

потерь с поверхности стены, было определено изменение теплопередачи для ограждающей конструкции здания с применением покрытия с отражающим эффектом и без него.

Ключевые слова: энергосбережение, отражающая теплоизоляция, полые микросферы, тепловой поток.

Plahotnikov K.V., Bondarenko D.A., Starkova O.V., Kostyk T.A. HEAT CONSERVATION AT THE USE OF COVERAGE BASED ON EMPTY MICROSPHERES. The research proposed in this paper relates to the construction industry, namely the design and implementation of effective insulation materials. In the residential sector, new energy saving standards have been adopted, which requires increased requirements for heat protection measures and insulation materials that can be competitive in the modern construction market. Liquid thermal insulation coatings on the basis of hollow glass and aluminosilicate microspheres gradually gain all the new industries, including construction. The ratio of specialists to the thermal protection characteristics of such materials is ambiguous. Calculations on the resistance of the heat transfer of the building envelope to the coverage based on the hollow microspheres are relevant. These materials include thin-

layer mineral thermal insulation coatings, which have not only a very low thermal conductivity, but also contribute to reducing the heat transfer from the outside due to the radiation component in the overall heat flux. A promising area of energy conservation is reflective insulation. The idea of a reflective isolation is not new, but it has not been fully implemented. In this paper, calculations are considered for the conservation of heat consumption with the use of reflecting insulation on the basis of hollow glass and aluminosilicate microspheres, which justifies its use for buildings. Since the reflective thermal insulation leads to a change in the structure and magnitude of heat losses from the wall surface, a change in the heat transfer for a fencing structure with reflective coating and without it has been determined. The purpose of the research is to determine the possibility of reducing the heat consumption when using a heat-insulating coating, which has not only a low heat transfer coefficient but also a reflective thermal insulation. To achieve this goal, it is necessary to calculate the heat transfer resistance of the enclosing structure, taking into account the heat-insulating coating containing the glass microspheres.

Keywords: energy saving, reflecting heat insulation, hollow microspheres, heat flow.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-93-3-199-205
УДК 621.926.5

Ємельянова І.А., Чайка Д.О.

*Харківський національний університет будівництва та архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: emeljanova-inga@ukr.net, d.chayka93@gmail.com)*

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ УНІВЕРСАЛЬНОГО БЕЗПОРШНЕВОГО ШЛАНГОВОГО БЕТОНОНАСОСА

В статті представлені результати попередніх досліджень для знаходження раціональних режимів роботи універсального безпоршневого шлангового бетононасоса з гідравлічним приводом в умовах будівельного майданчика. Проведений чотирьохфакторний експеримент, в якому тиск нагнітання бетонної суміші та продуктивність досліджувалися в залежності від чотирьох незалежних факторів з використанням центрального ортогонального композиційного плану 2-го порядку. В результаті отримані рівняння регресії для кожної функції, за допомогою яких знайдено раціональні діапазони технологічних параметрів робочих процесів.

Ключові слова: універсальний безпоршневий шланговий бетононасос, рівняння регресії, тиск нагнітання бетонної суміші, продуктивність бетононасоса, раціональні режими роботи.

Вступ. Серед відомих конструкцій бетононасосів для сучасного будівництва [1-4] при виконанні торкрет-робіт мокрим способом та транспортування будівельних

сумішей в умовах будівельного майданчика заслуговує уваги нова конструкція універсального безпоршневого шлангового бетононасоса [5]. Шлангові бетононасоси широко використовуються при зведенні

будівель купольної форми способом мокрого торкретування в США фірмою «Monolithic Constructors, Inc» [6]. Нова машина приваблює своєю універсальністю, можливостями надійної експлуатації та широким регулюванням робочими режимами [7-9].

Метою даного дослідження є попереднє визначення раціональних режимів роботи універсального безпоршневого шлангового бетононасоса.

Об'єктом досліджень є робочі процеси машини під час транспортування будівельних сумішей в умовах будівельного майданчика.

Предметом досліджень є універсальний безпоршневий шланговий бетононасос.

Результати досліджень. Для попередніх досліджень по знаходженню діапазонів раціональних режимів роботи нової машини була використана програма «MathCad-14 Professional».

Для максимального приближення експлуатації універсального шлангового бетононасоса в умовах будівельного майданчика при проведенні досліджень прийнято, що дальність транспортної магістралі, по якій нагнітається суміш становить 30 м. Склад бетонної суміші, яка використовувалася для дослідження, приведено в табл.1.

Таблиця 1 - Зміст мінеральних компонентів і води в 1 м³ бетонної суміші рухливістю П=8см

Найменування компонентів суміші	В/Ц = 0,46
	кг/м ³
Гранітний щебінь фракції 3-10 мм	1235
Пісок з модулем крупності $M_{кр} = 1,8$	625
Портландцемент М400	370
Вода, л	170

Тиск нагнітання та продуктивність нового шлангового бетононасоса досліджувалися з урахуванням технологічних параметрів, що визначають роботу машини.

В такому випадку тиск нагнітання бетононасоса (p_n , МПа) розглядався як функція Y_1 , а продуктивність універсального шлангового бетононасоса ($P_{техн}$, м³/г) як функція Y_2 . Ці функції залежні від наступних факторів в кодованому вигляді:

X_1 – рухливість бетонної суміші (П, см); X_2 – висота зазору в деформованому шлангу (h, мм); X_3 – діаметр шланга в корпусі бетононасоса (d, м); X_4 – частота обертання ротора (n, хв⁻¹).

Функції показників в залежності від чотирьох незалежних факторів $Y_1 = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$, $Y_2 = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$ досліджувалися з використанням центрального ортогонального композиційного плану 2-го порядку [10].

Діапазони варіювання змінними представлені в табл. 2.

Таблиця 2 - Діапазони варіювання змінними

Характеристика	Кодове значення фактору	Рухливість бетонної суміші	Висота зазору в деформованому шлангу, h, мм	Діаметр шланга, d, м	Частота обертання ротора, n, хв ⁻¹
Основний рівень	x_j^0	8	3	0.05	45
Інтервал варіювання	Δx_j	2	2	0.025	25
Верхній рівень	+1	10	5	0.075	70
Нижній рівень	-1	6	1	0.025	20
Зоряні точки	-1,414	5,172	0,172	0.01465	10
	+1,414	10,828	7,828	0.08535	80

Матриця планування з результатами виконаних розрахунків наведена в табл. 3.

Таблиця 3 - Матриця планування

№	Фактори								Функція відгуку	Функція відгуку
	x ₃	Знач.	x ₄	Знач.	x ₂	Знач.	x ₁	Знач.	Y ₁	Y ₂
1	-1	0,025	-1	20	-1	1	-1	6	0.675	1.051
2	+1	0,075	-1	20	-1	1	-1	6	0.086	9.457
3	-1	0,025	+1	70	-1	1	-1	6	8.271	3.678
4	+1	0,075	+1	70	-1	1	-1	6	0.84	33.1
5	-1	0,025	-1	20	+1	5	-1	6	0.66	0.778
6	+1	0,075	-1	20	+1	5	-1	6	0.067	7.004
7	-1	0,025	+1	70	+1	5	-1	6	8.088	2.724
8	+1	0,075	+1	70	+1	5	-1	6	0.822	24.976
9	-1	0,025	-1	20	-1	1	+1	10	0.566	1.06
10	+1	0,075	-1	20	-1	1	+1	10	0.058	9.538
11	-1	0,025	+1	70	-1	1	+1	10	6.933	3.709
12	+1	0,075	+1	70	-1	1	+1	10	0.716	33.384
13	-1	0,025	-1	20	+1	5	+1	10	0.555	0.81
14	+1	0,075	-1	20	+1	5	+1	10	0.057	7.288
15	-1	0,025	+1	70	+1	5	+1	10	6.793	2.834
16	+1	0,075	+1	70	+1	5	+1	10	0.702	25.508
17	-1,41	0.01465	0	45	0	3	0	8	9.144	0.711
18	+1,41	0.08535	0	45	0	3	0	8	0.246	24.131
19	0	0,05	-1,41	10	0	3	0	8	0.038	1.84
20	0	0,05	+1,41	80	0	3	0	8	2.415	14.722
21	0	0,05	0	45	-1,41	0,172	0	8	0.776	10.025
22	0	0,05	0	45	+1,41	7,828	0	8	0.744	5.676
23	0	0,05	0	45	0	3	-1,41	5,172	0.89	7.298
24	0	0,05	0	45	0	3	+1,41	10,828	0.668	9.021
25	0	0,05	0	45	0	3	0	8	0.764	8.456
26	0	0,05	0	45	0	3	0	8	0.761	7.315
27	0	0,05	0	45	0	3	0	8	0.772	8.947
28	0	0,05	0	45	0	3	0	8	0.762	8.286
29	0	0,05	0	45	0	3	0	8	0.759	8.771
30	0	0,05	0	45	0	3	0	8	0.769	7.422
31	0	0,05	0	45	0	3	0	8	0.775	8.920

В результаті проведених розрахунків отримано рівняння множинної регресії для чотирьох змінних факторів:

$$Y_1 = 1.812 - 1.958 \cdot X_1 + 1.466 \cdot X_2 - 0.149 \cdot X_4 + 1.018 \cdot X_1^2 + 0.076 \cdot X_2^2 - 0.051 \cdot X_3^2 - 1.551 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0.16 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0.164 \cdot X_2 \cdot X_4 \quad (1)$$

Парні залежності тиску нагнітання від параметрів, які вищевказані, представлені на рис. 1-4.

На рис. 1 представлена залежність тиску нагнітання бетонної суміші від її рухливості.

$$n = 45 \text{ хв}^{-1} = \text{const}$$

$$d = 0.05 \text{ м} = \text{const}$$

$h = 3 \text{ мм} = \text{const}$

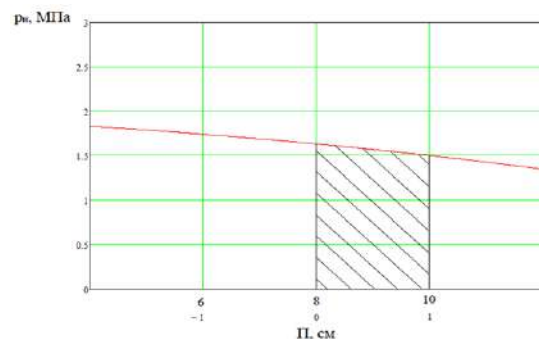


Рис. 1. Залежність тиску нагнітання бетонної суміші від її рухливості

Максимально допустимий тиск в робочій частині гнучкого шланга в корпусі

машини, при якому здійснюється транспортування сумішей шланговими бетононасосами, не перевищує 1,6 МПа, про що свідчать технічні характеристики перистальтичних шлангів [11]. Графічна залежність (рис. 1) свідчить про те, що для транспортування сумішей рухливістю $\Pi < 8$ см тиск нагнітання слід створювати вищим в порівнянні із робочим, при якому експлуатуються діючі сучасні безпоршневі шлангові бетононасоси. Робочий діапазон рухливостей сумішей в даному випадку $\Pi=8\dots 10$ см. Робота універсального шлангового бетононасоса в подальших дослідженнях, таким чином здійснювалась на сумішах рухливістю із вказаного діапазону.

Використання нової машини в технологічних комплектах малогабаритного обладнання при виконанні робіт способом мокрого торкретування [12-14] та транспортуванні будівельних сумішей трубопроводом $d_{шл} = 0,05$ м, відображено в умовах побудови парних залежностей (рис. 2-4).

На рис. 2 показана залежність тиску нагнітання від висоти зазору в деформованому шлангу під дією притискних роликів ротора, що обертаються з частотою $n=45\text{хв}^{-1}$. $d=0,05\text{м}=\text{const}$; $\Pi=8\text{см}=\text{const}$; $n=45\text{хв}^{-1}=\text{const}$.

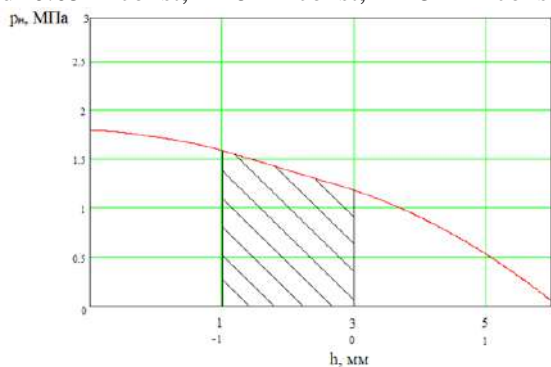


Рис. 2. Залежність тиску нагнітання бетонної суміші від висоти зазору в деформованому шлангу

Результати досліджень показали, що суміш транспортується при відносній стабільності умов по деформованому шлангу в корпусі бетононасоса в діапазоні висоти зазору $h = 1\dots 3$ мм.

При цьому залежність тиску нагнітання від діаметру шланга в корпусі бетононасоса можливо проаналізувати по графічній залежності на рис. 3.

$n=45\text{хв}^{-1}=\text{const}$; $h=3\text{мм}=\text{const}$; $\Pi=8\text{см}=\text{const}$

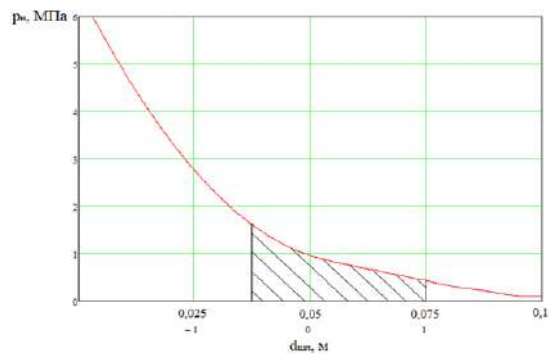


Рис. 3. Залежність тиску нагнітання бетонної суміші від діаметру шланга в корпусі бетононасоса.

Залежність тиску нагнітання бетонної суміші від діаметру шланга в корпусі бетононасоса свідчить про те, які тиски нагнітання може забезпечити машина при використанні насоса для роботи в умовах будівельного майданчика: при $d_1=0,032\text{м}$; $p_1=1,6$ МПа, при $d_2 = 0,05\text{м}$; $p_2 = 1,0$ МПа, при $d_3 = 0,075\text{м}$; $p_3 = 0,5$ МПа. Таким чином, для нормальної роботи шлангового бетононасоса із гідравлічним приводом відносно даних його технічної характеристики можливо використовувати для роботи на шлангах вищевказаних діаметрів, що дозволяє з урахуванням конкретних умов налаштувати його на необхідну продуктивність.

На рис. 4 представлена залежність тиску нагнітання бетонної суміші від частоти обертання ротора.

$d=0,05\text{м}=\text{const}$; $h=3\text{мм}=\text{const}$; $\Pi=8\text{см}=\text{const}$.

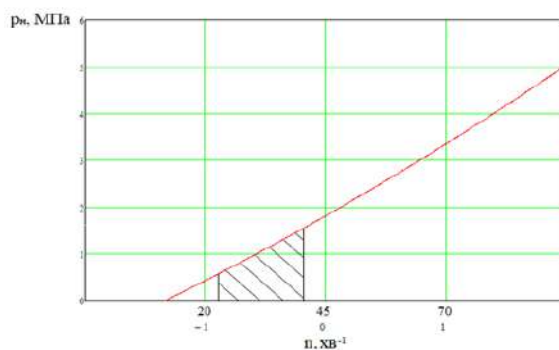


Рис. 4. Залежність тиску нагнітання бетонної суміші від частоти обертання ротора.

Графічна залежність свідчить про те, що для створення нормальних умов в робочій зоні при виконанні робіт способом мокрого торкретування тиск нагнітання повинен знаходитися в діапазоні частоти обер-

тання ротора $n = 22 \dots 40 \text{ хв}^{-1}$ (діаметр шланга $d_{\text{шл}} = 0,05\text{м}$). Характер графічної залежності ілюструє пряму пропорційність тиску нагнітання від частоти обертання ротора бетононасоса.

Аналіз продуктивності нового універсального шлангового бетононасоса в залежності від ідентичних технологічних параметрів (табл. 1) виконано також з використанням програми «MathCad-14 Professional». Чисельні значення функції відгуку (Y_2) наведені у табл. 3.

В результаті проведених розрахунків отримано рівняння множинної регресії для чотирьох змінних факторів:

$$Y_1 = 9.629 + 7.519 \cdot X_1 + 4.95 \cdot X_2 - 1.323 \cdot X_3 + 0.2 \cdot X_4 + 1.196 \cdot X_1^2 + 0.079 \cdot X_2^2 + 4.652 \cdot X_1 \cdot X_2 - 1.147 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0.062 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0.788 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (2)$$

Парні залежності продуктивності від впливу параметрів, які вказані у табл. 2, представлені на рис. 5-8.

Визначення функції, яка досліджується (продуктивність бетононасоса), проведено при використанні бетонної суміші відповідної рухливості із діапазона раціональних значень $\Pi = 7 \dots 9 \text{ см}$ (рис. 5) при тиску нагнітання $p = 1,0 \text{ МПа}$.

$n=45\text{хв}^{-1}=\text{const}$; $d=0.05\text{м}=\text{const}$; $h=3\text{мм}=\text{const}$.

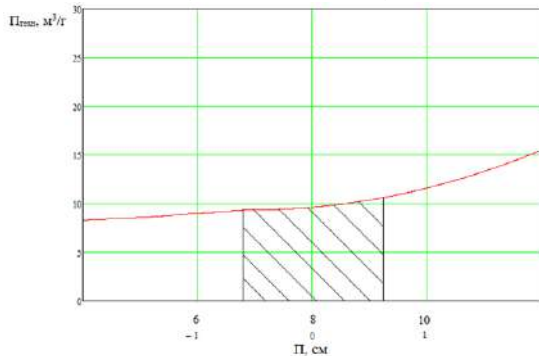


Рис. 5. Залежність продуктивності бетононасоса від рухливості бетонної суміші

Залежність продуктивності нового шлангового бетононасоса від висоти зазору в деформованому шлангу представлена на рис. 6.

$n=45\text{хв}^{-1}=\text{const}$; $d=0.05\text{м}=\text{const}$; $\Pi=8\text{см}=\text{const}$.

Графічна залежність на рис. 6 дозволяє визначити продуктивність нового бетононасоса в раніш визначених границях висоти зазору в деформованому шлангу (рис. 2).

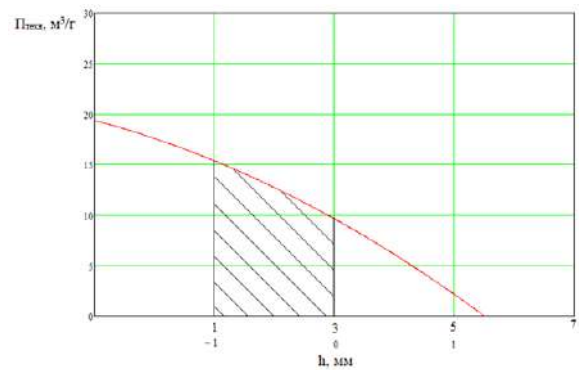


Рис. 6. Залежність продуктивності бетононасоса від висоти зазору в деформованому шлангу

Залежність продуктивності від діаметру шланга в корпусі бетононасоса представлена на рис. 7.

$n=45\text{хв}^{-1}=\text{const}$; $h=3\text{мм}=\text{const}$; $\Pi = 8 \text{ см} = \text{const}$.

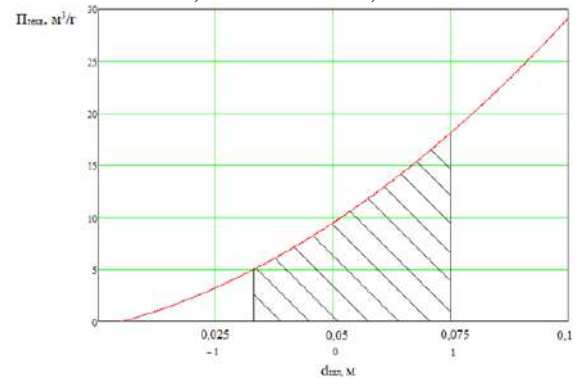


Рис. 7. Залежність продуктивності від діаметру шланга в корпусі бетононасоса.

Із графічних даних можливо визначити продуктивність бетононасоса при експлуатації його на шлангах різного діаметра, які вказані в його технічній характеристиці.

Пряма пропорційність спостерігається в залежності продуктивності від частоти обертання ротора (рис. 8).

$d=0.05\text{м}=\text{const}$; $h= \text{мм} = \text{const}$; $\Pi = 8 \text{ см} = \text{const}$.

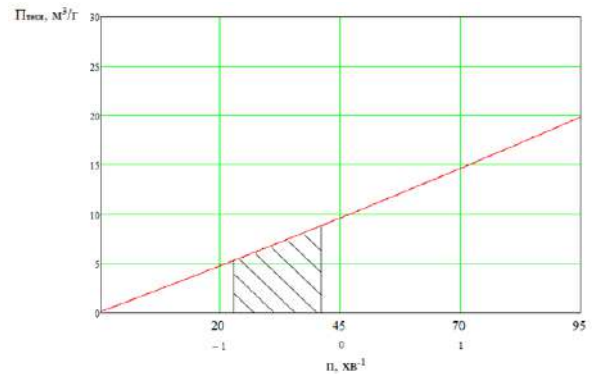


Рис. 8. Залежність продуктивності бетононасоса від частоти обертання його ротора.

Залежність продуктивності бетононасоса від частоти обертання ротора показує, що з урахуванням робочого тиску нагнітання при стабільних умовах роботи машини його продуктивність повинна бути не більше $10 \text{ м}^3/\text{г}$.

Таким чином попередній аналіз роботи нового універсального шлангового бетононасоса дозволяє аргументовано підійти до проведення експериментальних досліджень.

Висновки:

1. Знайдені рівняння регресії, які дозволяють провести попередній аналіз роботи нового універсального шлангового бетононасоса із гідравлічним приводом.
2. Проведено аналіз залежностей тиску нагнітання бетонної суміші в транспортний трубопровід та продуктивності бетононасоса від основних параметрів робочого процесу:
 - рухливості бетонної суміші;
 - висоти зазору в деформованому шлангу;
 - діаметру шланга в корпусі бетононасоса;
 - частоти обертання ротора.
3. Знайдено раціональні діапазони технологічних параметрів робочих процесів з використанням нового універсального шлангового бетононасоса:
 - рухливість бетонної суміші $H = 8 \dots 10 \text{ см}$;
 - висота зазору в деформованому шлангу $h = 1 \dots 3 \text{ мм}$;
 - діаметр шланга в корпусі бетононасоса: при транспортуванні бетонної суміші в умовах будівельного майданчика $0,032 \text{ м} \leq d_{\text{шл}} \leq 0,075 \text{ м}$, при виконанні торкрет робіт мокрим способом $0,032 \text{ м} \leq d_{\text{шл}} \leq 0,05 \text{ м}$;
 - частота обертання ротора (тиск нагнітання $p_n = 1,0 \text{ МПа}$) при виконанні робіт способом мокрого торкретування та транспортуванні сумішшю по трубопроводах $22 \text{ хв}^{-1} \leq n \leq 40 \text{ хв}^{-1}$.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Грифф М., Олитский В., Ягудаев Л. Автобетоносмесители. Автобетононасосы. Стационарные бетононасосы. Выпуск 12, Litres, 2015. – 295 с
2. Riding K. et al. Best practices for concrete pumping. – Kansas Department of Transportation, 2016. – №. K-TRAN: KSU-14-2. – 122 p.
3. Jacobsen S. et al. Pumping of concrete and Mortar-State of the art. – 2008. – 46 p.
4. Емельянова И.А. Двухпоршневые растворобетононасосы для условий строительной площадки / И.А. Емельянова, А.А.Задорожный, С.А. Гузенко, Н.А. Меленцов – Харьков: Тимченко А.Н., 2011 – 196 с.
5. Пат.112585 Україна F04 B43/12 (2006.01), F04 B15/02 (2006.01) Універсальний шланговий бетононасос / Емельянова І.А., Задорожний А.О., Клименко М.В., Чайка Д.О. – Харківський національний університет будівництва та архітектури [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.monolithic.org>
6. Емельянова И.А., Чайка Д.О. Беспоршневые универсальные бетононасосы нового конструктивного решения с гидравлическим приводом для условий строительной площадки/ Збірник наукових праць українського державного університету залізничного транспорту ISSN 1994-7852, випуск 159, Харків 2016 – 125 с.
7. Emeljanova, I. Determination of Capacities of Concrete mix transportation by Universal Hydraulic Hose concrete pumps under the conditions of construction site/ I. Emeljanova, P. Andrenko, D. Chayka // Norwegian Journal of development of the International Science – Technical Science, 2017. – vol.1, №3 – p.84–90.
8. Емельянова И. А., Чайка Д. О. Оцінка надійності безпоршневого шлангового універсального бетононасоса на стадії його проектування / Збірник наукових праць українського державного університету залізничного транспорту ISSN 1994-7852, випуск 162, Харків, 2016. – 226 с.
9. Налимов В. В., Чернова Н. А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. Наука; Глав. ред. физико-математической лит-ры, 1965. – 340 с.
10. Bredel hoses [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.watson-marlow.com/us-en/range/bredel/hose-elements>
11. Emeljanova, I., Virchenko, V., Chayka, D. Wet shotcrete process using a new set of small-sized equipment for concreting formless computer simulation: International Journal of Engineering and Technology (UAE), vol. 7 (3.2), 2018 – p. 97 – 101.

12. Ємельянова, І. А Створення технологічного комплексу малогабаритного обладнання з безпоршневим бетононасосом для умов будівельного майданчика / І.А. Ємельянова, Д.О. Чайка, Д.С. Кабанець // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст», серія Технічні науки та архітектура. – Харків: ХНУМГ, вип. 137, 2017. – с.98–103.
13. Emeljanova I., Blazhko V., Shatokhin V., Chayka D., Kabanets D. Features of creation of universal technological sets of the small-sized equipment for conditions of a building site [Текст] // Науковий вісник будівництва – Харків: ХНУБА, 2017. – Т. 90, №4 – с. 136–145.
14. Ємельянова І.А. Універсальний технологічний комплект малогабаритного обладнання для повноцінного 3d друкування об'єктів будівництва / Ємельянова І.А., Чайка Д.О., Субота Д.Ю., Мачуга О.С.// Науковий вісник будівництва – Харків: ХНУБА, 2018. – Т. 91, №1 – с. 165–170.

Ємельянова І.А., Чайка Д.О. К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО БЕЗПОРШНЕВОГО ШЛАНГОВОГО БЕТОНОНАСОСА. В статье представлены результаты предварительных исследований для определения рациональных режимов работы универсального безпоршневого шлангового бетононасоса с гидравлическим приводом в условиях строительной площадки. Проведен четырехфакторный эксперимент, в котором

давление нагнетания бетонной смеси и производительность исследовались в зависимости от четырех независимых факторов с использованием центрального ортогонального композиционного плана 2-го порядка. В результате получены уравнения регрессии для каждой функции, с помощью которых найдено рациональные диапазоны технологических параметров рабочих процессов.

Ключевые слова: универсальный беспоршневой шланговый бетононасос, уравнение регрессии, давление нагнетания бетонной смеси, производительность бетононасоса, рациональные режимы работы.

Emeljanova I.A., Chayka D.O. TO QUESTION THE DETERMINATION OF RATIONAL MODES OF UNIVERSAL NON-PISTONS HOSE CONCRETE PUMP. The article presents the results of previous studies to find the rational modes of operation of a universal, non-pistons hose concrete pump with hydraulic drive in the conditions of the construction site. A four-factor experiment was carried out in which the compression pressure of the concrete mixture and the productivity were investigated depending on four independent factors using the central orthogonal composite plan of the 2nd order. As a result, we obtain regression equations for each function, by means of which rational ranges of technological parameters of working processes are found.

Key words: universal non-pistons hose concrete pump, regression equation, pressure of injection of a concrete mix, productivity of concrete pump, rational working regimes.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-93-3-205-214
УДК 621.926.5

Ємельянова І.А., Гордієнко А.Т., Субота Д.Ю.

*Харківський національний університет будівництва та архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: emeljanova-inga@ukr.net)*

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ БЕТОННИХ РОБІТ В УМОВАХ БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА

У статті розглядаються особливості виконання бетонних робіт в умовах будівельного майданчика, способи бетонування, закордонний досвід виконання таких робіт. Розглядаються переваги комплектів обладнання при суміщенні операцій у часі. Пропонується для виконання робіт способом мокрого торкретування комплект малогабаритного обладнання з безпоршневим бетононасосом та змішувачем гравітаційно-примусової дії, який оснащено гідроприводом.

Ключові слова: комплект малогабаритного обладнання, суміщення операцій у часі, спосіб мокрого торкретування.