

таты сравнения различных вариантов расстановки ферм при реконструкции покрытия АО «Техника» приведены в таблице.

Сравнение вариантов расстановки ферм при реконструкции покрытия АО «Техника»\*

Основные ограничения оптимизации	Расстояние между фермами, м					
	3	2,5	2,25	2,1	2	1,5
Условие прочности элементов**	-	-	-	+	+	+
Условие устойчивости элементов	-	-	+	+	+	+
Сметная стоимость, грн.				8917,5	9595	10250

Анализ результатов расчета свидетельствует, что при условии выполнения основных ограничений (обеспечение прочности, жесткости, унификации и т.п.) наиболее оптимальным вариантом решения реконструкции покрытия АО «Техника» будет расстановка деревянных ферм с шагом 2,1 м – при таком решении будут соблюдены условия прочности и устойчивости элементов покрытия при минимальной сметной стоимости строительства.

1. Конструкции из дерева и пластмасс / Ю.В.Слицкоухов, В.Д.Буданов, М.М.Гапов и др.; Под ред. Г.Г.Карлсена и Ю.В.Слицкоухова. – М.: Стройиздат, 1986. – 543 с.

2. Серпик И.Н., Алексейцев А.В., Левкович Ф.Н., Тютюнников А.И. Структурно-параметрическая оптимизация стержневых металлических конструкций на основе эволюционного моделирования // Строительство: Известия высших учебных заведений. – 2005. – №8. – С.16-24.

*Получено 09.04.2007*

УДК 666.972

Н.П.БУРАК, канд. техн. наук, М.Д.ПОМАЗАН

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **ВАКУУМИРОВАНИЕ БЕТОНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Рассматривается технология обработки бетона вакуумом и целесообразность ее применения.

Развитию технологии вакуумбетона способствовали научные тру-

---

\* В качестве основных параметров оптимизации рассматривалось выполнение условий прочности и устойчивости несущих элементов, а при выполнении этих условий – сравнивалась сметная стоимость конструкции покрытия.

\*\* Знак «-» указывает на невыполнение данного условия, знак «+» – условие выполняется.

ды, выполненные ЦНИПС, Московским инженерно-строительным институтом, Ленинградским институтом инженеров коммунального строительства и др.

Научные работы первых лет освоения вакуумной технологии носили в основном эмпирический характер. В этих работах обычно сравнивались свойства вакуумированного и невакуумированного бетонов, таким образом, нарабатывались технология вакуумирования.

В работе [6] рассматривается использование вакуумного эффекта в технологии изготовления бетонных и железобетонных изделий. Вакуумирование может применяться как для нового строительства, так и при реконструкции [7].

В бывшем СССР была проделана огромная экспериментально-теоретическая работа по вопросу технологии вакуумирования и внедрения ее в практику строительства. Но с развалом Союза широко-масштабного внедрения так и не произошло по понятным причинам. Поэтому осталась проблема внедрения технологии вакуумирования в практику строительства, а на этом пути возникают сопутствующие проблемы и вопросы.

В данной работе рассматривается технология вакуумирования бетона и определяется целесообразность ее применения.

В свое время фирмой Рейнке был получен патент России на прибор для изготовления свободных от внутренних пустот искусственных камней [1]. Актуальным на то время являлись не только метод обезвоживания искусственных камней, но и способы механического уплотнения смеси. Один из предложенных способов уплотнения бетонной смеси представляет собой уплотнение бетона при помощи пневматического прибора.

В начале XX ст. в Германии была изобретена вибрационная машина, которая работала на разреженном воздухе с целью производства плотных изделий из бетона и других искусственных материалов [2]. Вибрирующая часть этого механизма представляла собой "храповиковую" виброплощадку, которая приводилась в колебательное движение при помощи вала с кулачками. На виброплощадку устанавливалась герметическая форма, соединенная гибкими трубками с вакуум-насосом и с разгрузочным бункером бетономешалки. Для изготовления изделия форма заполнялась смесью не на полную высоту, чтобы над поверхностью бетона оставалась воздушная прослойка, используемая в дальнейшем для сбора отсосанной при разряжении воды.

Однако оба эти опыта не были реализованы до середины 30-х годов прошлого столетия.

В 1935 г. американцем Биллинером был получен патент на способ

отливки бетонных изделий с применением разряжения [3]. Идея заключалась в том, что на предварительно утепленный слой бетонной смеси укладывали вакуумную коробку, которую соединяли с вакуум-насосом. На пути между ними устанавливали водоприемник для сбора отжатой воды.

Одновременно, в 1935 г. русский инженер П.И.Глужге предложил способ вакуумирования монолитного бетона при помощи «бездонного ящика» (колпака), имеющего прямоугольное или квадратное сечение, внутри перегороденного мелкоячеистой сеткой [4].

В бетонах поры между цементными зернами заполнены водой и мелкими воздушными пузырьками. Кроме того, воздух обволакивает часть поверхности зерен тонкими пленками, так как на смачивание необходимо некоторое время.

В момент создания в вакуумной полости на поверхности бетона пониженного давления равновесие внутренней структуры бетона нарушается. В пузырьках воздуха, внутри цементного теста, вблизи вакуумной полости, возникает избыточное давление, равное:

$$P = P_n - P_{\text{вак}},$$

где  $P_n$  – атмосферное давление;  $P_{\text{вак}}$  – давление вакуумполости.

Как только пузырьки воздуха в этом слое начинают расширяться, в следующем слое возникает избыточное давление. Данный процесс непрерывно развивается, пронизывая толщу бетона. В пузырьках действует переменное давление, от  $P_{\text{изб}}$  вблизи вакуумной полости до 0 в наиболее удаленном слое. Под действием избыточности давления размеры пузырьков уменьшаются, и по мере их растворения в воде толщина слоя бетона, вовлекаемого в процесс вакуумирования, возрастает. Следовательно, уплотнение бетонной смеси вакуумированием происходит послойно, при этом часть энергии, которая сначала расходуется на расширение воздушных пузырьков, не используется для уплотнения структуры цементного геля.

После того как весь объем воздуха растворился в жидкой фазе, давление передается на нее, далее начинается отсос жидкости, сопровождающийся сближением частиц цемента. Вначале это происходит со стороны вакуумной полости и постепенно процесс распространяется вглубь толщи бетона.

Вакуумирование способствует более полной гидратации цемента вследствие частичного удаления с поверхности твердой фазы адсорбированного воздуха. Это приводит к ускорению процесса твердения бетона и повышает его прочность в ранние сроки. Количество

жидкой фазы, остающейся после вакуумирования, еще не характеризует плотность бетона.

При вакуумировании цементный гель уплотняется, но строение зерен заполнителя не изменяется, поэтому не всегда вакуумирование будет способствовать росту плотности и прочности бетона. Вакуумирование необходимо сочетать с вибрированием бетонной смеси, так как без вибрационного воздействия нельзя должным образом уложить бетонную смесь даже при значительном водосодержании. Вибрирование позволяет увеличить плотность упаковки крупного заполнителя и, как следствие, уменьшить расход цемента.

Прочность вибровакуумного бетона больше прочности вибрированного на 30-40% соответственно для пластичных и вязких бетонных смесей.

Необходимо отметить, что сочетание виброуплотнения и вакуумирования приводит к снижению расхода цемента, а также к повышению качества бетона.

Процесс виброуплотнения и вакуумирования зависит от подвижности бетонной смеси, и чем она больше, тем предпочтительнее виброуплотнение после вакуумирования, так как при этом в процессе разжижения цементного геля исчезают каналы, по которым происходит фильтрация жидкой фазы. Наиболее приемлемым является сочетание вакуумирования с повторным виброуплотнением. При этом происходит внутреннее перераспределение жидкой фазы, способствующее активизации коагуляционного процесса. Наибольший эффект при этом получают, если повторное вибрирование проводить в конце индукционного периода становления структуры цементного камня.

Пористые заполнители снижают эффективность вакуумирования. Они "отсасывают" жидкую фазу из цементного геля, поэтому вакуумирование легкого бетона дает меньший эффект.

Однако, если исключить отсос жидкости заполнителем, насытив его предварительно водой, то при вакуумировании легких бетонов прочность может возрасти примерно на 35%, т.е. как для обычного тяжелого бетона.

Поэтому вибровакуумную технологию целесообразно применять в следующих случаях:

- при бетонировании конструкций с большой удельной поверхностью, а также стенок резервуаров, силосов, перегородок, тонкостенных и сводчатых конструкций и т.д.;
- при изготовлении изделий вибровакуумная технология приводит к увеличению прочности в начальные сроки и к увеличению оборачиваемости оснастки;

- при бетонировании конструкций и сооружений повышение морозостойкости и сопротивление истиранию, а также уменьшение усадочных деформаций является особенно важным (гидротехнические сооружения, аэродромы и т.д.).

1. Патент №3153, 1903, Россия.
2. Патент №369941, Peter Yaguer, Лондон.
3. Патент №89121, Биллинер, Нью-Йорк.
4. Авт. свид. №49142, 1935, СССР.
5. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. – М.: Стройиздат, 1981. – 463 с.
6. Полонский Л.А. Вукуумирование в технологии строительного производства на Севере. – Л.: Стройиздат, 1980. – 173 с.
7. Concrete International. November 2006. Vol.28 No.11

*Получено 29.03.2007*

---

---

## КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО

---

---

УДК 662.96

В.Е.БЕКЕТОВ, канд. техн. наук, М.В.БОРИСЕНКО, Г.П.ЕВТУХОВА

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

А.А.ЛОБОВ, канд. техн. наук

*Государственный научно-исследовательский углехимический институт, г.Харьков*

А.В.СВИРИН

*АОЗТ НТП «Котлоэнергопром», г.Харьков*

### **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА В ДЫМОВЫХ ГАЗАХ ТОПЛИВОПОТРЕБЛЯЮЩИХ АГРЕГАТОВ И ВЫБОР МЕТОДА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ВНЕДРЕНИЯ**

Рассматриваются существующие механизмы образования оксидов азота при сжигании топлива, анализируются существующие методы снижения выбросов оксидов азота в атмосферу и обосновывается выбор метода для промышленного внедрения.

Проблема защиты окружающей среды от загрязнения оксидами азота ( $\text{NO}_x$ ), образующимися при сжигании топлива в энергетических и промышленных котельных установках, стала актуальной еще в 80-е годы прошлого столетия [1]. В связи с этим рядом научно-исследовательских организаций были начаты исследования по снижению эмиссии оксидов азота в атмосферу.

Прежде всего, эти исследования были ориентированы на снижение оксидов азота за счет совершенствования топочного процесса. Вы-