

УДК 693.61.002.5:621.65

Шаповал М.В.<sup>1</sup>

## ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОБОЧОЇ КАМЕРИ РОЗЧИНОНАСОСА НА ОБ'ЄМНИЙ ККД

*Наведено експериментальні дослідження по визначенню об'ємного ККД розчинонасоса з раціональним підбором конструктивних параметрів робочої камери, всмоктувального та нагнітального клапана необхідних для максимального підвищення об'ємного ККД.*

**Ключові слова:** об'ємний ККД, розчинонасос, рухомість розчину.

*Приведено експериментальні дослідження по определению объёмного КПД растворонасоса с рациональным подбором конструктивных параметров рабочей камеры, всасывающего и нагнетательного клапана необходимых для максимального повышения объёмного КПД.*

**Ключевые слова:** объёмный КПД, растворонасос, подвижность раствора.

*It is resulted experimental researches by definition volume EFFICIENCY of the mortar pump with rational selection of design data of the working chamber, sucking and the pressure valve necessary for the maximum heightening of volume EFFICIENCY.*

**Keywords:** volume EFFICIENCY, the mortar pump, movability of a solution.

**Вступ.** Для механізації будівельних робіт під час проведення опоряджувальних операцій усе частіше застосовують розчинонасоси різних конструкцій. Одною з найбільш важливих вимог, що ставляться до розчинонасосів, є знижена пульсація подачі перекачуваних будівельних розчинів надійність та високий об'ємний ККД. Від рівня пульсації залежить: тиск подачі розчину по трубопроводах, питомі витрати електроенергії на перекачування розчинів, зручність та якість механізованого нанесення розчинів на оброблювані поверхні, величина втрат під час соплування, ресурс роботи трубопроводів і деталей розчинонасосів.

При створенні сучасного розчинонасоса з помірною пульсацією необхідно керуватися відповідними чинниками, а саме: використання привода простого за конструкцією, який забезпечував робочим органам постійну швидкість ходу при плавних динамічних навантаженнях під час переходу через крайні точки і витривалість з плином часу; конструювання гідравлічної частини насоса таким чином, щоб було забезпечено ефективний потік розчинної суміші з урахуванням реологічних властивостей будівельних сумішей як в напівциклі всмоктування, так і напівциклі нагнітання, що в свою чергу підвищувало об'ємний ККД насоса; використання високоефективних і простих за конструкцією компенсаторів пульсації тиску.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.**

Існують літературні [2, 5, 6, 7, 8] джерела в яких досить детально розглянуті причини зниження об'ємного ККД розчинонасоса через втрати від неповноти всмоктування розчину в робочу камеру та через втрати розчину від зворотних витоків через кульові клапани при їх спрацьовуванні на закриття. Кількісний вплив тиску нагнітання перекачуваного середовища на рівень об'ємного ККД даний лише А.М. Барановим у його докторській дисертації [9]. Але, поперше, цей вплив даний лише для бетонної суміші

при одному рівні тиску і, по-друге, причини такого впливу зовсім не розглядалися.

Також відомо [2, 8], що причина, за якою при зростанні тиску подачі буде знижуватися рівень об'ємного ККД розчинонасоса, полягає у тому, що будівельні розчини містять у своєму складі багато вільного повітря у вигляді дуже дрібних пухирців і тому володіють пружними властивостями, тобто при підвищенні зовнішнього тиску вище від атмосферного рівня вони стискаються. Причому рівень такого стискування залежить, не тільки від зовнішнього тиску, але й від рухомості перекачуваних розчинів, оскільки вміст вільного повітря в розчинах залежить від їх рухомості.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Необхідно провести аналіз впливу подачі бокового потоку розчину на клапани і за рахунок яких чинників знижується рівень об'ємного ККД розчинонасоса в реальних умовах експлуатації.

**Постановка завдання.** Необхідно дослідити робочі процеси однопоршневого розчинонасоса з компенсатором пульсації тиску, які відбуваються у гідравлічній частині розчинонасоса в процесі транспортування будівельного розчину різної рухомості.

**Виклад основного матеріалу.** Один з найважливіших показників, який характеризує роботу розчинонасоса, є об'ємний ККД, який визначається відношенням дійсної подачі до теоретичної.

Дійсна подача буде менша від теоретичної на величину втрат перекачуваного розчину за певний час роботи насоса, наприклад, за один повний цикл. Для розрахунків об'ємного ККД краще використовувати подачу за один цикл роботи насоса. Тоді теоретична подача буде дорівнювати робочому об'єму поршня, а дійсна – представляти різницю між робочим об'ємом поршня і сумою втрат розчину за цикл

$$V_p^m = \frac{\pi}{4} \cdot D_n^2 \cdot h, \text{ дм}^3, \quad (1)$$

<sup>1</sup> Шаповал М.В., ст. викладач.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка.

$$V_p^o = \left( \frac{\pi}{4} \cdot D_n^2 \cdot h \right) - \Delta V, \text{ дм}^3, \quad (2)$$

де  $D_n$  – діаметр поршня, дм;  $h$  – хід поршня, дм,  $\Delta V$  – сумарні витрати розчину за цикл.

Сумарні втрати розчину за цикл складають

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3, \text{ дм}^3, \quad (3)$$

де  $\Delta V_1$  – втрати від неповноти всмоктування розчину в робочу камеру;

$\Delta V_2$  – втрати розчину від зворотних витоків через кульові клапани при їх спрацюванні на закриття;

$\Delta V_3$  – втрати розчину за рахунок його стискування в усмоктувальній робочій камері в такті нагнітання.

Розглянемо, що відбувається в усмоктувальній робочій камері розчинонасоса. Після того, як тиск розчину в цій камері на початку такту нагнітання досягне атмосферного рівня, далі відбуватиметься подальше стискування розчину порівняно з тим об'ємом, який він займав при атмосферному тиску. Але подача розчину через нагнітальний клапан почнеться лише

тоді, коли тиск у робочій камері сягне рівня тиску подачі розчину. Далі в нагнітальний трубопровід подається більша частина перекачуваного середовища, а менша частина, витікає через усмоктувальний клапан. В напівперіод всмоктування, частина розчину повертається в робочу камеру через нагнітальний клапан. Це пояснюється запізненням сидання клапанів на сидло, і негативним впливом бокової складової зусилля потоку розчину із зони циліндра розчинонасоса.

Аналізуючи способи підвищення об'ємного ККД, а також оптимізацію геометричних параметрів кульових клапанів, виникла необхідність у визначенні експериментального об'ємного ККД однопоршневого розчинонасоса при введених конструктивних елементів, які б усунули "шкідливий" об'єм робочої камери, а також зменшили зворотні витoki через усмоктувальний та нагнітальний клапани за різною рухомістю розчинної суміші.

Для проведення експериментів по визначенню дійсного об'ємного ККД досліджуваного розчинонасоса було зроблено експериментальну установку, схему якої наведено на рис. 1.

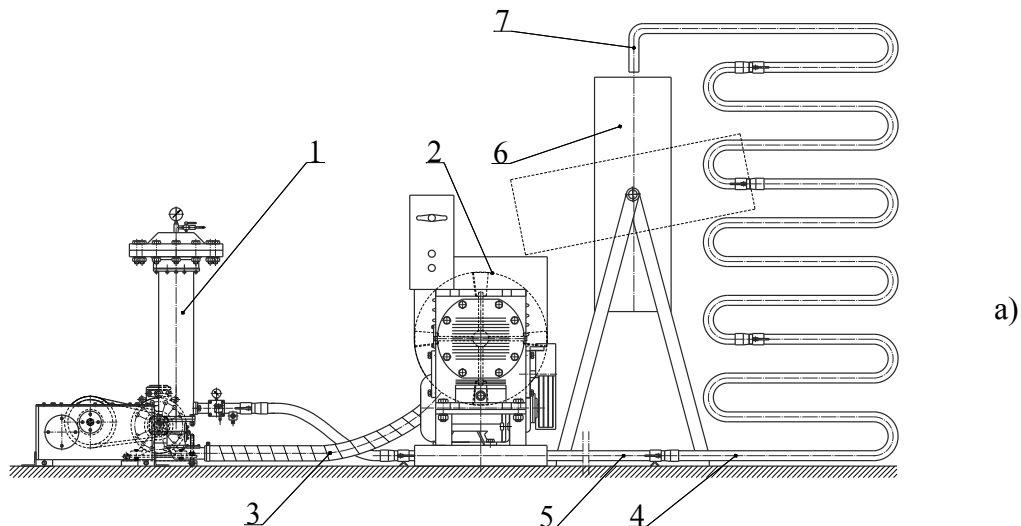


Рисунок 1. Експериментальна установка для визначення об'ємного ККД розчинонасоса:  
а – конструктивна схема; б – зовнішній вигляд.

Дана установка складається із досліджуваного розчинонасоса 1, розчинозмішувача 2, місткість бункера якого 250 дм<sup>3</sup>. З'єднання змішувача з усмоктувальним патрубком розчинонасоса здійснюється за допомогою еластичного рукава 3. До нагнітального патрубка розчинонасоса за допомогою швидкодіючого з'єднання приєднаний сталевий розчинопровід 5. В процесі проведення експериментів, підключалися, додатково, гумовотканинні трубопроводи 4, які встановлені для створення необхідного тиску подачі перекачуваного розчину, шляхом подальшого кручення їх в кільця. Гумовотканинний патрубок 7 направлявся у бункер розчинозмішувача 2. Після становлення необхідного рівня тиску розчину, патрубок переміщувався в мірний циліндр 6, при цьому одночасно включався секундомір. При заповненні циліндру до контрольної мітки 60 дм<sup>3</sup> патрубок переводився в бункер і зупинявся секундомір.

Після проведення чергового виміру для очищення мірної ємності від залишків розчину застосовували шкребок.

Дана установка складається із досліджуваного розчинонасоса 1, розчинозмішувача 2, місткість бункера якого 250 дм<sup>3</sup>. З'єднання змішувача з усмоктувальним патрубком розчинонасоса здійснюється за допомогою еластичного рукава 3. До нагнітального патрубка розчинонасоса за допомогою швидкодіючого з'єднання приєднаний сталевий розчинопровід 5. В процесі проведення експериментів, підключалися, додатково, гумовотканинні трубопроводи 4, які встановлені для створення необхідного тиску подачі перекачуваного розчину, шляхом подальшого кручення їх в кільця. Гумовотканинний патрубок 7 направлявся у бункер розчинозмішувача 2. Після становлення необхідного рівня тиску розчину, патрубок переміщувався в мірний циліндр 6, при цьому одночасно включався секундомір. При заповненні циліндру до контрольної мітки 60 дм<sup>3</sup> патрубок переводився в бункер і зупинявся секундомір.

Після проведення чергового виміру для очищення мірної ємності від залишків розчину застосовували шкребок.

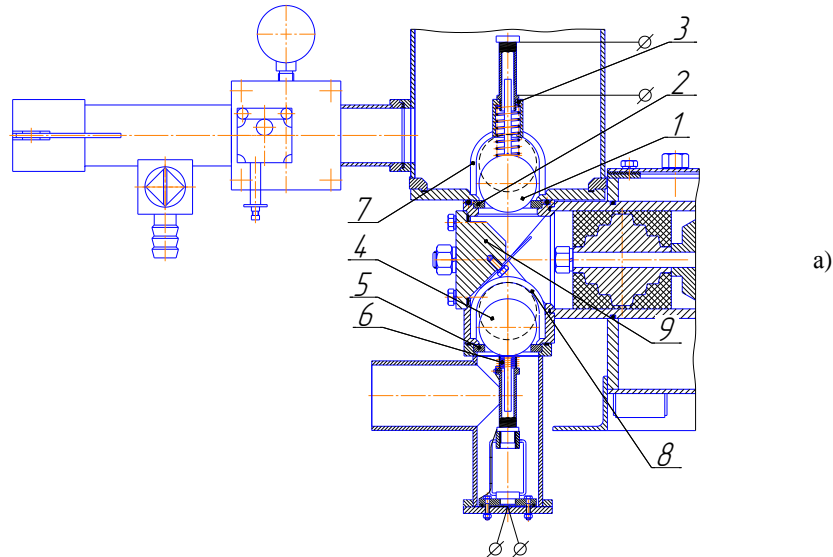


Рисунок 2. Розчинонасос із установленими датчиками для запису параметрів ходу клапанів:

а – схема розташування індуктивних датчиків переміщення всмоктувального та нагнітального клапана: 1 – кулька нагнітального клапана; 2 – сідло нагнітального клапана; 3, 6 – пружний елемент; 4 – кулька всмоктувального клапана; 5 – сідло всмоктувального клапана; 7, 8 – обмежувач висоти підйому кульки клапана; 9 – усичений циліндр з перегородкою; б – загальний вигляд насоса з датчиками.

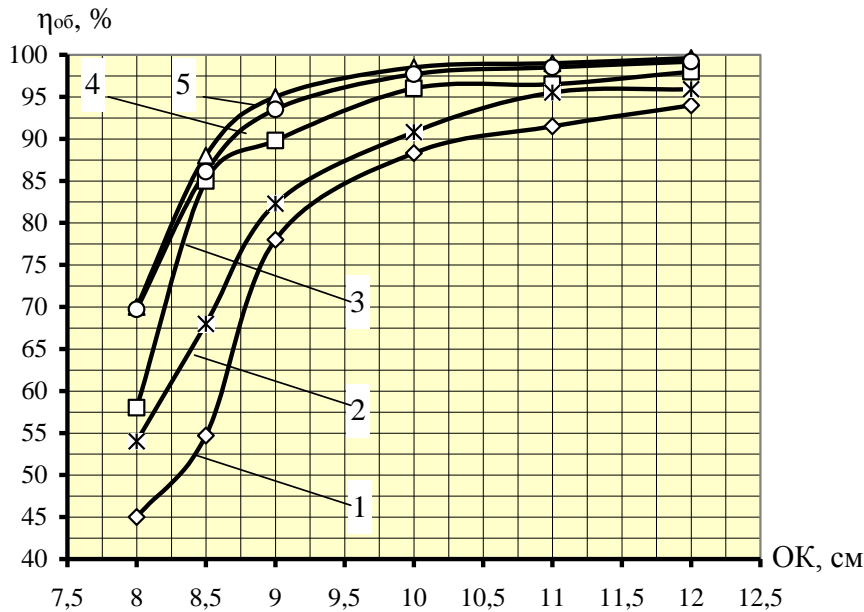


Рисунок 3. Графіки залежності об'ємного ККД розчинонасоса від рухомості перекачуваного розчину при різних конструктивних елементах робочої камери і клапанів:

- 1 – невідпружинені нагнітальний і всмоктувальний клапани без усіченого циліндру та перегородки;
- 2 – невідпружинені нагнітальний і всмоктувальний клапани з встановленими усіченим циліндром та перегородкою;
- 3 – тільки з підпружиненим нагнітальним клапаном;
- 4 – підпружинені нагнітальний і всмоктувальний клапани з встановленими усіченим циліндром та перегородкою;
- 5 – підпружинені нагнітальний клапан з встановленими усіченим циліндром та перегородкою.

Дані проведених експериментів свідчать про те, що об'ємний ККД розчинонасоса у першу чергу залежить від рухомості перекачуваного розчину, а також вказують на підвищення об'ємного ККД при перекачуванні густих розчинів, яке зумовлене більш швидким

спрацьовуванням нагнітального та всмоктувального клапана.

Метою експериментальних досліджень є оптимізація конструктивних параметрів робочої камери і всмоктувального та нагнітального клапана необхідних для максимального підвищення об'ємного ККД.

Таблиця 1

**Параметри об'ємного ККД розчинонасоса з урахуванням рухомості перекачуваного розчину, конструктивних елементів робочої камери і клапанів, що впливають на ефективність роботи розчинонасосу.**

Рухомість розчину	ККД розчинонасоса з урахуванням конструктивних елементів робочої камери і клапанів				
	невідпружинені нагнітальний і всмоктувальний клапани без усіченого циліндру з перегородкою	невідпружинені нагнітальний і всмоктувальний клапани з встановленими усіченим циліндром та перегородкою	тільки з підпружиненим нагнітальним клапаном	підпружинені нагнітальний і всмоктувальний клапани з встановленими усіченим циліндром та перегородкою	підпружинені нагнітальний клапан з встановленими усіченим циліндром з перегородкою
ОК 8	45	54	58	69,7	70
ОК 8,5	54,7	68	85	86,1	88
ОК 9	78	82,3	89,8	93,5	95
ОК 10	88,3	90,8	96	97,7	98,5
ОК 11	91,5	95,5	96,5	98,5	99
ОК 12	94	95,9	98	99,2	99,6

При проведенні експериментальних досліджень здійснювалося варіювання конструктивними елементами, які встановлювалися у робочу камеру. Необхідно приділити увагу роботі всмоктувального та нагнітального клапанів, як вільно діючих, так і підпружинених. Щоб проаналізувати, який із конструктивних елементів впливає на

об'ємний ККД, дослідження проводили змінюючи окремо кожний елемент (рис. 3, табл. 1). На рис. 2 показано встановлення пружини 10 на всмоктувальний клапан 7 та на нагнітальний клапан 1 – пружини 4.

Дослідження показали, що об'ємний ККД з підпружиненим нагнітальним клапаном (крива 3, рис. 3)

значно вище ніж конструкція з клапанами вільної дії (крива 1, рис. 3). Особливо підвищення об'ємного ККД спостерігається при перекачуванні густих розчинів з ОК 8 до 9 см.

Для зменшення "шкідливого" об'єму робочої камери, а також спрямування потоку розчину у напрямку всмоктувального клапана (більш швидке спрацювання на закриття і тим самим зменшення зворотних витоків під час нагнітання розчину) було встановлено в робочу камеру перегородку з основою у вигляді усіченого циліндра, в результаті чого збільшився об'ємний ККД розчинонасоса (крива 2, рис. 3).

Підпружинення всмоктувального та нагнітального клапанів, а також введення усіченого циліндру та перегородки в робочу камеру (крива 4, рис. 3), значно

підвищило об'ємний ККД та зменшило зворотні витки через клапани.

Але, якщо порівнювати з результатами досліджень конструкції тільки з підпружиненим нагнітальним клапаном та встановленою в робочу камеру перегородкою (крива 5, рис. 2) – підпружинення всмоктувального клапана не дало суттєвого збільшення об'ємного ККД (крива 4, рис. 2). Це пояснюється гальмуванням пружного елемента через його невисоку жорсткість в малорухомих розчинах (нижче ОК 8,5 см), що призводить до зменшення швидкості опускання всмоктувального клапана на сідло. Також розміщення пружини в усмоктувальному тракті створює додатковий опір проходженню розчину через сідло всмоктувального клапана в робочу камеру розчинонасоса, що знижує всмоктувальну здатність розчинонасосу та недозаповнення робочої камери.

## Висновки

Оптимальною схемою робочої камери розчинонасосу є підпружинення нагнітального клапану і встановлення в робочу камеру усіченого циліндру з перегородкою. При даних конструктивних елементах до мінімуму зведені зворотні витки розчину через клапани, а також зменшено "шкідливий" об'єм робочої камери.

## Література

1. Сулейманов, М.М. Обязка буровых насосов. – Баку Азербайджан, 1960.
2. Кукоба, А.Т., Коробко, Б.О., Васильев, А.В. Изменение объёма растворной смеси при перекачивании растворонасосом //Механизация строительства.– 2000. – № 3.
3. Скрицкий, В.Я., Рокшевский, В.А. Эксплуатация промышленных гидроприводов. – М.: Машиностроение, 1984. – 176 с.
4. Ивянский, Г.Б. Транспорт строительных растворов по трубам. – М.: Госстройиздат, 1957. – 187 с
5. Онищенко А.Г., Кукоба А.Т., Уст'янец В.У. Методика розрахунку зворотних втрат розчину через усмоктувальний клапан вертикального диференціального розчинонасоса // Збірник наукових праць (галузево машинобудування, будівництво) / Полт. держ. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Вип. 3. – Полтава: ПДТУ, 1998. – С. 3-6.
6. Влияние основных конструктивных параметров на КПД дифференциального растворонасоса / А.Г. Онищенко, В.Б. Надобко, Н.Н. Шпилька // Конструкции зданий и строительное производство: Сб. научн. трудов. – К., 1991. – С.4–13.
7. Головкин А.В. Расчёт обратных утечек через клапаны в дифференциальном растворонасосе с качающейся колонкой // Механизация стр-ва. – 1998. – № 9. – С. 19-21.
8. Онищенко О.Г., Васильев А.В., Коробко Б.О. Вплив об'ємного розширення розчину на ефективність роботи розчинонасоса //Збірник наукових праць (галузево машинобудування, будівництво) / Полт. держ. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Вип. 4. – Полтава: ПДТУ, 2000. – С. 3-9.
9. Емельянова И.А., Баранов А.Н., Проценко А.Н. Исследование кольцевого поршневого блока компенсатора для малоимпульсной подачи бетонных смесей пониженной подвижности. // Науковий вісник будівництва. – Харків: Харківське обл. територ. відділ. Академії буд. України. – 1998. – Вип. №4. – С. 88 – 91.