

*И. А. Емельянова, д.т.н., проф.*

*А. А. Задорожный, к.т.н., доц.*

*А.П. Ковревский, к.т.н., проф.*

*Ю.А. Бурда, магистрант*

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

## **ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ ПО КАНАЛУ ШИБЕРНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УЗЛА БЕТОНОНАСОСА С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ**

*Приведены методы расчета определения производительности бетононасосов в зависимости от создаваемого давления рабочим поршнем, совершающим цикл нагнетания бетонной смеси в канале шиберного распределительного узла, имеющего конструктивное решение в виде полуконуса и с учетом возникающих там напряжений.*

***Ключевые слова:** бетонная смесь, трубопровод, течение смеси, вязкость, предельное напряжение сдвига.*

**Введение.** Шиберные устройства распределительных приспособлений у современных бетононасосов с гидравлическим приводом характеризуются сложным путем прохождения бетонной смеси через их каналы в нагнетательный трубопровод. Кроме того, известные конструкции распределительных устройств, в силу сложности решения принципиальных схем, не обладают простотой обслуживания и ремонта. В связи с этим, предложено новое конструктивное решение шиберного устройства распределительного узла бетононасоса с гидравлическим приводом, работа которого анализируется с позиций движения бетонной смеси по одному из его каналов.

**Анализ последних исследований и публикаций, в которых впервые предлагалось решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение не решенных прежде задач общей проблемы, которым посвящается указанная статья.** Новое конструктивное решение бетононасоса с гидравлическим приводом запатентовано в Украине и в настоящее время находится в стадии изготовления [1].

Проведен анализ работы двухпоршневых гидравлических бетононасосов с учетом реологии транспортирования бетонных смесей при определении производительности таких машин [2].

Получены результаты теоретических исследований движения бетонной смеси через шиберный узел нового конструктивного решения [3].

До настоящего времени не известны результаты исследований распределительных узлов существующих конструкций бетононасосов с гидравлическим приводом, кроме освещенных в вышеуказанных трудах кафедры механизации строительных процессов Харьковского национального университета строительства и архитектуры.

**Постановка проблемы в общем виде и её связь с важными научными или практическими задачами.** Рассматривается проблема повышения эффективности работы бетононасосов с гидравлическим приводом за счет использования нового конструктивного решения распределительного узла. При этом анализируется движение бетонной смеси через один из его каналов с целью обоснования целесообразности использования в бетононасосах с гидравлическим приводом.

**Изложение основного материала исследования с полным обоснованием научных результатов.** Существуют методы расчета производительности бетононасосов в зависимости от создаваемого давления транспортного поршня в цикле нагнетания бетонной смеси, исходя из того, что скорость рабочей смеси  $J_{cm}$  на стенках трубопровода равна 0.

Предполагается, что бетонная смесь обладает свойствами бингамовской жидкости. Как известно, кривая ее течения имеет вид, представленный на рис.1 [4].

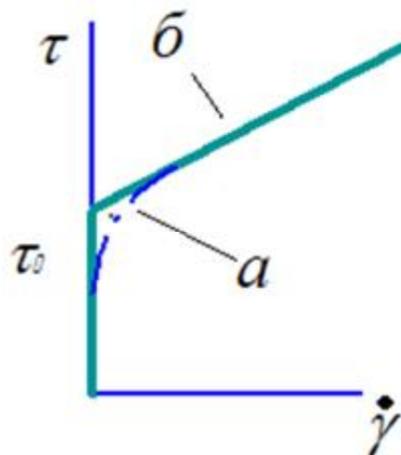


Рис. 1. Кривая течения бингамовской жидкости:

- а – реальная кривая течения;
- б – идеализированная кривая для бингамовской жидкости;
- τ – напряжение сдвига между слоями смеси в процессе ее движения;
- τ<sub>0</sub> – предельное напряжение сдвига;

$\dot{\gamma}$  – скорость сдвига слоев бетонной смеси относительно друг друга

Особенности течения смеси в канале шиберного распределительного узла, имеющего конструктивное решение в виде усеченного конуса (рис.2), позволяет построить следующую модель процесса.

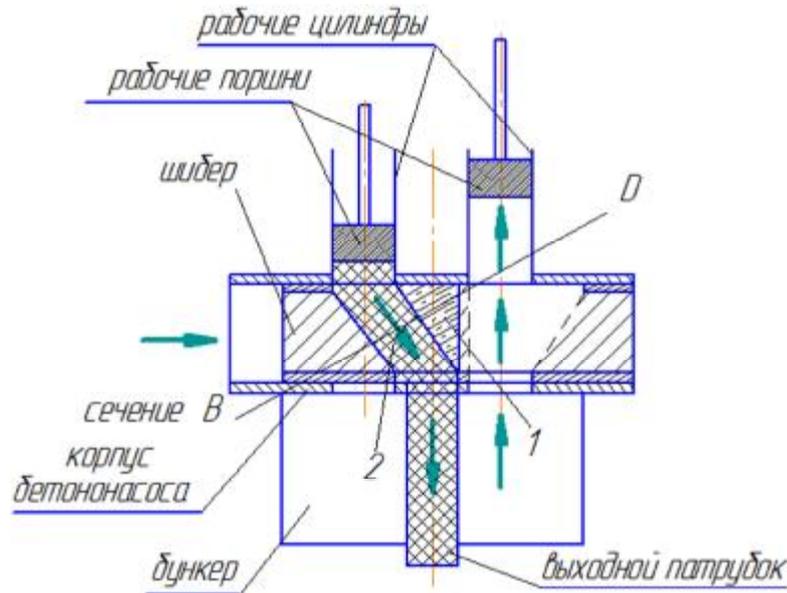


Рис. 2. Схема нагнетательной полукамеры шиберного распределительного узла бетононасоса:

- 1 – зона образующейся неподвижной части бетонной смеси;
- 2 – столб движущейся части бетонной смеси

Связь между расходом  $Q$  и разностью давления  $Dp$  находим, исходя из ранее полученной зависимости [5]

$$Q = \frac{\rho R_{mp}^4 Dp}{8mL_{mp}} \frac{\dot{\gamma}_e}{\dot{\gamma}_e} - \frac{4}{3} \times \frac{\rho 2L_{mp} t_0}{\rho Dp \times R_{mp}} \frac{\dot{\gamma}_e}{\dot{\gamma}_e} + \frac{1}{3} \times \frac{\rho 2L_{mp} t_0}{\rho Dp \times R_{mp}} \frac{\dot{\gamma}_e}{\dot{\gamma}_e} \quad (1)$$

где  $m$  – бингамовская вязкость;

$R_{mp}$  – радиус трубы;

$L_{mp}$  – длина трубопровода;

$t_0$  – предел текучести.

На рис. 3 представлено поперечное сечение столба движущейся части рабочей смеси. Рабочая зона шиберного распределительного узла в сечении состоит из двух зон: участок ABC представляет собой форму канала в виде полуцилиндра с металлической стенкой; участок CDA представляет собой компенсационную зону бетонной смеси, поступающую в транспортный трубопровод в период нагнетания бетонной смеси.

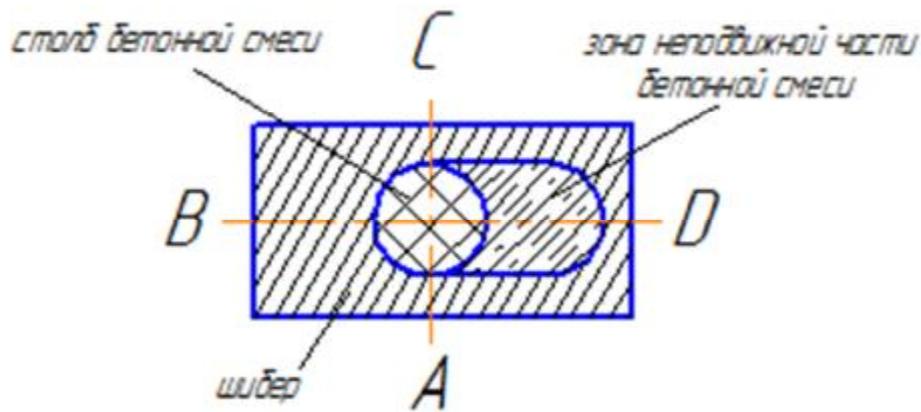


Рис. 3. Поперечное сечение *BD* столба движущейся части рабочей смеси через канал полукамеры шибера

Скорость частиц бетонной смеси возле внутренней части канала равна нулю (ABC), а на участке CDA имеет место эффект скольжения слоев бетонной смеси по бетонной смеси.

При вышеуказанных допущениях необходимо установить связь между расходом  $Q$  (производительностью) и разностью давления  $D_p$  на входе и выходе канала шибера.

Для упрощения зависимости (1) вводим безразмерный параметр  $Z = \frac{2L_{mp}t_0}{D_p \times R_{mp}}$ . Тогда зависимость (1) примет вид

$$Q = \frac{\rho R_{mp}^3 D_p}{4m L_{mp}} \times F_{(Z)}, \quad (2)$$

где  $F_{(Z)} = \frac{\pi}{8} - \frac{4}{3} \times Z + \frac{1}{3} \times Z^4 - \frac{1}{8} \times Z^6$  – характеризует разность давления  $D_p$  на участках длиной  $L_{mp}$ , где величина  $\frac{1}{8}$  учитывает величину перепада давления.

В сделанных предположениях эпюра распределения скоростей по диаметру сечения столба будет иметь вид, показанный на рис.4.

Связь между напряжением сдвига  $t$  и его скоростью  $J$  определяется зависимостью [6, 7, 8]

$$t - t_0 = -m \frac{dJ}{dr}. \quad (3)$$

Согласно зависимости (3) имеет место закон распределения скоростей, согласно которому напряжение сдвига  $t$  будет пропорционально текущему радиусу  $r$ . Исходя из этого, можно определить условный радиус элемента трубы  $R_{усл.тр}$ , на поверхности которого скорость будет равна 0.

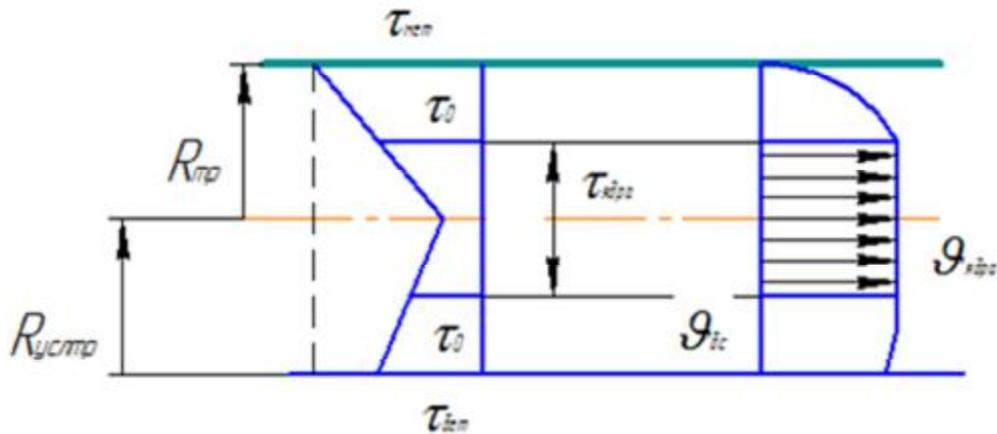


Рис.4. Эпюра распределения скоростей движения частиц бетонной смеси по диаметру сечения столба

Если напряжение сдвига на внутренней металлической поверхности канала равно  $t_{мет}$ , а на границе с бетонной смесью –  $t_{бет}$ , тогда

$$R_{усл.мр} = R_{мр} \frac{t_{мет}}{t_{бет}}. \quad (4)$$

В результате расход (производительность) бетононасоса в зависимости от вышеуказанного безразмерного параметра можно определить согласно зависимости

$$Q = \frac{\rho R_{мр}^3 t_0}{4m} \left[ 2 \times \frac{t_{мет}}{t_{бет}} - 1 \right] \times \frac{1}{Z} + \frac{1}{Z} + \frac{1}{Z} - \frac{4}{3} Z + \frac{Z^4}{3}. \quad (5)$$

При  $t_{мет} = t_{бет}$  имеет место зависимость (1).

**Выводы из данного исследования и перспективы дальнейших исследований в этом направлении.** Таким образом, получена зависимость (5), которая позволяет рассматривать производительность (расход)  $Q$  бетононасоса с учетом предлагаемого конструктивного решения нового шиберного распределительного узла.

#### Литература

1. Патент № 104755 Украина, МПК (20.14.01) F04B 15/00. Бетононасос / Емельянова И.А., Задорожный А.А., Непорожнев А.С., Меленцов Н.А.; заявитель и получатель Харьковський національний університет будівництва і архітектури; заявл. 24.10.2011, опубл. 25.04.2013, Бюл. № 5.
2. Емельянова И.А. Определение производительности бетононасосов и растворобетононасосов в зависимости от реологических параметров бетонной смеси

/ И.А. Емельянова, А.А. Задорожный, Н.А. Меленцов. – Харьков: ХНУБА ХОТВАБУ. – 2014. – №1. – С. 147 – 149.

3. Емельянова И.А. Особенности движения бетонной смеси при открытом шиберном устройстве гидравлического бетононасоса / И.А. Емельянова, А.А. Задорожный, Н.А. Меленцов // XIX Міжнародна науково-технічна конференція «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці». – Кіровоград, 2012. – С. 54 – 55.

4. Зависимость производительности бетононасосов (растворобетононасосов) от свойств транспортируемой по трубопроводам строительной смеси / И.А. Емельянова, А.А. Задорожный, Ю.В. Човнюк, Н.А. Меленцов // Наука в центральной России. – Тамбов: ГНУ ВНИИТИН Россельхозакадемия, 2013. – С. 9 – 15.

5. Емельянова И.А. Анализ движения бетонной смеси по трубопроводам при использовании двухпоршневых растворобетононасосов согласно модели Шведова – Бингама / И.А. Емельянова, А.А. Задорожный, Н.А. Меленцов // Матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції «Примислова гідроліка і пневматика.» – Одеса: Вінниця Глобус-Прес, 2013. – С.121 – 122.

6. Уилкинсон У.Л. Неньютоновские жидкости. – М.: Мир, 1964. – 216 с.

7. Емельянова И.А. Определение производительности двухпоршневых бетононасосов и растворобетононасосов, исходя из анализа движения бетонной смеси по трубопроводам / И.А. Емельянова, А.А. Задорожный, Н.А. Меленцов // Промислова гідроліка і пневматика. – 2012. – № 4. – С. 8 – 9.

8. Емельянова И.А. Определение производительности гидравлических бетононасосов, исходя из реологических моделей движения бетонных смесей по трубопроводам / И.А. Емельянова, А.А. Задорожный, Н.А. Меленцов // Инновации в науке – инновации в образовании: материалы Международной научно-технической конференции «Интерстроймех – 2013». – Новочеркасск, – 2013. – С. 89 – 94.

Надійшла до редакції 20.11.2014

© И.А. Емельянова, А.А. Задорожный, А.П. Ковревский, Ю.А. Бурда

**УДК 666.983**

*І.А. Ємельянова, д.т.н., проф.  
А.О. Задорожний, к.т.н., доц.  
А.П. Ковревський, к.т.н., проф.  
Ю.А. Бурда, магістрант*

*Харківський національний університет будівництва і архітектури*

## **ОСОБЛИВОСТІ РУХУ БЕТОННОЇ СУМІШІ ПО КАНАЛУ ШИБЕРНОГО РОЗПОДІЛЬНОГО ВУЗЛА БЕТОНОНАСОСА З ГІДРАВЛІЧНИМ ПРИВОДОМ**

*Наведено методи розрахунку продуктивності бетононасосів залежно від створюваного тиску робочим поринем, що здійснює цикл нагнітання бетонної суміші в каналі шиберного розподільного вузла, який має конструктивне рішення у вигляді напівконуса із урахуванням напруги, що виникає в ньому.*

**Ключові слова:** *бетонна суміш, трубопровід, течія суміші, в'язкість, гранична напруга зрушення.*

**UDC 666.983**

*I.A. Emelianova, Doctor of Technical Sciences, Professor  
A.A. Zadorozhny, Ph. D., Associate Professor  
A.P. Kovrevski, Ph. D., Professor  
U.A. Burda, Master  
Kharkov National University Construction and Architecture*

## **MOTION PECULIARITIES OF CONCRETE MIXTURE ON THE CHANNEL GRATE JUNCTION NODE OF CONCRETE PUMP WITH HYDRAULIC DRIVE**

*The methods of calculating the concrete pumps performance are given depending on the generated pressure of the working piston that performs a cycle of concrete mixture pumping in the channel grate of node distribution, having a constructive solution as a semicone and taking into account the stress that occurs in it.*

**Keywords:** *concrete mix, pipeline, mix current, viscosity.*