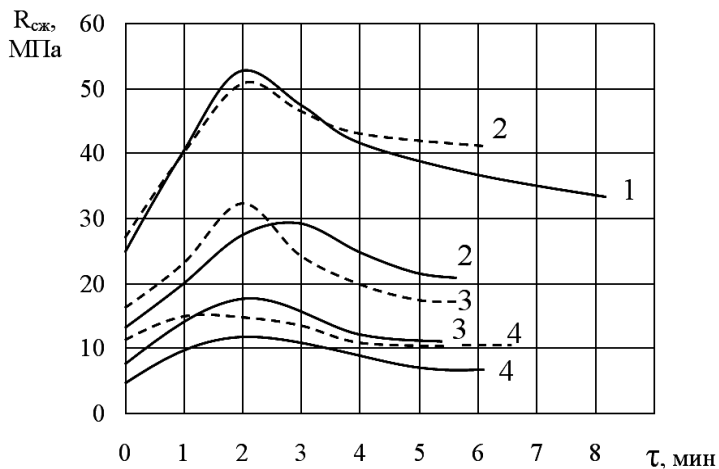


Рис. 2. Прочность бетонов при сжатии в зависимости от продолжительности вакуумирования:
 1 – состав Ц:П = 1:1; 2 – то же 1:2; 3 – то же 1:3; 4 – то же 1:4
 — в возрасте 7 суток; - - - в возрасте 28 суток

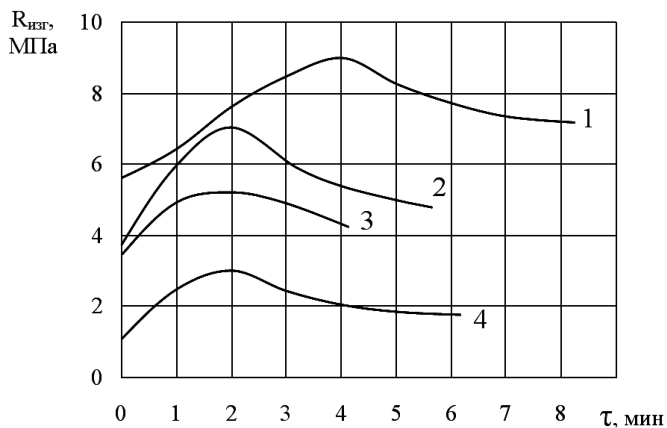


Рис. 3. Прочность бетона при изгибе в возрасте 7 суток в зависимости от продолжительности вакуумирования:
 1 – состав Ц:П = 1:1; 2 – то же 1:2; 3 – то же 1:3; 4 – то же 1:4

Увеличение прочности при сжатии песчаного вакуумированного бетона в возрасте 7 суток может составлять 200...250% в сравнении с виброуплотненным. Ускорение твердения и высокие показатели прочности вакуумбетона в ранние сроки имеет важное, и даже решающее значение, как при производстве сборных, так и при возведении монолитных конструкций. Прочность при сжатии вакуумбетона в возрасте 28 суток больше на 60...100% относительно виброуплотненного. Аналогичные закономерности получены для вакуумированного и виброуплотненного бетонов при определении прочности при изгибе (рис. 3).

Такое повышение прочности при применении вакуумирования позволяет снизить расход цемента на 30...40%, значительно улучшить при этом технические свойства мелкозернистых бетонов на мелком песке.

Касательно режима вакуумирования можно отметить следующее. С увеличением расхода цемента оптимальная продолжительность вакуумирования возрастает: для состава 1:4 – составляет 1...1,5 мин., а для составов 1:1, 1:2 – 2,5...3 мин.

Это можно объяснить тем, что с увеличением расхода цемента на 1 м^3 бетона плотность мелкозернистого бетона увеличивается, а пористость (диаметры капилляров) уменьшаются. С уменьшением диаметра капилляров сопротивление движению жидкости увеличивается, поэтому для извлечения заданного количества воды необходимо более продолжительное время вакуумирования или большая степень разрежения у вакуумполости вакуумщита.

Удаление воды из уплотняемого бетона при вакуумировании само по себе не способствует повышению прочности. Удаление воды полезно лишь при условии соответствующего уплотнения, что легко контролируется изменением плотности вакуумбетона [3].

Вакуумирование предоставляет возможность улучшить качество бетона и на крупном заполнителе и, особенно, если в таком бетоне как мелкий заполнитель используют мелкозернистый песок. При выполнении этих исследований для приготовления бетонной смеси использовали гранитный щебень фракции 10...20 мм и так же, как и в предыдущих опытах, днепропетровский песок, портландцемент М400. Образцы $150 \times 150 \times 70$ мм формовали из бетонных смесей с подвижностью ОК = 3...5 см составов 1:4; 1:6; 1:7,5; 1:9 (Ц:(П+Щ)) при разных соотношениях между песком и щебнем (П/Щ).

Продолжительность вакуумирования составляла 6 мин. при разрежении 60...70%. Перед вакуумированием бетонную смесь вибрировали 20 с и в процессе вакуумирования – через 1,5 мин. по 15 с [4]. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние состава бетонной смеси и способа уплотнения
на прочность бетонов

П/Щ	Прочность бетонов при сжатии (МПа) состава							
	1:4		1:6		1:7,5		1:9	
	Виброуплотненного	Вибровакуумированного	Виброуплотненного	Вибровакуумированного	Виброуплотненного	Вибровакуумированного	Виброуплотненного	Вибровакуумированного
0,30	43,3	51,2	26,7	34,2	18,5	21,2	9,5	12,0
0,36	45,6	53,4	30,1	35,8	14,2	24,0	11,6	14,1
0,42	44,2	54,8	30,8	37,5	22,3	26,3	19,8	17,2
0,50	43,8	58,2	30,2	42,0	22,5	31,2	15,2	20,5
0,58	42,4	58,0	28,7	43,7	20,6	33,4	13,8	21,7
0,67	41,3	57,3	28,9	43,0	20,3	34,0	14,2	24,3
0,77	37,7	54,9	26,7	42,5	18,3	32,9	12,5	23,1
0,88	36,2	51,7	25,1	38,8	16,2	39,1	11,1	22,7

Оптимальное соотношение П/Щ для вакуумбетонов на 20...35% выше, чем для виброуплотненных. Это способствует увеличению на 150...200 кг/м³ содержания песка на 1м³ бетона и, соответственно, уменьшению расхода дорогого привозного щебня. При этом прочность вакуумбетона при сжатии является на 30...40% большей, чем у виброуплотненного. При получении равнопрочных бетонов расход цемента уменьшается на 15...30% [5, 6].

Вакуумирование мелкозернистых и обычных бетонных смесей на мелких песках позволяет существенно улучшить и другие показатели бетонов (водонепроницаемость, морозостойкость, капиллярный подсос, деформативность и др.).

Ниже приведена одна из разработанных нами вибровакуумных технологий для производства железобетонных изделий – технология изготовления дорожных и тротуарных плит с полной немедленной распалубкой. При этом в основу разработки технологии положены следующие предпосылки.

Вакуумирование, как дополнительная операция, всегда окупит себя и даст значительный эффект, если наряду с положительными свойствами вакуумбетона (повышение плотности, прочности, морозостойкости,

водонепроницаемости, снижение усадочных деформаций, водопоглощения и др.) рационально использовать и некоторые специфические особенности вакуумбетона и технические возможности технологии, такие как:

- высокая структурная прочность свежесжатого вакуумбетона (до 0,2...0,5 МПа) и возможность немедленной распалубки, извлечение кладышей и т.п.;

- возможность извлечения из формы, транспортирования и штабелирования свежесформованных изделий при помощи вакуумщитов (используя эффект вакуумприсоса);

- интенсивное твердение вакуумбетона в начальные сроки.

Эти возможности вакуумной обработки могут быть рационально использованы в случае применения соответствующего оборудования и современной технологии. С учетом этого при разработке технологии изготовления дорожных и тротуарных плит с полной немедленной распалубкой предусмотрен вакуумщит с гибкой вакуумполостью, образованной резиновыми цилиндрическими выступами. Конструкция вакуумщита позволила применить оптимальное управление режимом вибровакуумирования, что положительно сказалось на качестве уплотнения бетона. Система трубопроводов запроектирована с минимальным гидродинамическим сопротивлением, применена соответствующая запорная арматура.

В рассматриваемом случае в качестве вакуумформы используется специальный поддон со сменной бортоснасткой. Поддон выполнен перфорированным (отверстия диаметром 16 мм расположены через 120...150 мм) для облегчения извлечения свежесформованного изделия при помощи вакуумщита. Перед укладкой бетонной смеси на поддон укладывают прокладки (из синтетической пленки или резины), предназначенные для создания фактурной поверхности изделия.

Технология изготовления дорожных и тротуарных плит с немедленной распалубкой прошла производственные испытания и внедрена на комбинате “Днепростройматериалы” (рис. 4).

Для формования изделий применяли:

- мелкозернистый бетон на мелком днепровском песке состава Ц:П = 1:3, в качестве вяжущего использовали портландцемент М400 (расход 426 кг/м³);

- обычный бетон состава Ц:(П+Щ) = 1:7,5, в качестве мелкого заполнителя использовали тоже мелкий песок, а крупный заполнитель – гранитный щебень фракции 10...20 мм, вяжущее М400 (расход 320 кг/м³);

- обычный бетон, в котором заполнители те же, что и в предыдущем составе, а в качестве вяжущего – местное известковошлаковое вяжущее М200 (расход 420 кг/м³).

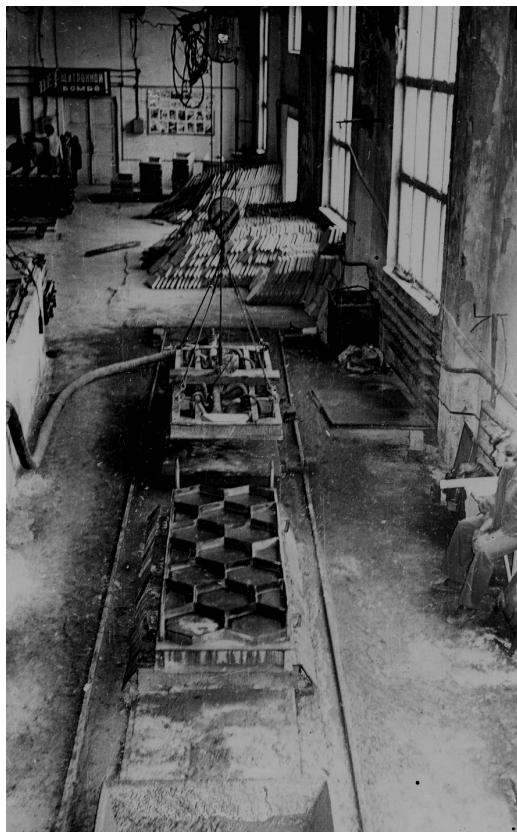


Рис. 4. Вибровакуумная технология изготовления тротуарных плит с полной немедленной распалубкой (извлечение из формы и транспортирование изделий на пост твердения)

Процесс изготовления железобетонных изделий заключается в следующем. На перфорированный поддон, закрепленный на виброплощадке с требуемой бортовой оснасткой, укладывают синтетическую пленку или рельефные листы. После этого производят укладку бетонной смеси оптимального состава, ее предварительное виброуплотнение и установку вакуумщита. В качестве фильтра используют перфорированную полиэтиленовую пленку [7]. К ней бетон не прилипает и она не требует ухода в процессе эксплуатации. После вакуумной обработки в течение 3...5 мин. с использованием оптимального управления формованием свежотформованные изделия при помощи вакуумщита за счет вакуумприсоса извлекают из формы вместе с прокладкой из пленки или

резины и транспортируют на пост естественного твердения. Во время этого в форму (поддон) на виброплощадке укладывают следующие прокладки и процесс формования повторяется.

На посту твердения свежесформованные изделия укладывают при помощи вакуумшита в 4...8 рядов, между которыми прокладкой служит синтетическая пленка (или резина), которая при формовании создает фактурную рельефную поверхность. Такая технология позволила исключить из технологического процесса парк форм (поддонов). При вызревании изделий в естественных условиях, они на следующий день приобретают транспортабельную прочность, что позволяет перевозить их на склад готовой продукции, где отпускную прочность они приобретают на 6...7-й день.

Производственными испытаниями установлено следующее. При использовании всех перечисленных видов бетонов по вибровакуумной технологии обеспечен требуемый класс бетона В25. Контрольные образцы из виброуплотненного бетона, отформованные по традиционной технологии, показали прочность на 40...60% меньшую, а у виброуплотненных изделий из мелкозернистого бетона она оказалась в 2 раза меньшей.

Интересные результаты также получены с использованием бетонов на местном вяжущем при изготовлении вакуумированных изделий, которые подвергались тепловой обработке при температуре 75...80 °С по режиму (2+2+6+2) час. После тепловой обработки получена прочность вакуумбетона 18,5...22 МПа, а в 28-суточном возрасте 28...31 МПа. Пропаренные изделия, отформованные вибрационным способом на указанном вяжущем, показали прочность в 1,5...1,6 раза меньшую. Резко повышаются и другие показатели вакуумированных изделий на этом вяжущем в сравнении с виброуплотненными (морозостойкость, усадочные деформации и т.п.).

Приведенные данные свидетельствуют о высокой эффективности технологии изготовления вакуумированных изделий с полной немедленной распалубкой.

Выводы. Вакуумирование при формовании изделий позволяет эффективно использовать мелкие пески как заполнитель для мелкозернистого и обычного бетонов. При этом повысить прочность песчаного бетона в 2 раза и более, а обычного бетона на 30...60% в сравнении с виброуплотненными бетонами. Это предоставляет возможность снизить себестоимость 1 м³ бетона за счет экономии цемента (15...30%) и замены части дорогого щебня дешевым местным песком.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гордон, С. С. Пески для бетонов [Текст]: монография / С. С. Гордон. – М: Промстройиздат, 1957. – 132 с.
2. Баженов, Ю. М. Высокопрочный мелкозернистый бетон для армоцементных конструкций [Текст]: монография / Ю. М. Баженов. – М: Госстройиздат, 1963. – 128 с.
3. Сторожук, Н. А. Прочность вибровакуумированного и виброуплотненного бетонов [Текст] / Н. А. Сторожук // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1989. – № 8. – С. 25-28.

4. Сторожук, Н. А. Управление режимом формования железобетонных конструкций [Текст] / Н. А. Сторожук // Строительные материалы и конструкции. – 1987. – № 3. – С. 29-31.
5. Конопленко, А. И. Оптимальный состав бетонной смеси, подверженной вакуумированию [Текст] / А. И. Конопленко, Н. А. Сторожук // Бетон и железобетон. – 1973. – № 5. – С. 28-32.
6. Сторожук, Н. А. Свойства вакуумбетона [Текст] / Н. А. Сторожук // Строительные материалы и конструкции. – 1990. – № 1. – С. 27-30.
7. Сторожук, Н. А. Фильтры для вакуумной обработки бетонных смесей [Текст] / Н. А. Сторожук // Строительные материалы и конструкции. – 1988. – № 2. – С. 28-30.

УДК 624

**ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТОВ КОМПЛЕКСА
ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ «ИЗУМРУДНЫЙ КВАРТАЛ» Г. АСТАНЫ**

*к.т.н., Султанов Г.А., инженер Бойко М.В.
ТОО «Базис-проект LTD», г. Алматы*

В период с 2006 по 2010 год в ряду достаточно сложных объектов проектирования ТОО «Базис-проект LTD» выделяется один - это высотный «Комплекс зданий «Изумрудный квартал на Водно-зеленом бульваре в г. Астане.»» (рис.1)



*Рис. 1. Комплекс зданий «Изумрудный квартал»
на Водно-Зелёном бульваре в городе Астане*