

## **ДВУХПОРШНЕВЫЕ РАСТВОРОБЕТОНОНАСОСЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТОРКРЕТ-РАБОТ И ТРАНСПОРТИРОВАНИИ МАЛОПОДВИЖНЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ**

**Емельянова И.А.**

**Задорожный А.А.**

**Непорожнев А.С.**

*Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры*

---

В условиях строительства в Украине часто возникает необходимость в использовании малогабаритного оборудования при реконструкции и реставрации действующих сооружений прямо в условиях строительной площадки.

Использование торкрет-машин при вышеуказанных работах способом сухого торкретирования чревато целым рядом недостатков: громоздкость и металлоемкость машин, повышенный процент отскока, невозможность вторичного использования отскочившей смеси, повышенная запыленность.

Указанные недостатки позволяет ликвидировать способ мокрого торкретирования, который широко используется в Германии, США, Японии и других странах. Однако развитию оборудования и технологии мокрого торкретирования не уделяется должное внимание. Отсутствуют какие-либо сведения о научных исследованиях процесса мокрого торкретирования.

Харьковским государственным техническим университетом строительства и архитектуры выполнен большой объем исследований, на основании результатов которых создано новое малогабаритное эффективное оборудование мокрого торкретирования, запатентованное в Украине.

Новые машины созданы на базе растворонасосов, которые позволяют работать на малоподвижных бетонных смесях с максимальной фракцией заполнителя 10 мм.

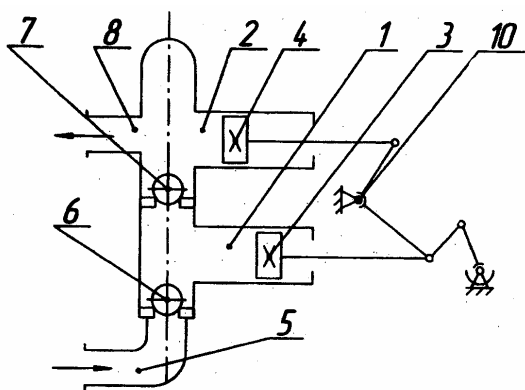
Создано несколько растворобетононасосов, конструкции которых совершенствуются на основании результатов опытного внедрения на действующих строительных объектах.

Принципиальные схемы разработанных растворобетононасосов представлены на рис. 1.

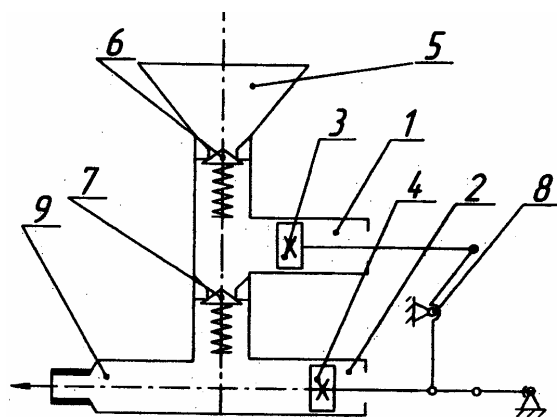
Двухпоршневой противоточный растворобетононасос (рис. 1, а) с вертикальной колонкой оснащен двумя цилиндрами – рабочим 1 и компенсационным 2, которые работают в противофазе в зависимости от всасывающего 6 и нагнетательного 7 шаровых клапанов. Выдача бетонной смеси в трубопровод 8 осуществляется компенсационным поршнем 4 [1].

Двухпоршневой прямоточный растворобетононасос с вертикальной колонкой (рис. 1, б) оснащен подпружиненным всасывающим 6 и нагнетательным 7 клапанами [2]. Использование прямой подачи смеси (сверху вниз) в трубопровод позволило перейти на малоподвижные смеси (подвижность П = 5...6 см). Однако на таких смесях всасывающий подпружиненный клапан стал зависать, что заставило вернуться к шаровому клапану. Кроме того, вертикальная колонка насосов, как показал опыт их эксплуатации, вызывает некоторые трудности с загрузкой бункера смесью на высоте порядка 1,5м. Двухпоршневые растворобетононасосы с вертикальной колонкой прошли апробацию при реконструкции и ремонте действующих

а) Двухпоршневой противоточный растворобетононасос (вертикальная колонка)

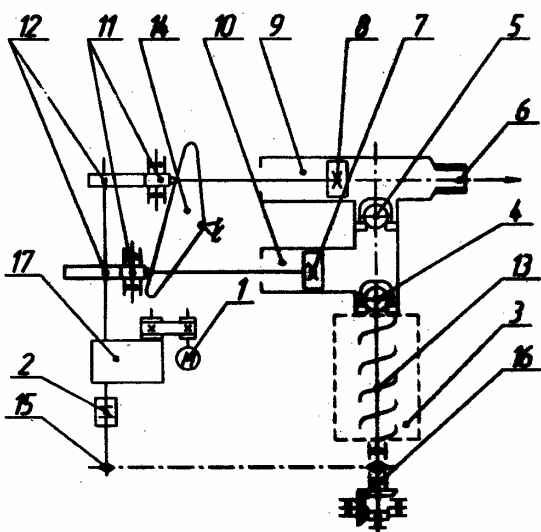


б) Двухпоршневой проточный растворобетононасос (вертикальная колонка)

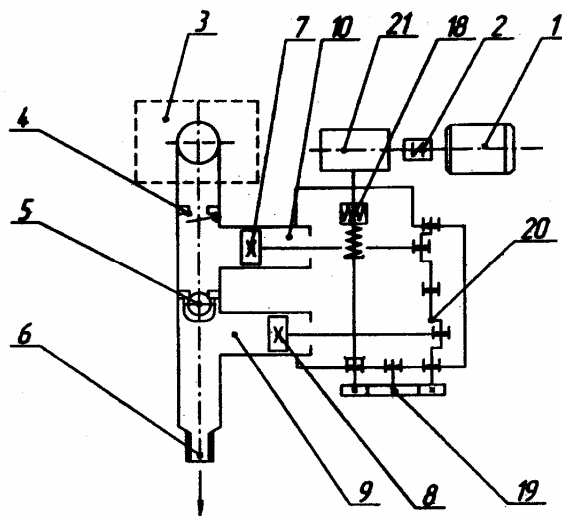


1 – рабочий цилиндр; 2 – компенсационный цилиндр; 3,4 – поршни; 5 – загрузочная воронка; 6 – всасывающий клапан; 7 – нагнетательный клапан; 8 – трубопровод; 9 – кулисный механизм; 10 – криво-шипно-шатунный механизм

в) Двухпоршневой проточный растворобетононасос с кулачковым приводом и принудительной загрузкой (горизонтальная колонка)



г) Двухпоршневой проточный растворобетононасос с коленчатым валом и храповой муфтой (горизонтальная колонка)



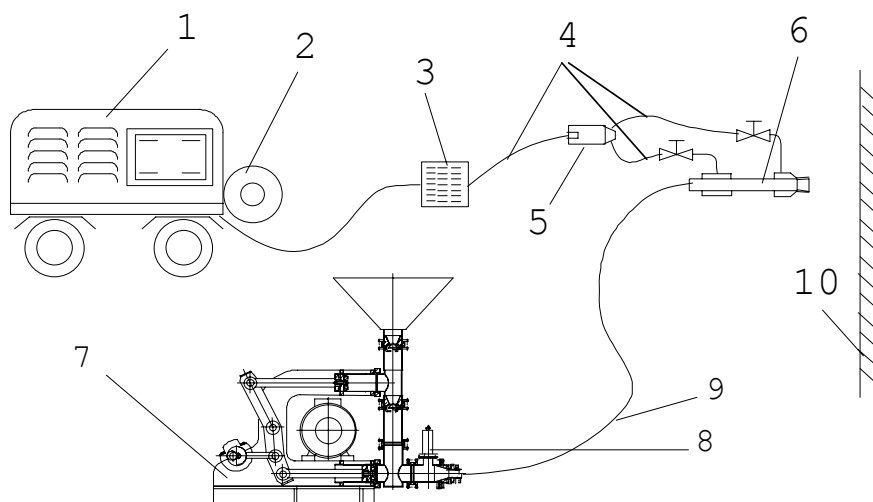
1 – эл. двигатель; 2 – муфта; 3 – загрузочный бункер; 4 – всасывающий клапан; 5 – нагнетательный клапан; 6 – выходной патрубок; 7 – рабочий поршень; 8 – компенсационный поршень; 9 – компенсационный цилиндр; 10 – рабочий цилиндр; 11 – приводные ролики; 12 – кулачки; 13 – шнековый вал; 14 – толкатель; 15 – цепная передача; 16 – коническая передача; 17 – цилиндрический редуктор; 18 – храповая муфта; 19 – зубчатая передача; 20 – коленчатый вал; 21 – редуктор.

Рис. 1. Принципиальные схемы разработанных растворобетононасосов

зданий и сооружений в Харькове, а также и в других городах Украины. В дальнейшем был создан двухпоршневой прямоточный растворобетононасос с кулачковым приводом и горизонтальным расположением цилиндров (рис. 1, в). При этом для возможности работать насосу на бетонных смесях подвижностью  $P=4...5$  см машину оснастили принудительной шнековой загрузкой (шнековый вал 13) [3]. У этого насоса приводная часть включает роликоопоры 11 и кулачки 12. Горизонтальное расположение цилиндров существенно облегчило процесс загрузки бункера смесью, так как верхняя кромка загрузочного бункера находится на высоте  $H=0,7$  м от основания машины. Подтверждение работоспособности двухпоршневого насоса с принудительной загрузкой и кулачковым приводом было получено при использовании указанной машины в условиях реконструкции фасада здания Облэнерго в Харькове.

В настоящее время на стадии завершения изготовления находится двухпоршневой прямоточный растворобетононасос с коленчатым валом и храповой муфтой, с горизонтальным расположением цилиндров (рис. 1, г). Наличие предохранительной муфты обеспечит безаварийность работы машины в экстремальных ситуациях.

Все растворобетононасосы созданы на основании методики расчета, которая построена по результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований. Технологическая схема выполнения торкрет-работ выполнена с возможностью установки каждого из вышеуказанных растворобетононасосов представлена на рис. 2.

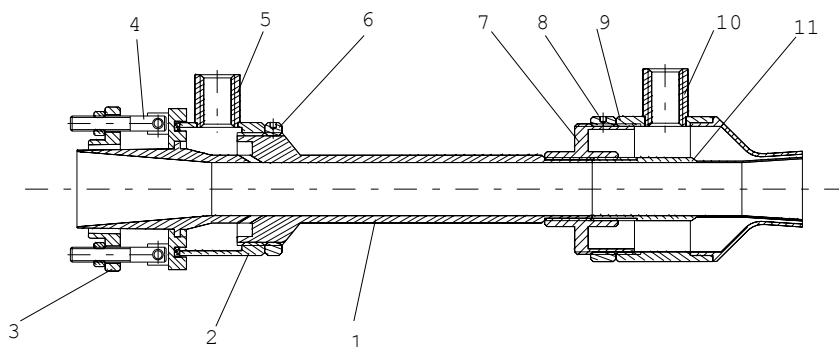


*1 – компрессор; 2 – ресивер; 3 – воздушный фильтр; 4 – воздушный шланг;  
5 – воздушный распределитель; 6 – торкрет-сопло с кольцевым насадком; 7 – прямоточный  
растворобетононасос; 8 – компенсатор; 9 – трубопровод подачи строительной смеси;  
10 – бетонлируемая поверхность.*

*Рис. 2. Технологическая схема производства работ способом мокрого торкретирования*

Комплект оборудования для выполнения работ способом мокрого торкретирования состоит из: компрессора 1, ресивера 2, воздушного фильтра 3, воздушного шланга 4, воздушного распределителя 5, торкрет-сопла 6, прямоточного двухпоршневого растворобетононасоса 7, компенсатора 8, трубопровода подачи строительной смеси 9.

Растворобетононасосом 7 бетонная смесь подается по резиноканевому рукаву 9 к торкрет-соплу с кольцевым насадком 6. Торкрет-сопло с кольцевым насадком, показанное на рис. 3, запатентовано в Украине [4].



1- камера смешения; 2- корпус рабочей воздушной камеры; 3- обхватный замок трубопровода; 4- откидной болт; 5- подвод сжатого воздуха; 6- контргайка; 7- переходник; 8- контргайка; 9- корпус кольцевого насадка; 10- подвод сжатого воздуха; 11- сопло.

Рис. 3. Торкрет-сопло с кольцевым насадком

Особенностью работы такого сопла является движение воздушно-бетонного потока, вылетающего из его центрального отверстия, в кольце воздушного потока, выходящего из щели между самим соплом и камеры распылителя. Такая конструкция сопла обеспечивает целенаправленную струю смеси на торкретируемую поверхность с минимальным процентом ее распыления в воздушном пространстве. К смесительной камере сопла от компрессорной установки по воздушным шлангам 4 подводится сжатый воздух. В смесительной камере сопла происходит смешивание воздуха с поступающей смесью, и далее воздушно-бетонный поток после вылета из сопла забрызгивается на торкретируемую поверхность 10. Для сглаживания неравномерности подачи (пульсаций) смеси при отсутствии в насосе воздушного колпака технологическая схема может оснащаться устройством, называемым компенсатором 8.

Компрессорная установка должна обеспечивать давление в ресивере 0,6...0,8 МПа. При этом, ее производительность определяется по формуле:

$$Q_{\text{комп}} = 5200 \cdot Q_{\text{ср}} , \quad (1)$$

где  $Q_{\text{ср}}$ - средняя производительность растворобетононасоса, м<sup>3</sup>/с.

Средняя производительность растворобетононасоса  $Q_{\text{ср}}$  может быть найдена как:

$$Q_{\text{ср}} = 0,5 \cdot D_{\text{цил}}^2 \cdot r \cdot w \cdot \eta_{\text{об}} \quad (2)$$

где  $D_{\text{цил}}$ - диаметр цилиндра насоса ( $D_{\text{цил}} = D_{\text{корп}}$ ), м;

$r$  – половина хода компенсационного поршня, м;

$w$  – угловая скорость кривошипа, с<sup>-1</sup>;

$\eta_{\text{об}}$  – объемный к.п.д. насоса.

При заданных значениях средней производительности растворобетоннасоса, объемном к.п.д. насоса и отношении  $l_{ш}=l_k=1$  половина хода компенсационного поршня ( $r$ ) и угловая скорость кривошипа ( $w$ ) связаны отношением:

$$r_k w = \frac{2Q_{cp}}{D_{цил}^2 \cdot \eta_{об}} \quad (4)$$

где  $r_k$  – радиус кривошипа;

$l_{ш}$  – длина шатуна, м;

$l_k$  – длина кривошипа, м.

Максимальная подача насоса рабочим поршнем превышает в два раза максимальную подачу насоса компенсационным поршнем в магистраль:

$$Q_{max} = f(\varphi) = \frac{\pi \cdot D_{цил}^2}{4} r_k w (\sin \varphi) \quad (5)$$

Мощность двигателя насоса, затрачиваемая на движение бетонной смеси в насосе  $N_{I_{max}}$ , равна произведению давления в насосе  $P_n$  и максимальной подачи насоса рабочим поршнем  $Q_{max} \cdot N_{I_{max}} = P_n \cdot Q_{max}$  и может быть найдена по формуле:

$$P_n = \frac{Q_{max}^2 \lambda \rho_0}{2\pi^2} \left[ \frac{n_c^2 \varepsilon_c}{R_{сед}^4} + \frac{R_{кл}^2}{R_{корп}^6} + \frac{5}{4R_{корп}^4} + \frac{1}{4R_{корп}^4} \right] + \frac{8\mu \cdot l \cdot Q_{max}}{\pi(R_{корп}^2 - R_{кл}^2) \left[ R_{корп}^2 + R_{кл}^2 - \frac{R_{корп}^2 - R_{кл}^2}{\ln \frac{R_{корп}}{R_{кл}}} \right]} + \frac{8\mu L}{\pi R_{корп}^4} \left( Q_{max} + \frac{\pi R^3 \tau_0}{3\mu} \right) \quad (6)$$

где  $\lambda$  – коэффициент Дарси;

$\rho_0$  – средняя плотность бетонной смеси, кг/м<sup>3</sup>;

$n_c$  – отношение площади поперечного седла клапана к площади поперечного сечения корпуса насоса;

$\varepsilon_c$  – коэффициент местного сопротивления в седле;

$R_{сед}$  – радиус седла клапана, м;

$R_{кл}$  – клапана, м;

$L$  – длина образующей конуса клапана, м;

$R_{корп}$  – радиус корпуса насоса, м;  $\mu$  – динамическая вязкость бетонной смеси, Па;

$L$  – длина пути движения бетонной смеси в насосе до транспортной магистрали на стадии нагнетания рабочим цилиндром, м.

Давление в транспортной магистрали  $P_m$ , требуемое для перекачивания по трубопроводу бетонных смесей на заданную длину и высоту при использовании компенсатора, определяется по формуле:

$$P_m = H\rho_0g + \frac{8\mu L}{\pi R_m^4} \left( Q_{cp} + \frac{\pi R_T^3 \tau_0}{3\mu} \right), \quad (7)$$

где  $H$  – требуемая высота подачи смеси при проведении торкрет-работ, м;

$L$  – требуемая длина подачи смеси;

$Q_{cp}$  – средняя производительность растворобетоннасоса, м<sup>3</sup>/с;

$R_m$  – радиус транспортного трубопровода.

В таком случае мощность двигателя насоса, затрачиваемая на перекачивание смеси по трубопроводу при использовании компенсатора, может быть найдена как  $N_2 = P_m \cdot Q_{cp}$ .

В окончательном виде формула для нахождения затрат мощности двигателя на работу насоса имеет вид:

$$N = \frac{N_{1max} + N_2}{\eta_{об}}. \quad (8)$$

Таким образом, приведенная методика расчета двухпоршневых растворобетоннасосов позволяет спроектировать машину, используемую не только для транспортирования мелкозернистых бетонных смесей, а и для выполнения на этих смесях торкрет-работ мокрым способом. Такие машины могут найти достойное место при локальных ремонтных работах мостов.

## Выводы

1. Разработаны растворобетоннасосы различных конструктивных решений для работы на малоподвижных бетонных смесях.
2. На основании теоретических и экспериментальных исследований найдены зависимости для определения основных показателей растворобетоннасосов: производительности и мощности.

## Литература

1. Емельянова И.А., Баранов А.Н., Задорожный А.А., Проценко А.Н. Использование оборудования «мокрого» торкретирования в условиях реконструкции зданий и сооружений. // ХДТУБА-ХОТВ-АБУ Харків: Науковий вісник будівництва № 2 – 1998. – С. 26-29.
2. Деклараційний патент 28374, Україна, Е04F21\06, 21\12. Прямоточний двоциліндровий диференційний розчинонасос / Ємельянова І.А., Гончаренко Д.Ф., Баранов А.М., Іванов В.П., Задорожний А.О. Опубл. 16.10.2000.
3. Деклараційний патент 52035А. Україна Е04F21/ 06, 21/12. Двоциліндровий розчинобетоннасос з кулачковим приводом та зворотною кулісою. / Ємельянова І.А., Баранов А.М., Задорожний А.О., Непорожнев О.С., Никонов Д.В., Ємельянов В.П. Опубл. 16.12.2002.
4. Патент України 18160А Україна. Е04В1/00, Е04В1/04. Спосіб одержання торкрет-бетону / Ємельянова І.А., Баранов А.М., Задорожний А.О. Опубл. 10.02.97.