

УДК 666. 983

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ МИНИМАЛЬНОГО ОТСКОКА КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ПРИ ТОРКРЕТИРОВАНИИ (ШПРИЦ – БЕТОНИРОВАНИИ) МАЛОГАБАРИТНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Емельянова И.А., д. т. н.,

Непорожнев А.С., к.т.н.

*Харьковский государственный технический университет  
строительства и архитектуры,*

Гузенко С.А, аспирант\*

*Харьковский государственный технический университет  
строительства и архитектуры*

Тел. (0619) 42-04-42

**Аннотация** – определены условия набрызга крупнозернистых бетонных смесей на вертикальные поверхности, которые должны обеспечить минимальный отскок крупного заполнителя при использовании малогабаритного оборудования. Найден зависимости для определения технологических параметров рабочего процесса торкретирования (шприц-бетонирования).

**Ключевые слова** – торкретирование (шприц-бетонирование), минимальный отскок крупного заполнителя, малогабаритное оборудование.

**Введение.** Известен широкий опыт внедрения малогабаритного оборудования, которое разработано в Харьковском государственном техническом университете строительства и архитектуры, в строительстве при ремонтных работах, реконструкции действующих зданий и сооружений, а также при возведении новых объектов. Оборудование работает на мелкозернистых бетонных смесях с максимальной фракцией заполнителя  $d_{\max} = 10$  мм при выполнении торкрет-работ и транспортировании бетонных смесей различной подвижности [1.2].

Особого внимания заслуживает изучение возможности использования такого оборудования для работ на крупнозернистых бетонных смесях, при выполнении шприц-бетонирования или транспортирования таких смесей на требуемые расстояния. Такой

вид работ возможен, как уже ранее освещалось [3], при использовании в технологическом комплекте дополнительной пневматической установки.

Одним из основных факторов, влияющих на качество наносимого покрытия на бетонируемую поверхность, является отскок, величина которого должна быть сведена до минимума. Это возможно при условии, что на поверхности будет образован слой из цементно-песчаной смеси, толщина которого достаточна для удержания в нем набрызгиваемых частиц крупного заполнителя. Частицы крупного заполнителя, при этом, должны иметь запас кинетической энергии, который достаточен для того, чтобы задержать эти частицы в нанесенном слое цементно-песчаной смеси. Движение таких частиц рассматривается в системе традиционных координат [4]. Перед набрызгом частицы смеси от бетонируемой поверхности находятся на расстоянии  $l$ . (рис.1).

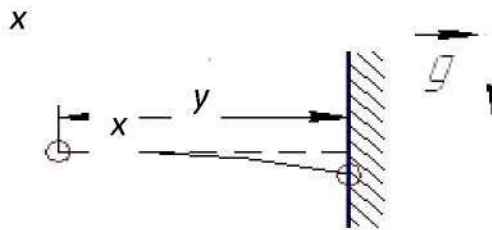


Рис. 1. Расчетная схема движения частиц бетонной смеси

В таком случае, скорость набрызга крупных частиц заполнителя ( $d_{\max}=20\text{мм}$ ) определяется из условий;

$$x = v_0 \cdot t; \quad y = \frac{gt^2}{2}; \quad v_x = v_0; \quad v_y = gt; \quad v(t) = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2};$$

$$t_{\text{полета}} = \frac{l}{v_0};$$

$$v_{\text{набрызга}} = \sqrt{v_0^2 + g^2 \frac{l^2}{v_0^2}} = \sqrt{\frac{v_0^2 + g^2 l^2}{v_0^2}}; \quad (1)$$

Таким образом, частица крупного заполнителя внедряется в слой цементно-песчаной смеси со скоростью  $v_{\text{набрызга}}$ ;

$v_0$  - начальная скорость движения частицы заполнителя;

$g$  - ускорение свободного падения;

$l$  - расстояние между торцом сопла и бетонируемой (торкретируемой) поверхностью;

$m$  - масса летящей частицы заполнителя;

Запас кинетической энергии, которую имеет частица крупного заполнителя при этом, может быть определен согласно формуле:

$$W_{(\text{кин})} = \frac{m \cdot v_{\text{набрызга}}^2}{2} \quad (2)$$

Преодолеть частице заполнителя гидравлическое сопротивление «квазижидкости» толщиной  $\Delta h$  рассматриваемой в качестве предварительно подготовленной постели возможно при условии, что путь, проходимый частицей до полной остановки должен быть менее, чем толщина подготовленной постели, т.е.  $\Delta h \leq H$  (рис. 2).

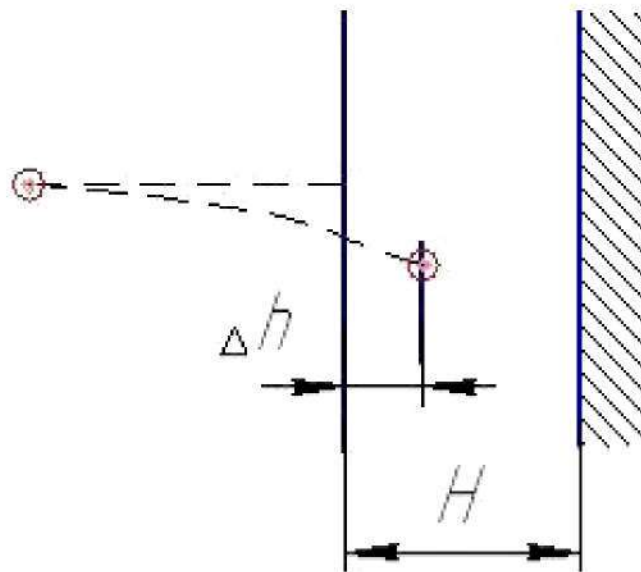


Рис. 2. Расчетная схема для определения пути движения частицы заполнителя в подготовленном слое цементно – песчаной смеси

$H$  - толщина предварительно нанесенного слоя цементно – песчаной смеси на торкретируемую поверхность, м;

$\Delta h$  - путь, проходимый частицей заполнителя до полной остановки в подготовленной постели смеси.

В соответствии с законом Стокса, работа, необходимая для преодоления гидравлического сопротивления, находится по формуле:

$$A_{\text{преод сил гидр.сопр.}} = 3\pi d_{\text{част.}} \cdot \mu \cdot v_{\text{набрызга}} \cdot \frac{\Delta h}{2}, \quad (3)$$

где:  $d$  – диаметр частицы крупного заполнителя;

$\mu$  - динамическая вязкость цементно – бетонной смеси.

Режим осаждения частиц ( $Re \leq 0.1$ ) считаем ламинарным. При этом, частица крупного заполнителя диаметром  $d_{\text{част.}}$  рассматривается шарообразной формы. Скорость  $v$  изменяется от  $v_{\text{набрызга}}$  до 0. Кроме того на частицу действует выталкивающая сила, сила Архимеда:

$$F_{\text{архимеда}} = \left( \frac{m}{\rho_{\text{те}}} \right) \cdot \rho \cdot g, \quad (4);$$

$\rho_{\text{те}}$  - плотность частицы заполнителя,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\rho$  - плотность квазижидкости,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

В первом приближении силой Архимеда,  $F_{\text{архимеда}}$  и работой на ее преодоление пренебрегаем. Тогда максимальная скорость, с которой частица щебня может внедриться в подготовленный поверхностный слой, определяется ограничением:

$$\frac{mv_{\text{набрызга}}^2}{2} \leq 3\pi d_{\text{ч}} \cdot \mu \cdot v_{\text{набрызга}} \cdot \frac{\Delta h}{2}, \quad (5);$$

Определим массу одной частицы щебня среднего диаметра (15мм);

$$m = \rho_{\text{те}} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left( \frac{d_{\text{ч}}}{2} \right)^3 = \frac{\rho_{\text{те}} \cdot \pi \cdot d_{\text{ч}}^3}{6}, \quad (6);$$

Пользуемся зависимостью (6) для определения величины  $m$ , подставив ее значение в формулу (5) с учетом гидравлического сопротивления. Скорость набрызга определяется согласно следующему условию: для определения скорости набрызга на обрабатываемую поверхность должно выполняться ограничение:

$$v_{\text{набрызга}} \leq \frac{18 \cdot \eta \cdot \Delta h}{\rho_{\text{те}} \cdot d_{\text{ч}}^2}, \quad (7);$$

Учитывая и беря во внимание зависимость (7) из указанных ограничений может быть найдена начальная скорость движения частицы заполнителя:

$$\frac{\sqrt{v_0^2 + g^2 l^2}}{v_0} \leq \frac{18 \cdot \eta \cdot \Delta h}{\rho_{\text{те}} \cdot d_{\text{ч}}^2}, \quad (8);$$

$$v_0 \leq \left\{ \frac{162 \cdot \eta^2 \cdot (\Delta h)^2}{\rho_{\text{те}} \cdot d_{\text{ч}}^4} + \sqrt{\left[ \frac{162 \cdot \eta^2 \cdot (\Delta h)^2}{\rho_{\text{те}} \cdot d_{\text{ч}}^4} \right]^2 - g^2 \cdot l} \right\}^{1/2} \quad (9);$$

Таким образом, для обеспечения минимального отскока крупного заполнителя от торкретируемой (шприц-бетонируемой) поверхности при максимально возможном внедрении его в подготовительный слой цементно-песчаной смеси должно выполняться приведенное ограничение (9)

При этом время до полной остановки частицы заполнителя в квазижидкости (подготовительном слое цементно-песчаной смеси) может быть найдено согласно зависимости (10):

$$t_{\text{oc}} = \frac{(m + M) \cdot \Delta h}{m \cdot v_0} \quad (10);$$

$M$  – присоединенная масса самой среды предварительно нанесенного слоя;

$v_0$  - начальная скорость движения частицы при выходе из сопла;

Тогда с учетом времени остановка частицы в подготовленном слое смеси толщиной  $H$  происходит на глубине  $\Delta h$  ( $\Delta h \leq H$ ) (рис. 2) Глубину  $\Delta h$  можно определить из выражения.

$$\Delta h = \frac{mv_0 \cdot t_{oc}}{(m+M)} - \frac{\xi \cdot \rho \cdot S_{с.ш.} \cdot m \cdot v_0^2}{16(m+M)^2} \cdot t_{oc}^2 (11);$$

где:

$\xi$  - коэффициент гидравлического сопротивления, зависящий от числа  $Re$  и формы частицы. Таким образом, зависимость (11) позволяет определить минимальную толщину подготовительного слоя цементно – песчаной смеси  $H_{min}$ , которая не позволяет частице крупного заполнителя попасть в отскок.

*Выводы.* Предложена методика определения условий обеспечивающих минимальный отскок крупного заполнителя  $d_{max}=20$ мм при торкретировании (шприц-бетонировании) вертикальных поверхностей.

Предложена зависимость для определения технологических параметров процесса торкретирования (шприц-бетонирования) при обработке вертикальных поверхностей: начальной скорости вылета заполнителя из рабочего сопла  $v_0$  и скорости набрызга на бетонируемую поверхность  $v$  набрызга

## Литература

1. Емельянова И.А. Определение скоростей набрызга при выполнении торкрет-работ малогабаритным оборудованием в условиях строительной площадки / И.А. Емельянова, С.А. Гузенко, А.А.Задорожный, А.С. Непорожнев // материалы международной научно-технической конференции «Интерстроймех-2009» - Бишкек: КГУСТиА, 2009 - С. 23-27.
2. Емельянова И.А. Зависимость скоростей движения частиц бетонной смеси от начальных условий рабочего процесса при использовании малогабаритного оборудования / И.А. Емельянова, С.А. Гузенко, А.А.Задорожный // Промышленная гидравлика и пневматика – Винница: ВДАУ, 2010 – С.16-19.
3. Емельянова И.А. К вопросу определения эффективности использования малогабаритного оборудования для работы на крупнозернистых бетонных смесях / И.А. Емельянова, С.А. Гузенко, А.А.Задорожный // Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА. Вип.51. – С. 201-205.

4. Романков П.Г. Гидро-механические процессы химической технологии / П.Г. Романков, М.И. Курочкина. – Л.: Химия, 1982. – 288с.

### **ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ МІНІМАЛЬНОГО ВІДСКОКУ КРУПНОГО ЗАПОВНЮВАЧА ПРИ ТОРКРЕТУВАННІ (ШПРИЦ-БЕТОНУВАННІ) МАЛОГАБАРИТНИМ ОБЛАДНАННЯМ**

Ємельянова І.О., Непорожнев А.С., Гузенко С.О.

*Анотація* – визначено умови набризгування крупнозернистих бетонних сумішей на вертикальні поверхні, що повинні забезпечити мінімальний відскок крупного заповнювача при використанні малогабаритного обладнання. Знайдено залежності для визначення технологічних параметрів процесу торкретування (шприц-бетонування).

### **THE DETERMINATION OF CONDITIONS OF LARGE FILLER'S MINIMUM REBOUND IN GUNITING (A SYRINGE CONCRETING) OF SMALL EQUIPMENT**

I. Yemelyanova, A. Neporojnev, S. Guzenko

#### *Summary*

The terms of raid of coarse-grained concrete mixtures are certain on vertical surfaces which must provide the minimum rebound of large filler at the use of small equipment. Dependences are found for determination of technological parameters of working process of guniting (a syringe is concreting).