

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТИСКУ ПОДАЧІ НА ОБ'ЄМНИЙ ККД РОЗЧИНОНАСОСА

Наведено теоретико-експериментальні дослідження впливу тиску подачі на об'ємний ККД розчинонасоса.

Ключові слова: *об'ємний ККД, розчинонасос, тиск подачі.*

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Для механізації будівельних робіт під час проведення опоряджувальних операцій усе частіше застосовують розчинонасоси різних конструкцій. Однією з найбільш важливих вимог, що ставляться до розчинонасосів, є знижена пульсація подачі перекачуваних будівельних розчинів, надійність і 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 й витривалість з плином часу; конструювання гідравлічної частини насоса таким чином, щоб було забезпечено ефективний потік розчинної суміші з урахуванням реологічних властивостей будівельних сумішей як у напівциклі всмоктування, так і напівциклі нагнітання, що в свою чергу підвищувало об'ємний ККД насоса; використання вискоефективних та простих за конструкцією компенсаторів пульсації тиску.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання цієї проблеми й на які спирається автор, виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Існують літературні [2, 5, 6, 7, 8] джерела, в яких досить детально розглянуто причини зниження об'ємного ККД розчинонасоса через утрати 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 проаналізовано лише

А.М. Барановим у його докторській дисертації [9]. Але, по-перше, цей вплив визначено лише для бетонної суміші при одному рівні тиску, і, по-друге, причини такого впливу зовсім не розглядалися.

Також відомо [2, 8], що причина, з якої 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.

Необхідно провести аналіз впливу тиску подачі, за рахунок яких чинників знижується рівень об'ємного ККД розчинонасоса в реальних умовах експлуатації обладнання.

Формулювання цілей статті (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 дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Один з найважливіших показників, який характеризує роботу розчинонасоса, є об'ємний ККД, що 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

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

де D_n – діаметр поршня, дм; h – хід поршня, дм.

Сумарні втрати розчину за цикл становлять

$$DV = DV_1 + DV_2 + DV_3, \text{дм}^3, \quad (2)$$

де DV_1 – втрати від неповноти всмоктування розчину в робочу камеру;

DV_2 – втрати розчину від зворотних витоків через кульові клапани при їх спрацьовуванні на закриття; DV_3 – втрати розчину за рахунок його стискування в усмоктувальній робочій камері в такті нагнітання.

Розглянемо, що відбувається в усмоктувальній робочій камері розчинонасоса в такті нагнітання. 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. Тому в нагнітальний трубопровід буде подано лише ту частину перекачуваного середовища, яка дорівнює дійсному робочому об'ємові поршня. При цьому частина розчину від теоретичного робочого об'єму поршня буде витрачена на стискування розчину в робочій камері до початку його нагнітання в трубопровід.

Щоправда, той розчин, що в стиснутому стані надійшов у трубопровід, на виході з нього знову розшириться до вихідного об'єму, а величина стискування того розчину, який заповнює так званий шкідливий об'єм робочої камери, буде визначати втрати перекачуваного середовища за один цикл унаслідок його стискування під дією тиску нагнітання.

З описаного механізму випливає, що величина втрат розчину DV_3 , що зумовлена його стискуванням, залежить як від відносного стискування будівельних розчинів, так і від тиску нагнітання та величини шкідливого об'єму всмоктувальної камери насоса.

Отже, втрати розчину DV_3 від його стискуваності можна розрахувати за формулою

$$DV_3 = e_{cm} \times V_{шк}, \text{ дм}^3, \quad (3)$$

де e_{cm} – відносне стискування розчину певної рухомості при цьому тиску;

$V_{шк}$ – шкідливий об'єм робочої камери, дм^3 .

Величина e_{cm} може бути визначена за дослідженнями, представленими у літературних джерелах [2, 8].

Об'ємний ККД розраховують за формулою

$$h_{об} = \frac{V_p - DV}{V_p}. \quad (4)$$

Формулу (4) можна представити ще у такому вигляді

$$h_{об} = \frac{V_p}{V_p} - \frac{DV_1}{V_p} - \frac{DV_2}{V_p} - \frac{DV_3}{V_p} = 1 - \frac{DV_1 + DV_2 + DV_3}{V_p}. \quad (5)$$

Останній член цієї формули означає вплив тиску подачі розчину на рівень об'ємного ККД розчинонасоса.

З формул (4), (5) і досліджень висвітлених у [2, 8] видно, що чим густіший перекачуваний розчин, вищий тиск подачі й більший шкідливий об'єм всмоктувальної робочої камери, тим більше знижується об'ємний ККД розчинонасоса від стискуваності перекачуваних розчинів.

Але варто підкреслити, що приріст стискування розчинів з підвищенням зовнішнього тиску поступово зменшується і при деякому граничному тиску припиняється зовсім. Тому можна передбачити, що після досягнення тиском подачі розчину граничного рівня подальше

зниження об'ємного ККД, зумовлене стисненням розчинів, також припиниться [2, 8].

Таким чином, тиск подачі розчину значною мірою впливає на об'ємний ККД розчинонасосів, причому цей вплив буде тим більший, чим густіший розчин, вищий тиск подачі й більший шкідливий об'єм усмоктувальної камери.

Як уже відмічалось, одним із основних факторів впливу на об'ємний ККД розчинонасоса є втрати розчину за рахунок його стискування в усмоктувальній робочій камері в такті нагнітання. Також було відмічено, що на об'ємний ККД впливає рухомість перекачуваних розчинів. Але врахуємо те, що дослідження, які були проведені в Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка стосовно стиснення розчинів різної рухомості [2, 8], не повною мірою розкривають механізм впливу тиску на об'ємний ККД розчинонасоса. Це можна пояснити тим, що розчин, який закачується в робочу камеру розчинонасоса, має надлишкове замішане повітря з розчинозмішувача в умовах експлуатації штукатурних агрегатів.

Тиск стискування розчину при перекачуванні має пульсацію, і тому вплив на розчин змінний. На відміну від попередніх досліджень стиснення розчинів здійснювали ступінчасто, при поступовому підвищенні тиску з кроком 100 кПа. При цьому розчин у надпоршневій порожнині циліндра перемішували тонким сталевим прутком і струшуванням установки для видалення великих скупчень повітря, що потрапило у порожнину циліндра при завантаженні.

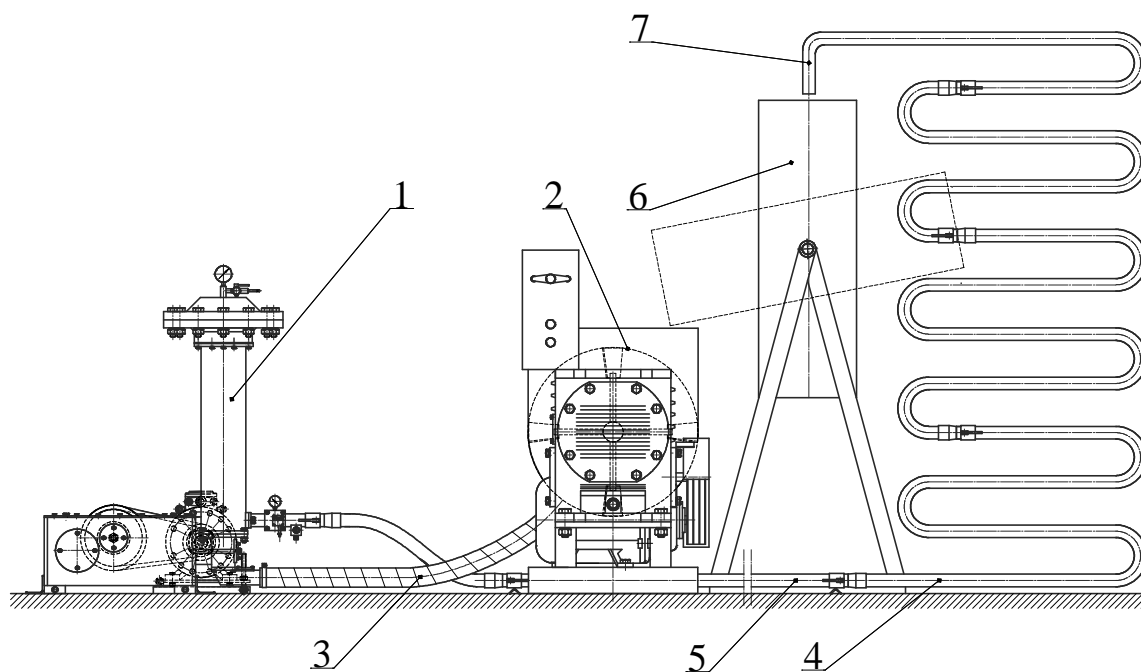
Тому в такому випадку втрати розчину DV_3 від його стискуваності можна визначити за формулою

$$DV_3 = (e_{cm} + e_{cm\text{ввл}}) \cdot V_{\text{ук}}, \quad (6)$$

де $e_{cm\text{ввл}}$ – відносний вміст вільного повітря, яке замішується в розчин з розчинозмішувача в робочу камеру розчинонасоса.

Для підтвердження теоретичних міркувань було проведено експериментальні дослідження з визначення впливу тиску подачі об'ємного ККД розчинонасоса на спеціальному стенді (рис. 1).

Цей стенд складається із досліджуваного розчинонасоса 1, розчинозмішувача 2, місткість бункера якого 250 дм³. 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. У процесі проведення експериментів підключалися додатково гумово-тканинні трубопроводи 4, які встановлені для створення необхідного тиску подачі перекачуваного розчину, шляхом подальшого кручення їх в кільця. Гумово-тканинний патрубок 7 направлявся у бункер розчинозмішувача 2.



а)



б)

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

Після становлення необхідного рівня тиску розчину патрубків переміщувався в мірний циліндр б, при цьому одночасно включався секундомір. При заповненні циліндра до контрольної мітки 60 дм³ патрубків переводився в бункер і зупинявся секундомір.

Результати досліджень (рис. 2 і табл. 1) показують, що при підвищенні тиску подачі об'ємний ККД розчинонасоса зменшується, при цьому рівень зменшення можна розділити на два етапи:

Перший етап, на котрому повільно здійснюється зменшення об'ємного ККД за рахунок незначних втрат розчину як при зворотних витоках через кулькові клапани, так і неповноти всмоктування, а також утрат – від неповного стиснення повітря у вільному стані та замішаного з розчинозмішувача. Як видно з графіка (рис. 2), при рухомості розчину ОК 8 см процес до повного стиснення повітря, яке знаходиться у розчині, здійснюється в діапазоні від 0,5 до 1,4 МПа тиску подачі, а вже при рухомості розчину ОК 8,5-12 см – від 0,5 до 1,0 МПа.

Залежність відносної зміни об'єму розчинів різної рухомості від надлишкового тиску підтверджується експериментальними даними.

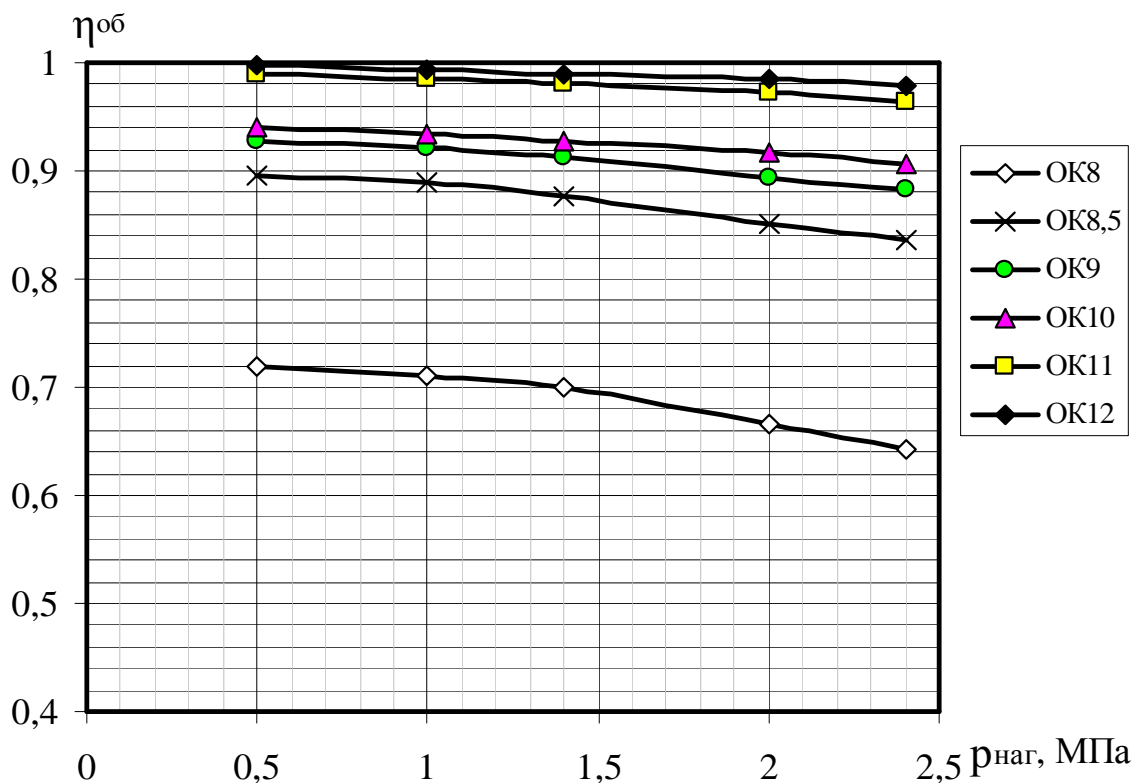


Рис. 2. Експериментальні дослідження впливу тиску подачі на об'ємний ККД розчинонасоса

Таблиця 1. Параметри впливу тиску подачі на об'ємний ККД розчинонасоса

E, № з/п	Середній тиск подачі, $p_{сер}$, МПа	Об'ємний ККД розчинонасоса					
1.	0,5	0,72	0,895	0,928	0,941	0,990	0,997
2.	1,0	0,711	0,89	0,922	0,935	0,985	0,993
3.	1,4	0,7	0,876	0,913	0,928	0,980	0,99
4.	2,0	0,665	0,852	0,894	0,918	0,973	0,985
5.	2,4	0,642	0,837	0,882	0,907	0,964	0,979

Другий етап, на якому здійснюється більш швидка зміна об'ємного ККД. Відповідно при рухомості розчину ОК 8 см – цей процес здійснюється від 1,4 МПа тиску подачі й вище, а при рухомості розчину ОК 8,5-12 см – від 1,0 МПа і вище. Таким чином, зміна об'єму розчину в робочій камері розчинонасоса має граничний рівень, при якому повітря, що перебуває у вільному стані та замішане з розчинозмішувача, повністю розчиниться у воді розчину.

Література

1. Сулейманов М.М. *Обвязка буровых насосов.* – Баку: Азернефтнешир, 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 О.Г., Кукоба А.Т., Устьянцев В.У. *Методика розрахунку зворотних втрат розчину через усмоктуючий клапан вертикального диференціального розчинонасоса // Збірник наукових праць (галузеве 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 (галузеве 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. – Вып. №4. – С. 88 – 91.

Надійшла до редакції 20.11.2012

©В. С. Білецький, М. В. Шаповал

УДК 693.61.002.5:621.65

*В. С. Белецкий, д.т.н., проф.,
Н. В. Шаповал, ст. преподаватель
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПОДАЧИ НА ОБЪЁМНЫЙ КПД РАСТВОРОНАСОСА

Освещены теоретико-экспериментальные исследования влияния давления подачи на объёмный КПД растворонасоса.

Ключевые слова: *объёмный КПД, растворонасос, давление подачи.*

UDK 693.61.002.5:621.65

*V. S. Beletsky, Doctor of Technical Sciences, Professor,
N. V. Shapoval, Senior Lecturer
Poltava National Technical University named in honour of Yuriy Kondratyuk*

MORTAR PUMP VOLUMETRIC EFFICIENCY FLOW IMPACT ANALYSIS

Theoretical and experimental study of the pressure effect, applied to the mortar pump volumetric efficiency are shown.

Keywords: *volumetric efficiency, mortar, pressure feed.*