

УДК 004.89

**БЕСПОРШНЕВЫЕ УНИВЕРСАЛЬНЫЕ БЕТОНОНАСОСЫ НОВОГО
КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ ДЛЯ
УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ**

Д-р техн. наук И.А. Емельянова, асп. Д.О. Чайка

**БЕЗПОРШНЕВІ УНІВЕРСАЛЬНІ БЕТОНОНАСОСИ НОВОГО
КОНСТРУКТИВНОГО РІШЕННЯ З ГІДРАВЛІЧНИМ ПРИВОДОМ ДЛЯ УМОВ
БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА**

Д-р техн. наук І.А. Ємельянова, асп. Д.О. Чайка

**NOT PISTONS UNIVERSAL CONCRETE PUMP NEW CONSTRUCTIVE SOLUTIONS
WITH HYDRAULIC ACTUATORS FOR THE CONSTRUCTION SITE.**

Doct. of techn. I.A. Emeljanova, graduate student D.O. Chayka

Целью написанной статьи явилось представление новой конструкции беспоршневого универсального бетононасоса с гидравлическим приводом и предлагаемым подходом к определению его работоспособности.

Разработана гидравлическая схема для управления универсальным шланговым бетононасосом и описана сущность ее работы.

Ключевые слова: универсальный шланговый бетононасос, гидравлический привод, крутящий момент, работоспособность, подвижность смеси.

Метою написаної статті стало подання нової конструкції беспоршневого універсального бетононасоса з гідравлічним приводом і пропонуванім підходом для визначення його працездатності.

Розроблена гідравлічна схема для управління універсальним шланговим бетононасосом і описана сутність її роботи.

Ключові слова: універсальний шланговий бетононасос, гідравлічний привод, крутний момент, працездатність, рухливість суміші.

Presents a new universal design without piston concrete pump with hydraulic drive.

A distinctive feature of the hydraulic circuit is the ability to control the operating parameters of the concrete pump when used for work on a different performance ($Q = 1 \dots 15$) according to the diameter of interchangeable hoses ($D = 32 \dots 75$ mm).

A hydraulic circuit for controlling a universal concrete pump hose and described the essence of her work.

The flow pattern used by the application of high-torque motors, which allow you to work, if necessary, concrete pump at low speeds.

The possibility of analysis of its performance in accordance with the above procedure.

Keywords: Universal hose concrete pump, hydraulic drive, torque, efficiency condition, the mobility of the mixture.

Для выполнения ремонтов и укрепления горных массивов реконструкции действующих зданий и рекомендуется использование комплектов сооружений, строительства тоннелей, малогабаритного оборудования для

проведення торкрет-работ мокрым способом, которые разработаны в Харьковском национальном университете строительства и архитектуры, изготовлены и прошли широкую апробацию в условиях строительства на различных объектах Харькова и других городов Украины [1,2]. В настоящее время создается беспоршневой универсальный бетононасос нового конструктивного решения с гидравлическим приводом, который также может быть рекомендован для решения вышеуказанных проблем [3].

В основу работы бетононасоса положена концепция механической мышцы – когда под действием силы прижатия ролика изменяется проходное сечение упругого шланга и бетонная смесь проталкивается от входа шланга к его выходу, создавая, таким образом, за роликом зону пониженного давления, в которую поступает бетонная смесь из бункера.

На рис. 1 представлен беспоршневой бетононасос, на который установлен гидравлический привод.

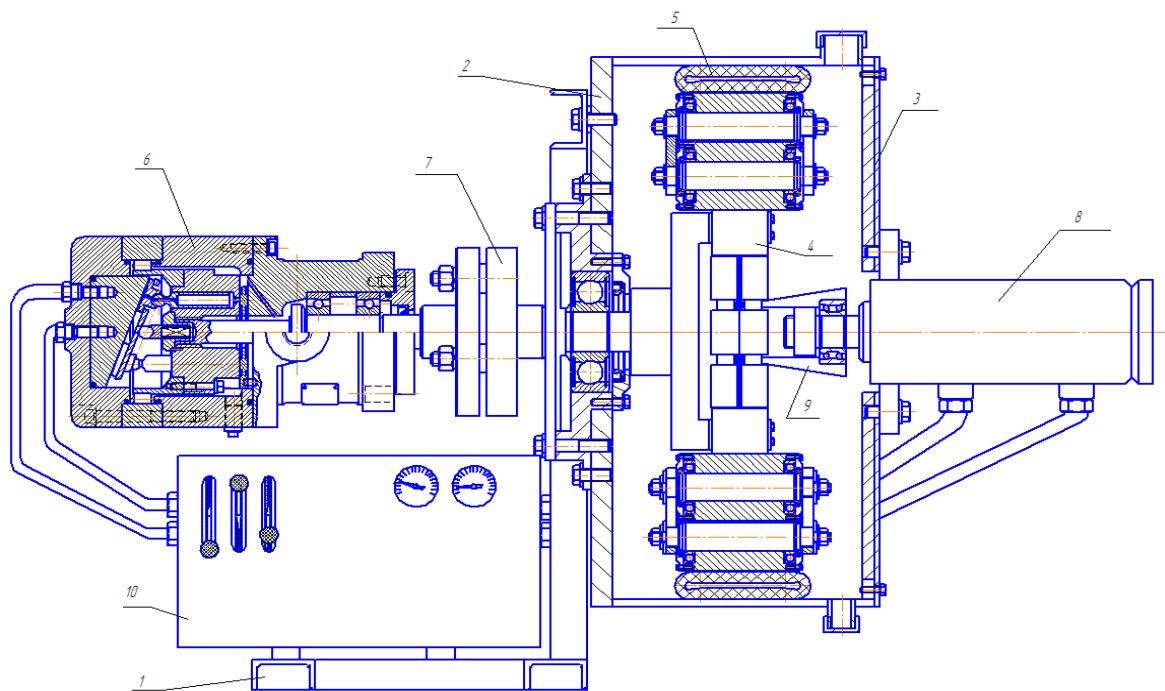


Рис. 1. Схема беспоршневого универсального бетононасоса нового конструктивного решения с гидравлическим приводом:

- 1 – рама; 2 – корпус насоса; 3 – крышка корпуса; 4 – ротор с роликами; 5 – гибкий шланг; 6 – гидромотор; 7 – муфта; 8 – гидроцилиндр; 9 – конический наконечник; 10 – гидрораспределительный узел

На рис. 2 показана предлагаемая гидравлическая схема для беспоршневого универсального бетононасоса нового конструктивного решения.

Гидравлическая схема работает следующим образом.

При включении электродвигателя *M* приводится во вращение вал насоса *H* и

рабочая жидкость при выходе через гидрораспределитель *P4* сливается в бак *B*. Этим обеспечивается минимальный нагрев рабочей жидкости при неработающей гидросистеме. Золотник *P4* находится в таком положении, как показано на рис. 2. При запуске бетононасоса подается ток на электромагнит *Y7* и золотник

гидрораспределителя $P4$ смещается влево, перекрывая слив рабочей жидкости в бак B . Таким образом, насос будет запущен без

рывков и пикового повышения давления при нагнетании масла.

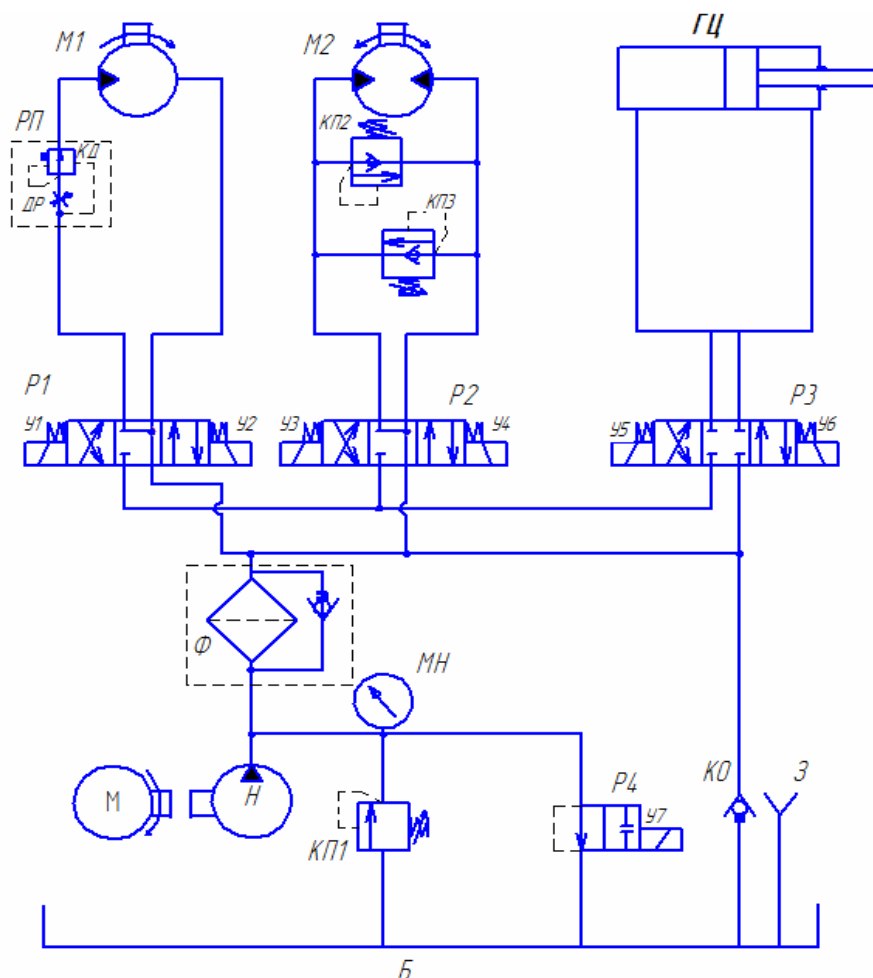


Рис. 2. Гидравлическая схема бетононасоса:

H – насос; $M1$, $M2$ – высокомоментные гидромоторы; PP – регулятор потока; MH – манометр; $KP1$ – клапан предохранительный; $KP2$, $KP3$ – антикавитационные клапана; $P1$, $P2$, $P3$, $P4$ – распределитель; KO – клапан обратный; $ГЦ$ – гидроцилиндр; Φ – фильтр

Настройку давления в гидросистеме производят предохранительным клапаном $PK1$ и контролируют манометром MH . Рабочая жидкость при выходе из насоса H через фильтр Φ поступает на входы гидрораспределителей $P1$, $P2$, $P3$ с электромагнитным управлением. Линии слива $P1$, $P2$ и $P3$ соединены через обратный клапан OK , настроенный на давление 0,05 МПа, с баком B . Таким

образом, обеспечивается плавное включение в работу гидромоторов $M1$, $M2$ и гидроцилиндра $ГЦ$.

Гидромотор $M1$ приводит в действие вал ворошителя, расположенного в загрузочном бункере бетононасоса. Регулятор потока PP поддерживает с помощью дросселя $ДР$ стабильную работу гидромотора $M1$, независимо от перепада давления подводимого и отводимого

потоков рабочей жидкости, обеспечивая, таким образом, требуемую частоту вращения вала ворошителя. Регулирование частоты вращения гидромотора *M1* осуществляется настройкой дросселя *ДР* регулятора потока *РП*.

Включение гидромотора *M2*, который приводит в действие ротор бетононасоса, обеспечивается подачей тока на электромагниты *У3* или *У4* гидрораспределителя *Р2*, при этом в зависимости от наличия тока на управляющих электромагнитах гидромотор *M2* вращается влево или вправо. В этом случае магистраль питания гидросистемы соединяется с одной из полостей гидромотора *M2*, а вторая его полость – со сливом. Для защиты от перегрузок

(забросов давления) при резком разгоне или торможении бетононасоса магистрали подвода – отвода рабочей жидкости гидромотора *M2* снабжены предохранительно антикавитационными клапанами *КП2* и *КП3*. Регулирование частоты вращения гидромотора *M2* осуществляется регулированием давления в гидросистеме бетононасоса с помощью предохранительного клапана *КП*.

Через гидрораспределитель *Р3* обеспечивается работа гидроцилиндра *ГЦ*, шток которого управляет механизмом прижатия роликов ротора бетононасоса к шлангу подачи бетонной смеси.

На рис. 3 представлена расчетная схема для определения крутящего момента на валу ротора бетононасоса.

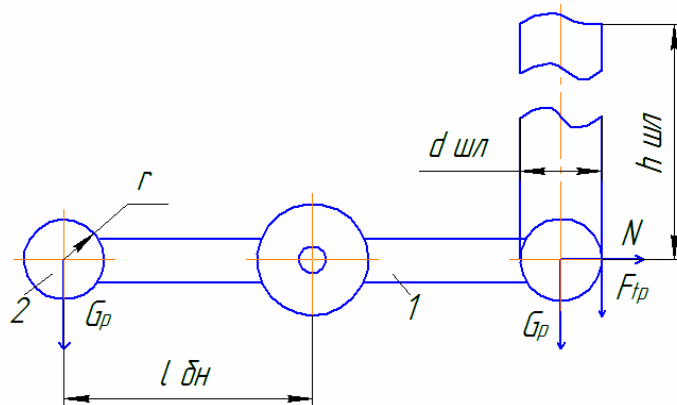


Рис. 3. Расчетная схема для определения крутящего момента на валу ротора бетононасоса:
1 – рычаг; 2 – ролик

Согласно расчетной схеме определяется крутящий момент на валу ротора бетононасоса:

$$M_{кр\ в\ бн} = F_g l_{бн} + F_{тр\ шл} (l_{бн} + r_p), \quad (1)$$

где F_g – сила, обусловленная весом бетонной смеси, находящейся в шланге;

$F_{тр\ шл}$ – сила трения между роликом и шлангом;

$F_{пр}$ – сила прижима ролика к шлангу.

$$F_g = \frac{\pi d_{шл}^2}{4} \rho_0 g h_{шл} \quad (2)$$

где $d_{шл}$ – внутренний диаметр шланга, м;
 ρ_0 – плотность бетона, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;
 $h_{шл}$ – максимальная высота подачи бетонной смеси насосом по шлангу, м.

$$F_{тр шл} = \frac{k_{тр шл}}{r_p} F_{пр}, \quad (3)$$

где $k_{тр шл}$ – коэффициент трения, имеющий место в результате взаимодействия роликов вращающегося ротора с внешней поверхностью шланга, м;

$k_{тр шл} = 15 \dots 35$ мм [4], принимаем,
 $k_{тр шл} = 25$ мм;
 r_p – радиус ролика, м.

$$F_{пр} = c_{шл} d_{шл}, \quad (4)$$

$$n_{\min} = (0,75 \dots 1,5) \frac{10^3 Q_{ут}}{q_{гм}} = (0,75 \dots 1,5) \frac{10^3 (1 - \eta_{об гм}) Q_{ном гм}}{q_{гм}}, \quad (6)$$

где $Q_{ут}$ – суммарные утечки в гидромоторе, л/мин;

$\eta_{об гм}$ и $Q_{ном гм}$ – соответственно объемный КПД и номинальный расход гидромотора, л/мин.

где $c_{шл}$ – приведенная жесткость шланга, Н/м.

Зная крутящий момент на валу ротора, определяются основные параметры работы выбранного гидромотора [6].

Рабочий объем гидромотора:

$$q'_{гм} = \frac{2\pi M_{кр \max} \eta'_{гм о}}{\Delta p_{гм н пред} \eta'_{гм}}, \quad (5)$$

где $\Delta p_{гм н пред}$ – существующий перепад давлений в гидросистеме бетононасоса от гидромотора $M2$, Па = 21 ... 25 МПа [7].

Определение минимальной частоты вращения вала гидромотора производится согласно зависимости

На рис. 4 представлена расчетная схема для проверки работоспособности шлангового беспоршневого бетононасоса.

Работоспособность шлангового бетононасоса определяется исходя из условий перепада давлений в транспортном трубопроводе при всасывании бетонной смеси из загрузочного бункера.

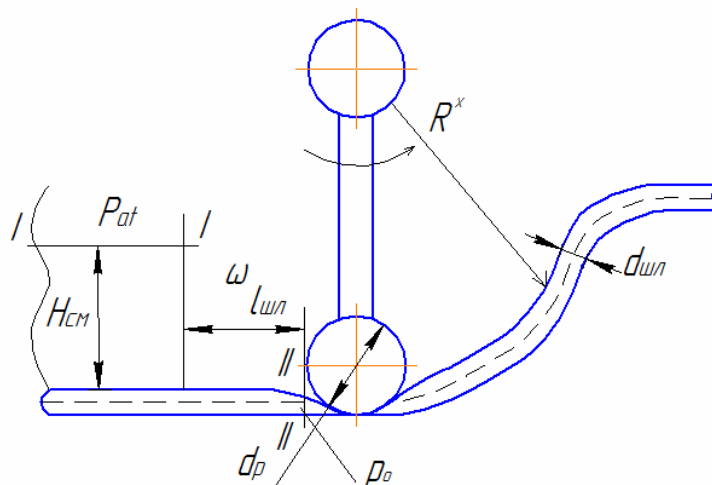


Рис. 4. Расчетная схема для определения работоспособности бетононасоса

Для проверки работоспособности использовано уравнение Бернулли относительно сечений I-I, II-II

$$H_{\text{см}} = \frac{P_0 - P_{\text{ат}}}{\rho_{\text{б}} g} + (1 + \zeta_{\Sigma}) \frac{v_{\text{см}}^2}{2g}, \quad (7)$$

где $H_{\text{см}}$ – высота столба бетонной смеси в бункере, м, $H_{\text{см}} = 0,255$ м;

p_0 и $p_{\text{ат}}$ – соответственно давление за роликом и атмосферное давление, Па;

$\rho_{\text{б}}$ – плотность бетонной смеси, кг/м³;

ζ_{Σ} и $v_{\text{см}}$ – соответственно суммарные потери давления и скорость движения бетонной смеси в трубопроводе [9], м/с.

Из уравнения (7) определяется p_0

$$p_0 = \rho_{\text{б}} g H_{\text{см}} + p_{\text{ат}} - (1 + \zeta_{\Sigma}) \rho_{\text{б}} \frac{v_{\text{см}}^2}{2}; \quad (8)$$

$p_0 = -0,8338215$ Мпа;

$p_{0I} = -0,011277$ Мпа;

Вакуум – 0,113 кг/см².

В конечном итоге проверка бетононасоса на его работоспособность производится как:

$$\rho_{\text{б}} g H_{\text{см}} + p_{\text{ат}} \geq (1 + \zeta_{\Sigma}) \rho_{\text{б}} \frac{v_{\text{см}}^2}{2}. \quad (9)$$

Выводы

1. Разработаны принципиальная схема шлангового бетононасоса и гидравлическая схема управления его работой. Отличительной особенностью гидросхемы является использование высокомоментных гидромоторов, что позволяет отказаться от механического привода, благодаря чему повышается надежность и долговечность работы бетононасоса.

2. Впервые определены условия работоспособности шлангового беспоршневого бетононасоса с гидравлическим приводом.

Список использованных источников

1. Малогабаритное оборудование для транспортирования бетонных смесей и выполнения торкрет-работ [Текст] / И.А. Емельянова, А.И. Анищенко, Н.А. Меленцов, А.Т. Гордиенко // Вестник МСГУ: Науч.-техн. журнал. – 2013. – №5. – С.87-95.

2. Универсальное малогабаритное оборудование для условий ремонта и реконструкции действующих зданий и сооружений различного назначения [Текст] / И.А. Емельянова, А.И. Анищенко, В.Ю. Шевченко, Н.А. Меленцов // Наука в центральной России: науч.-производств. периодич. журнал. – Тамбов, 2013. – №4. – С.5-13.

3. Емельянова, И.А. Универсальный шланговый бетононасос нового конструктивного решения [Текст] / И.А. Емельянова, Д.О. Чайка // Материалы международной научно-технической конференции «Интерстроймех – 2015». – Казань, 2015. – С.81-85.

4. Анищенко, О.Г. Структура кинематика и динамика механизмов [Текст] / О.Г. Анищенко, Б.А. Коробко, К.М. Ващенко. – Полтава: ПолНТУ, 2010. – 274 с.

5. Свешников, В.К. Станочные гидроприводы; справочник [Текст] / В.К. Свешников, А.А. Усов. – М.: Машиностроение, 1988. – 456 с.

6. Расчет, проектирование и эксплуатация объемного гидропривода [Текст] / З.Л. Финкельштейн, О.М. Яхно [и др.]. – К.: НТУ «КПИ», 2006. – 216 с.

7. Аврунин, Г.А. Гидравлическое оборудование строительных и дорожных машин [Текст] / Г.А. Аврунин, И.Г. Кириченко, В.Б. Самородов; под ред. Г.А. Аврунина. – Харьков: ХНАДУ, 2012. – 464 с.

8. Аврунин, Г.А. Объемный гидропривод и гидропневмоавтоматика [Текст]: учеб. пособие / Г.А. Аврунин, И.В. Грицай, И.Г. Кириченко [и др.]. – Харьков: ХНАДУ, 2008. – 412 с.

9. Приходько, О.А. Технічна аерогідромеханіка [Текст]: навч. посібник / О.А. Приходько, Д.О. Сьомін. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2002. – 170 с.

Ємельянова Інга Анатоліївна, доктор технічних наук, професор кафедри механізації будівельних процесів Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел.: (057) 700-17-84. E-mail: emeljanova-inga@rambler.ru.

Чайка Деніс Олегович аспірант, кафедра механізації будівельних процесів Харківського національного університету будівництва та архітектури. E-mail: d.chayka93@mail.ru.

Emeljanova Inga A. Ph.D., Professor Department of mechanization of construction processes Kharkov National University of Construction and Architecture. Tel.: (057) 700-17-84. E-mail: emeljanova-inga@rambler.ru.

Chayka Denis O. graduate student, department of mechanization of construction processes Kharkov National University of Construction and Architecture.

Прийнята 13.02.2016 р.