

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ  
ПОЛТАВСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

*На правах рукопису*

**ШПЕЛЬКА Микола Миколайович**

**РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНО-ПЛУНЕРНОГО  
ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РОЗЧИННОСОСА З ТАРИЕМАТИМИ КЛАПАДАМИ**

сб.05.02 - Машини і агрегати виробництва будівельних  
матеріалів, конструкцій та виробів

АВТОРЕФЕРАТ дисертації  
на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Полтава - 1996

691.002.5

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00743842 (S)

Дисертація в рукописі.

Робота виконана в Полтавському технічному університеті на кафедрі будівельних машин та обладнання.

Науковий керівник - заслужений працівник вищої школи України, доктор технічних наук, академік Академії будівництва України, професор  
Онищенко Олександр Григорович.

Офіційні опоненти:

- 1) доктор технічних наук, професор Маслов Олександр  
Гаврилович;
- 2) кандидат технічних наук, доцент Ємельяненко Микола  
Григорович.

Провідна організація - АПКТІ "Київський проектбудмеханізація" корпорації "Укрбуд" (м.Київ)

Захист дисертації відбудеться 25 грудня 1996 р. о 14.30 на засіданні спеціалізованої вченої ради К 25.01.01 у Полтавському технічному університеті за адресою: 314601, м.Полтава, Першотравневий пр-кт, 24, зал засідань (ауд. 234).

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Полтавського технічного університету за адресою: 314601, м.Полтава, Першотравневий пр-кт, 24.

Автореферат розісланий "22" 11 1996 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради  
кандидат технічних наук, доцент

М.П.Нестеренко

46-36.009

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** Промисловістю країн СНД випускається досить широкий асортимент машин і механізмів для механізації будівельних процесів при опоряджувальних роботах сучасного будівництва. Проте, штукатурні роботи до цього часу характеризуються особливо великою тривалістю та вартістю, що складає 18-20% від усіх будівельно-монтажних робіт на об'єкті. Їм властиві тривалі технологічні перерви через традиційну багатоопераційність процесу нанесення штукатурки і пов'язані з цим великі планові терміни їх виконання. Одним із прогресивних етапів технологічного процесу механізованого виконання штукатурних робіт, що дозволяє істотно інтенсифікувати його, як з точки зору підвищення продуктивності, так і зниження багатоопераційності, є організація ефективного транспортування будівельних розчинів трубопроводами і наступне нанесення їх шляхом соплування на поверхню, що оброблюється. Розчинонасоси, які використовуються зараз для цієї мети поки що не цілком задовольняють будівельників, бо мають такі недоліки, як низька усмоктувача здатність густих розчинів, малий тиск та продуктивність, а значні рівні імпульсності подачі, що супроводжує процес нанесення штукатурки помітними втратами розчину через відскоки від оброблюваної поверхні та ін. Істотно великі витрати при цьому спостерігаються на зведенні висотних будівель з великими обсягами штукатурних робіт. Тому дуже актуальною для будівельного виробництва і будівельної індустрії в цілому є проблема створення та впровадження у виробництво високопродуктивного (до  $6 \text{ м}^3/\text{год}$ ) із значним напором (до 6 МПа) і високою усмоктувальною здатністю вертикально-плунжерного розчинонасоса з вперше запропонованим для підвищення ефективності його роботи використанням тарільчатих клапанів.

До цього часу для транспортування розчинів трубопроводами застосовувались переважно розчинонасоси з самодіючими кульовими клапанами, які окрім відомих позитивних якостей мають і низьку істотних недоліків. Робота кульових клапанів супроводжується значними зворотними втратами розчину, не виключаються випадки їх застрягання у густих розчинах, вони сильно стукають при посадці на сідло, що викликає підвишене спрацювання робочих поверхонь. До того ж, застосування кульових клапанів збільшує об'єм шкідливого простору робочої камери. Тому висунута нами ідея використання у

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

розчинонасосі, що розробляється, тарільчатих клапанів повинна значною мірою подішити як експлуатаційні так і техніко-економічні його показники. На наш погляд, тарільчаті клапани повинні працювати з більшою ефективністю порівняно з кульовими.

Виходячи з цього, **метою даної роботи** є створення високопродуктивного вертикально-плунжерного розчинонасоса з тарільчатими клапанами для транспортування трубопроводами та механізованого нанесення на оброблені поверхні малорукливих будівельних розчинів, а також проведення досліджень, спрямованих на обґрунтування та підвищення рівня ефективності конструктивних рішень і впровадження у будівельне виробництво розробленої на цій основі конструкції насоса.

Для досягнення поставленої мети **вирішувалися наступні задачі:**

1) аналіз матеріалів літературних джерел і досвіду практичного використання найбільш розповсюджених у будівельному виробництві розчинонасосів для аргументації поставленої мети;

2) обґрунтування наукової бази для вибору раціональних конструктивних параметрів тарільчатих клапанів у вертикальному диференціальному розчинонасосі методом математичного моделювання;

3) вибір конструктивної схеми та створення експериментального зразка перспективного вертикально-плунжерного диференціального розчинонасоса з тарільчатими клапанами на основі проведеного теоретичного аналізу;

4) встановлення аналітичних залежностей впливу конструктивних параметрів запропонованого насоса на його об'ємний коефіцієнт корисної дії (к.к.д.);

5) експериментальні дослідження для обґрунтування доцільності використання тарільчатих клапанів у вертикальних диференціальних розчинонасосах та розробка методики інженерного розрахунку їх раціональних конструктивних параметрів;

6) техніко-економічна оцінка та апробація результатів досліджень у виробничих умовах.

**Наукова новизна роботи така:**

1) виконана розширена та систематизована класифікація існуючих клапанів об'ємних насосів;

2) обґрунтоване нове технічне рішення для розробки вертикально-плунжерного диференціального розчинонасоса з тарільчатими клапанами;

3) розроблена конструкція вертикально-плунжерного диференціального розчинонасоса з тарільчатими клапанами, яка захищена авторським свідоцтвом;

4) аналітично встановлені та експериментально перевірені функціональні залежності впливу основних конструктивних параметрів (діаметра сідла, висоти підняття й маси клапана, частоти і довжини ходу плунжера) вертикального диференціального розчинонасоса з тарільчатими клапанами на ефективність його роботи;

5) встановлені раціональні значення основних конструктивних параметрів розчинонасоса і на цій основі запропонована методика їх розрахунку;

6) аналітично і експериментально обгрунтоване застосування способу регулювання подачі насоса шляхом зміни довжини ходу його робочого органу;

7) експериментальними дослідженнями показані переваги запропонованої конструктивної схеми диференціального розчинонасоса, оснащеного тарільчатими клапанами порівняно з аналогами, обладнаними кульовими клапанами.

Вказані вище наукові положення **вносяться на захист.**

**Практична цінність роботи** полягає у тому, що автором створена нова ефективна конструкція вертикально-плунжерного розчинонасоса з тарільчатими клапанами, науково обгрунтована методика його інженерного розрахунку. Розроблені рекомендації визначення раціональних параметрів розчинонасоса, здійснене впровадження його у будівельне виробництво.

**Реалізація результатів роботи.** Розроблена конструкторська документація для виготовлення вертикально-плунжерного диференціального розчинонасоса з тарільчатими клапанами.

Експериментальний зразок розчинонасоса був виготовлений на Вінницькому ЕРМЗ "Рембудшляхмаш". Після випробувань і корегування конструкторської документації за безпосередньою участю автора, там же виготовлена й запроваджена у будівельне виробництво дослідна партія насосів кількістю 11 штук. За результатами проведених приймальних випробувань насос був рекомендований для поставки на серійне виробництво з наданням вищої категорії якості.

Економічний ефект від впровадження одного розчинонасоса РЧ-В у цінах 1996 року склав 8595 грн./рік.

**Апробація роботи.** Основні положення роботи і результати досліджень доповідалися на 40, 41, 42, 43, 44 та 45 наукових кон-

ференціях 1988-93 р.р. колишнього Полтавського інженерно-будівельного інституту і на 46, 47, 48 наукових конференціях 1994-96 рр. Полтавського технічного університету, а також на Всесоюзній конференції "Фундаментальні дослідження та нові технології в будівельному матеріалознавстві" 1989 р. у м. Белгороді. Крім того про роботу, що виконувалася за координаційним планом колишнього Мінбуду УРСР, неодноразово інформувалося на його науково-технічних секціях механізації будівництва, а також у ЦНДІОМТД (м. Москва).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 7 праць, серед них авторське свідчення на винахід.

**Структура роботи.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків та рекомендацій, списку літературних джерел із 183 назв, має 104 сторінки машинописного тексту, 23 рисунки, 11 таблиць та 9 додатків на 55 сторінках.

#### ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі подана загальна характеристика роботи, обґрунтована актуальність теми дослідження, сформульована мета дисертації та задачі, що вирішуються для її досягнення, показана новизна наукових положень, що виносяться на захист і практична цінність роботи.

У першому розділі наведений огляд літературних джерел і аналіз на його основі найбільш розповсюджених вітчизняних та зарубіжних конструкцій розчинонасосів. Наголошено, що великий внесок у розвиток теорії та практики створення і удосконалення конструкцій розчинонасосів, транспортування розчинів трубопроводами зробили ряд відомих вчених та інженерів. Серед них: М.І.Альошин, Є.С.Волдаков, В.П.Вовченко, А.Ф.Дем'яненко, С.С.Дем'яненко, С.С.Добронравов, Є.Я.Дорошкін, В.М.Євстіфєєв, І.А.Ємельянова, М.М.Завражин, Г.В.Іванський, М.С.Канька, В.В.Надобко, О.Г.Онищенко, Є.П.Парфьонов, Є.С.Стайченко, В.Д.Топчій, В.У.Устьянцев, Ю.В.Черков, С.Г.Янов та ін.

Внаслідок аналізу нами зроблено висновок, що, неважаючи на велику кількість конструкцій розчинонасосів, які використовуються нині в країнах СНД, вони поки що не задовольняють повною мірою комплексно вимог, які пред'являються до цих машин для організації ефективно-комплексно-механізованої технології виконання штука-

турних робіт із застосуванням способу безкомпресорного соплування.

До нещодавнього часу у будівельному виробництві використовувалися лише діафрагмові розчинонасоси типів СО-29В, СО-30В, СО-10А для перекачування рідких будівельних розчинів рухливості 12-18 см по ГОСТ 5802-86 при вкрай низькому напорі (до 1,5 МПа), що не дозволяло організувати комплексну механізацію штукатурних робіт. Після цього в ході розвитку науково-технічного прогресу у 70-х роках почали широко впроваджуватися у будівельну практику розчинонасоси з безпосереднім впливом робочого органу на розчин: з одним поршнем - LKS-190(ФРН), італійської фірми Turbosol, СО-167 та СО-168 (ВНДІБМІ) і двопоршнєві диференціальні розчинонасоси КА139 (фірма Putzmeister), РН-2;4 "Салют" (і-т Укроргтехбуд, м.Київ), РД-4 (А.Ф.Дем'яненко, м.Харків), СО-138 (ВНДІБМІ, м.Москва). Вони якимось міром забезпечили подачу розчинів з тиском до 3,5 МПа, що дозволило обслуговувати будівництво 5-9 поверхових будівель безпосередньо із нульової відмітки. Але поруч із цим їм все таки властиві й істотні недоліки: зазначені машини не можуть подавати густі цементні розчини; не виключена значна імпульсність подачі розчинів при низьких напорах та ін.

Значний крок вперед зроблено галузевою лабораторією механізації ручної праці у будівництві колишнього Полтавського ІБІ, де у 80-х роках був створений і серійно впроваджений у виробництво вертикальний розчинонасос подвійної дії з проточним поршнем. Він дозволив усунути частину недоліків, які мали названі вище машини і забезпечити комплексно-механізоване виконання штукатурних робіт із застосуванням безкомпресорного соплування. Але й у нього практикою експлуатації виявлені певні недоліки: порівняно великий об'єм шкідливого простору робочої камери, ускладнена п'ятиланкова кінематична схема приводу та ін.

Окрім того, критичний огляд літературних джерел показав, що практично всі існуючі конструкції розчинонасосів обладнані кульовими клапанами, які, як було зазначено вище, не забезпечують достатньо ефективної роботи цих машин. У той же час при виконанні бурових робіт з пошуку нафти і газу широко використовуються бурові насоси для закачки у свердловини глинястих та важких розчинів підвищеної в'язкості. У всіх конструкціях насосів при цьому ефективно застосовуються як підпружинені так і самодіючі тарільчаті клапани. В цілому ж, у роботі запропонована системати-

гована й розширена класифікація клапанів і розподільних пристроїв об'ємних насосів, яка наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Класифікація клапанів і розподільних пристроїв

Конструктивне виконання		Кульовий	Гарішчатий		Стулковий	Шибєрний	Болотниковий	S- і C-образн. кобст	
Опорна поверхня		Кільцеподібна (лінійна)	Плоска	Конічна	Плоска	Плоска	Циліндрична	Плоска	
Напрявлення		Без направл. Бокове	Верхнє		Без направл. в'єчєх	Бокові направл. в'єчєх	Боковє	Боковє	
			Нижнє						
			Комбїнованє						
Спосїб навантаженнє	Регулюєтьсє	-	Масою			Примусової дії	Примусової дії	Пружиню	
			Пружиню						
			Комбїнований						
	Не регулюєт.	Масою	-	Масою	-	-	-		
Характер ушїльненнє		Метал по металу							
		Гума по гумі					-		
		Гума по металу							-
Розташування ушїльнювача		На сїдлі					Бєз ушїльненнє	На клапані	Бєз ушїльненнє
		На клапані							
		Комбїнованє							
		Бєз ушїльн.	-	-	-	-			
Спосїб обмеженнє ходу		Жорстким упором							
		Навантаженнєм клапана			Бєз обмежен.		-	-	-
Конструкція		-			Одноствулковий	Судїльний		-	
					Двоствулков.	Комбїнован.			

Із огляду та аналізу клапанів об'ємних насосів виходить, що тарільчаті клапани повніше задовольняють вимоги, що пред'являються до них і мають нижу переваг порівняно з кульовими клапанами, які традиційно застосовуються у розчинонасосах.

Виходячи з цього, нами запропонована і обґрунтована конструктивна схема нового вертикального розчинонасоса з диференціальним проточним плунжером, двома тарільчатими клапанами і пристроєм плавного регулювання подачі (рис.1).

**Другий розділ** реферованої дисертації присвячено створенню вертикально-плунжерного диференціального розчинонасоса з тарільчатими клапанами та питанням теоретичного обґрунтування вибору його раціональних конструктивних параметрів.

Розчинонасос (рис.1) складається з корпусного корпусу, в якому встановлені робоча 1 і компенсаційна 2 камери, що сполучені за допомогою проточного диференціального (подвійної дії) плунжера 3, який може зворотно-поступально рухатися вздовж своєї осі у направляючій втулці 4. Вона призначена для зняття з плунжера поперечних зусиль, що виникають при роботі кривошипно-шатунного механізму. За рахунок симетричного застосування правого та лівого шатунів 8 і виключення кульового приводу плунжера, порівняно з розчинонасосом РН-2:4 зменшено до мінімуму кількість шарнірів, що зумовлює підвищення надійності роботи розчинонасоса. На ексцентриковий вал 5 кривошипа насаджена ексцентрикова втулка 6, що може обертатися на валу на певний кут і жорстко фіксуватися у потрібному положенні з допомогою гайки 7. Це дає можливість плавно регулювати довжину ходу плунжера, а відповідно, і подачу насоса в межах  $1...6 \text{ м}^3/\text{год}$ . В робочій камері та порожнині плунжера вмонтовані самодіючі тарільчаті клапани з гумовими ущільненнями (рис. 3). Вони, як показано нижче теоретичним аналізом, ефективно спрацюють і щільно зачиняються, мають малу висоту над сідлом у закритому стані, зменшуючи цим об'єм шкідливого простору робочої камери, що забезпечує підвищений об'ємний к.к.д. насоса і хорошу усмоктувачу здатність.

Розчинонасос працює таким чином. При обертанні колінчатого вала 5 електродвигуном 9 через редуктор 10 плунжер 3 здійснює зворотнопоступальний рух. При його ході вгору від нижньої мертвої точки нагнітальний клапан 11 закритий. Завдяки розвідженню, що утворюється у порожнині "Б", розчин із бункера (на схемі не показаний) через усмоктувачий патрубок заповнює порожнину "А" і криє

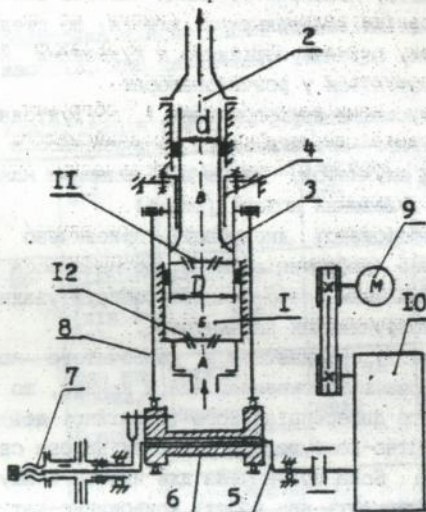


Рис. 1. Схема розчинонасоса

відкритий усмоктувальний клапан 12 надходить до порожнини "Б". При русі плунжера вниз від верхньої мертвої точки (в.м.т.), клапан 12 зачиняється, а клапан 11 відчиняється. Частина розчину із порожнини "Б" крізь відкритий клапан 5 витісняється крізь порожнину "В" у компенсаційну камеру 2, а друга частина - в нагнітальний трубопровід. При повторному циклі вемоктування (тобто русі плунжера вгору) порожнина "Б" знову заповнюється, а розчин із компенсаційної камери 2 витісняється в нагнітальний трубопровід. Таким чином, в усмоктувчу порожнину "Б" розчин надходить тільки під час ходу плунжера вгору, а в нагнітальний трубопровід подається як під час ходу плунжера вгору, так і при його русі вниз. При цьому подача розчину в нагнітальний трубопровід однаковими порціями здійснюється за рахунок наперед заданого відношення площ перетину нижньої та верхньої частин плунжера 2:1, тобто при співвідношенні діаметрів гільз  $D = 2^{0.5} \cdot d$ . Саме у цьому і полягає суть диференціальності (подвійної дії) даного розчинонасоса.

Для визначення раціональних конструктивних параметрів усмоктувального тарільчатого клапана на підставі запропонованої конструктивної схеми розчинонасоса (рис.1) виконано математичне про-

гноування ефективності його роботи залежно від значень цих параметрів.

Процес роботи розчинонасоса з тарільчатим всмоктуючим клапаном (рис.3) можна подати наступними гръма диференціальними рівняннями, із яких рівняння (1) описують рух перемінної маси розчину і всмоктуючого клапана під час такту всмоктування

$$\left\{ \begin{aligned} Y''(t) &= \frac{(Y'(t))^2}{Y(t)} \left( 1 - \frac{S_1 \cdot Y'(t) - S_T \cdot h'(t)}{\pi \cdot d_T \cdot h(t) \cdot Y'(t)} \right) - \bar{\alpha}_1 \cdot Y'(t) + \\ &+ \bar{\alpha}_2 \frac{S(t) - Y(t)}{Y(t)} - g; \\ h''(t) &= \frac{c \cdot \rho_p \cdot S_T}{m_K} \left( \frac{S_1 \cdot Y'(t) - S_T \cdot h'(t)}{\pi \cdot d_T \cdot h(t)} - h'(t) \right)^2 - \\ &- \frac{V_K \cdot (\rho_K - \rho_p) \cdot g}{m_K} \end{aligned} \right. \quad (1)$$

де  $\alpha_1 = \alpha_1 / \rho_p \cdot S_1$ ;  $\alpha_2 = \alpha_2 / \rho_p \cdot S_1$ ;  $Y(t)$  - координата кромки розчину;  $Y'(t)$  - швидкість руху маси розчину  $m(t)$ ;  $S(t)$  - координата нижньої кромки плунжера;  $c$  - коефіцієнт опору розчину при обтіканні клапана;  $S_T$  - площа тарілки клапана;  $V_K$  - об'єм клапана;  $\rho_K$  - густина матеріалу клапана;  $\rho_p$  - густина розчину;  $S_1$  - площа перетину плунжера;  $h'(t)$  - швидкість підняття клапана;  $d_T$  - діаметр тарілки клапана;  $m_K$  - маса клапана;  $\alpha_1$  - коефіцієнт опору в'язких сил;  $\alpha_2$  - коефіцієнт пропорційності.

Рівняння (2) описує рух клапана під час такту нагнітання  $m_K \cdot h''(t) = V_K \cdot (\rho_K - \rho_p) \cdot g + c \cdot \rho_p \cdot S_T \cdot (h'(t) - h'(t))^2$ , (2) де  $h(t)$  - положення кромки розчину і плунжера.

При цьому початковими умовами для розв'язання рівняння (2) є кінцеві результати розв'язання системи (1).

Для оцінки об'єму розчину  $V_p$  у робочій камері розчинонасоса на момент закриття всмоктуючого клапана ( $h = 0$ ) за залежності (3), використовуються результати розв'язання рівнянь (1) і (2) на той час, коли плунжер знаходиться у в.м.т.

$$V_p = \frac{\pi \cdot d_n^2 \cdot H_p}{4} - \frac{\pi \cdot d_c^2 \cdot h_K}{4} - \int_{0.25}^{\tau} \frac{L}{2} \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \frac{\pi \cdot d_n^2}{4} dt, \quad (3)$$

де  $d_n$  - діаметр нижньої гільзи плунжера;  $H_p$  - висота розчину у робочій камері, коли плунжер знаходиться у в.м.т.;  $\tau$  - час закриття клапана від початку циклу;  $L$  - довжина ходу плунжера;  $\omega$  - кутова швидкість обертання кривошипу.

Аналіз роботи розчинонасоса здійснено при варіюванні висоти підняття  $h$  і маси  $m_k$  клапана, діаметра сідла  $d_c$ . Його результати подані графічно на рис.2. До раціональних віднесені параметри, при яких величина об'єму розчину  $V_p$  в робочій камері буде максимальною (тобто при максимальному об'ємному к.к.д. клапана):  $h = 10$  мм,  $d_c = 50$  мм,  $m_k = 0.6$  кг.

Для оперативної оцінки рівня значень діаметра сідла  $d_c$ , висоти підняття  $h$  і маси клапана  $m_k$  нами запропонована методика їх аналітичної оцінки за значенням середньої дійсної подачі розчину

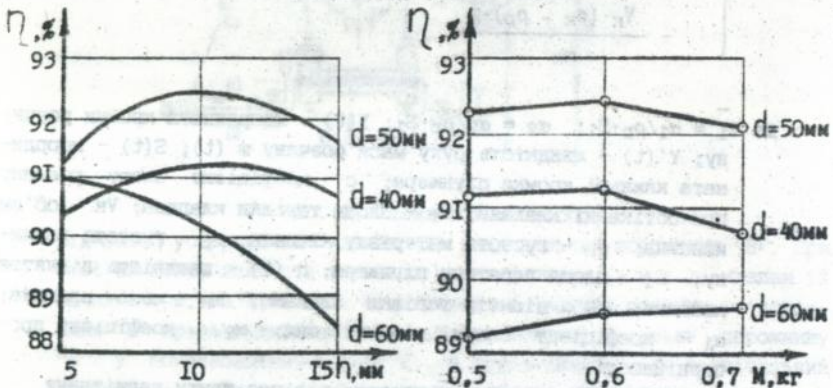


Рис. 2. Графіки теоретичних залежностей об'ємного к.к.д. клапана: а) від висоти підняття і діаметра сідла; б) від діаметра сідла та маси клапана

крізь клапан розчинонасоса. У цьому випадку рекомендується визначати діаметр отвору сідла клапана за такою залежністю:

$$d_c = \sqrt{\frac{8 \cdot Q \cdot \eta}{100 \cdot \pi \cdot v_{с.с.ер.}}}, \quad (4')$$

де  $Q$  - теоретична подача розчинонасоса,  $м^3$ ;

$\eta$  - об'ємний к.к.д. насоса, %;

$v_{с.с.ер.}$  - середня раціональна швидкість потоку у сідлі клапана, м/с.

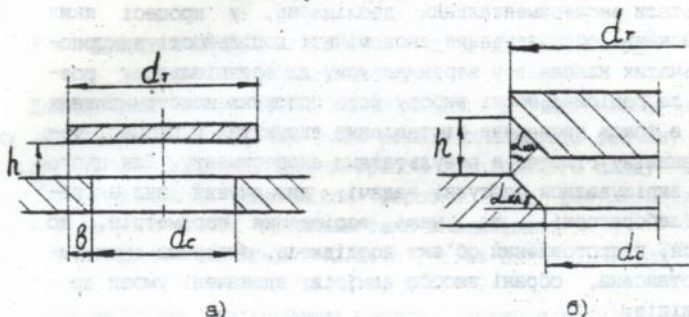


Рис. 3. Схема тарільчатого клапана :

а - плоского, б - конічного

Рациональну висоту підняття клапана пропонується розраховувати за таким виразом:

$$h = \frac{a \cdot d_c^2}{4 \cdot (d_c + 2 \cdot b)} \quad (5)$$

де  $b$  - ширина опорної поверхні тарілки клапана;

$a$  - коефіцієнт, що враховує співвідношення площ щільни і отвору сідла клапана, значення якого встановлюється на основі наведених нижче експериментів.

Для конічного клапана залежність (5) набуде вигляду:

$$h = \frac{a \cdot d_c^2}{4 \cdot d_r \cdot \cos \alpha} \quad (6)$$

де  $\alpha$  - кут нахилу посадкової поверхні сідла клапана (рис.3).

Вагу клапана пропонується оцінювати за рівнянням:

$$G_k = \frac{\pi \cdot \rho_p \cdot d_c^2 \cdot v_{c, \text{ср}}^2}{8 \cdot k^2} \quad \text{кг} \quad (7)$$

де  $\rho_p$  - густина розчину,  $\rho_p = 194 \text{ кг} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ ;

$k$  - коефіцієнт аміни швидкості потоку  $k = v_{c, \text{ср}} / v_{ш, \text{ср}}$ , значення якого визначається на основі наведених нижче експериментів.

Залежності (4), (5), (6), (7) досить добре узгоджуються з наведеною вище поглибленою теоретичною оцінкою параметрів усмоктувачого тарільчатого клапана і дозволяють визначити їх рациональні значення для рсечиннасоса будь-якої продуктивності.

У третьому розділі описана методика проведення і подані основні результати експериментальних досліджень, у процесі яких автором здійснене обґрунтування економічної доцільності використання тарільчатих клапанів у вертикальному диференціальному розчинонасосі та раціональності вибору його основних конструктивних параметрів, а також проведене зіставлення висувутих у процесі теоретичного аналізу гіпотез з результатами експерименту. Для цього задалегідь вирішувалися наступні задачі: визначений вид експериментів (лабораторні) та межі варіювання параметрів, що досліджуються, підготовлений об'єкт досліджень, створена експериментальна установка, обрані засоби вимірів, визначені умови проведення дослідів.

Експерименти проводилися на стенді, що складається із бункера для розчину із стрічковим змішувачем, розчинонасосом, що досліджується, навантажувального пристрою, який являє собою гумозатканий рукав довжиною 20 м і умовним проходом 50 мм, згорнутий у букту радіусом не менше 2 м та виміривальної місткості відтарованої на об'єм 60 л.

При проведенні експериментальних досліджень використовувався вапняно-піщаний розчин складу 1:3 з розміром фракції до 5 мм та рухливістю 8;10;12 см, який, переважно, використовується під час технологічного процесу нанесення штукатурки.

Для одержання емпіричних залежностей об'ємного к.к.д. від конструктивних параметрів насоса та рухливості розчину застосовані статистичні методи. Попередня обробка результатів вимірів полягає у визначенні необхідної кількості замірів у одному досліді, оцінці з необхідною надійністю похибки експерименту, відсіюванні грубих похибок вимірювань, перевірці відповідності розподілу результатів замірів закону нормального розподілу.

Спочатку для відшукування інтервалу значень конструктивних параметрів клапана (діаметра отвору сідла  $d_c$ , висоти підняття  $h$  і маси  $m_k$ ) близьких до раціональних, застосований метод руху по градієнту. При цьому інші параметри для даної серії дослідів були взяті постійними: рухливість розчину  $OK = 10$  см, частота руху робочого органу  $n = 120$  хв $^{-1}$ , довжина його ходу  $L = 65$  мм.

Далі для визначення екстремальних значень  $h$  і  $d$  використаний двофакторний тривірневий план проведення експериментів (обробка результатів виконана на ПЕОМ), який дозволив одержати поліном другого порядку, що описує функцію відгуку в області, обмеженій

інтервалом варіювання факторів, що досліджуються, наступного вигляду:

$$\eta = -106,26 + 5,45 \cdot h + 6,73 \cdot d_c - 0,14 \cdot h^2 - 0,063 \cdot d_c^2 - 0,055 \cdot h \cdot d_c, \% \quad (9)$$

Дослідження впливу на об'ємний к.к.д. розчинонасоса частоти руху його робочого органу при різній рухливості розчину також проводилися за допомогою двофакторного тривізнєвого плану проведення експериментів. Внаслідок обробки його результатів для оцінки об'ємного к.к.д. одержана така залежність:

$$\eta = -135,9 + 34,04 \cdot OK - 0,24 \cdot n - 1,44 \cdot OK^2 - 0,002 \cdot n^2 + 0,02 \cdot OK \cdot n, \% \quad (9)$$

Обробка даних дослідження впливу довжини ходу плунжера на об'ємний к.к.д. розчинонасоса здійснювалася з використанням методу найменших квадратів. Як результат одержана залежність об'ємного к.к.д.  $\eta$  від довжини ходу плунжера  $L$ :

$$\eta = -0,0186 \cdot L^2 + 2,36 \cdot L + 9,064, \% \quad (10)$$

Наведені залежності у графічному вигляді представлені відповідно на рис.4, а, б, в.

Також проведені дослідження впливу на об'ємний к.к.д. розчинонасоса маси всмоктуючого клапана. При цьому параметри, з якими у попередній серії експериментів був отриманий максимальний результат, ваяті постійними:  $h = 10$  мм,  $OK = 10$  см,  $n = 120$  хвил<sup>-1</sup>. К.к.д. визначався для різних діаметрів отвору сідла клапана. Результати даної серії експериментів відображені у табл. 2.

Таблиця 2

Результати визначення максимальних значень об'ємного к.к.д. розчинонасоса для клапанів з різною масою

$d_c = 40$ мм		$d_c = 50$ мм		$d_c = 60$ мм	
$m_k$ , кг	$\eta$ , %	$m_k$ , кг	$\eta$ , %	$m_k$ , кг	$\eta$ , %
0,5	80,5	0,5	81	0,5	68
0,6	81	0,6	85	0,6	74
0,7	76	0,7	83	0,7	75

Внаслідок аналізу експериментальних даних встановлено:

1) максимальний об'ємний к.к.д. (85%) дослідного апарату розчинонасоса при перекачуванні вапняно-піщаного розчину рухливості 10 см та розміром фракцій до 5 мм досягається при

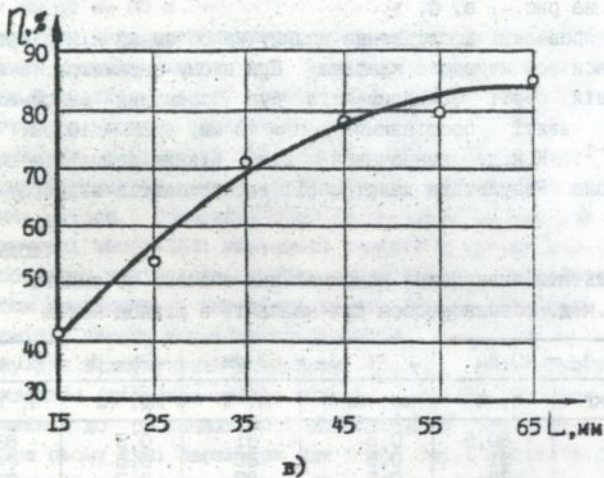
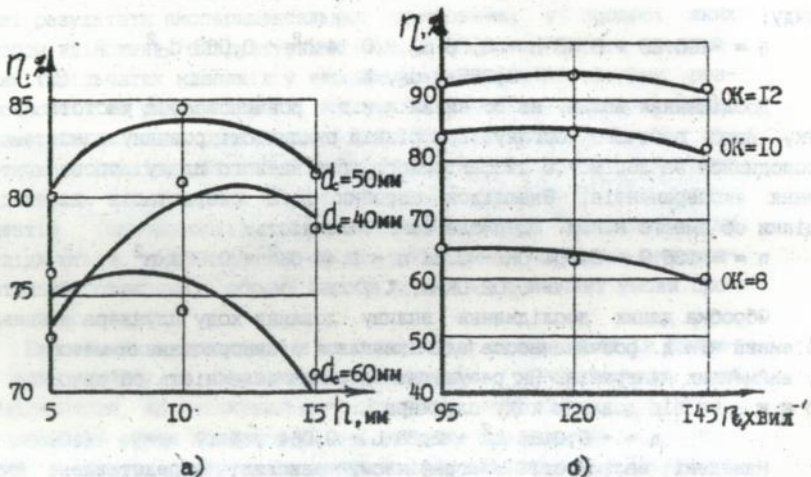


Рис. 4. Графіки залежності об'ємного к.к.д. розчинонасоса:

- а - від висоти підняття  $h$  і діаметра сідла  $d_c$  усмоктувального клапана ( $m_k = 0.6$  кг,  $n = 120$  хвил./хв.,  $OK = 10$  см);
- б - від частоти руху робочого органу  $n$  і рухливості розчину  $OK$  ( $d_c = 50$  мм,  $h = 10$  мм,  $m_k = 0.6$  кг);
- в - від довжини ходу робочого органу  $L$  ( $d_c = 50$  мм,  $h = 10$  мм,  $m_k = 0.6$  кг,  $n = 120$  хвил./хв.,  $OK = 10$  см).

таких конструктивних параметрах: діаметр отвору сідла клапана  $d_c = 50$  мм, висота підняття клапана  $h = 10$  мм, маса клапана  $m_k = 0,6$  кг, частота руху робочого органу  $n = 105$  хвил<sup>-1</sup>. З огляду на те, що на даній частоті візуально спостерігається пульсація струменя розчину, в раціональному діапазоні частот  $n = 100 \dots 125$  хвил<sup>-1</sup> взято частоту  $n = 120$  хвил<sup>-1</sup> (рис.4, б), яка забезпечує подачу розчину в допустимий для соплування пульсацією;

2) для кожного діаметра отвору сідла існує своя раціональна висота підняття клапана (рис.4, а);

3) об'ємний к.к.д. розчинонасоса залежить практично обернено пропорційно від частоти руху робочого органу (рис. 4, б);

4) об'ємний к.к.д. розчинонасоса значно залежить від рухливості розчину і довжини ходу його робочого органу (рис.4, б,в);

5) у діапазонах збільшення швидкості руху робочого органу і зменшення довжини його ходу на 40%, об'ємний к.к.д. розчинонасоса знижується практично однаково (на 2...6%);

6) значення коефіцієнтів: зміни швидкості потоку  $k = 0.89$ , співвідношення раціональних площ щілини і отвору сідла клапана  $a = 0.89$ , а також величину середньої раціональної швидкості розчину у сідлі клапана  $v_{c,ср} = 1,1 \dots 1,5$  м/с.

На підставі порівняльного аналізу показників роботи розчинонасоса з кульовими клапанами і досліджуваного (табл.3, рис.5),

Таблиця 3

Порівняльні характеристики розчинонасосів з кульовими і тарільчатими клапанами

Параметри	Од. виміру	Кульовий	Тарільчатий
Відносний об'єм шкідливого простору робочої камери $\alpha'$ *	%	124	42
Тиск усмоктування насоса	МПа	0.06	0.03
Середня швидкість розчину у сідлі всмоктуючого клапана	м/с	2	1.4
Середня швидкість розчину у щілині всмоктуючого клапана	м/с	2.4	1.6
Співвідношення площ щілини і отвору сідла клапана		0.8	0.9
Маса всмоктуючого клапана	кг	0.9	0.6

\* Тут  $\alpha' = (V_{шк}/V_p) \cdot 100\%$ , де  $V_{шк}$  - об'єм шкідливого простору;  $V_p$  - корисний об'єм робочої камери розчинонасоса.

нами зроблений висновок про певне поліпшення технологічних пара-

метрів останнього, зумовлене застосуванням тарільчатих клапанів. Зокрема: підвищена вомоктуча здатність (рис.5), аменшені гідравлічний опір проточної частини насоса і маса клапана (табл.3).

Залежності висоти підняття клапана від діаметра отвору сідла і діаметра отвору сідла від подачі розчинонасоса, що визначаються виразами (4) та (5), представлені графічно у вигляді номограми на рис.6.

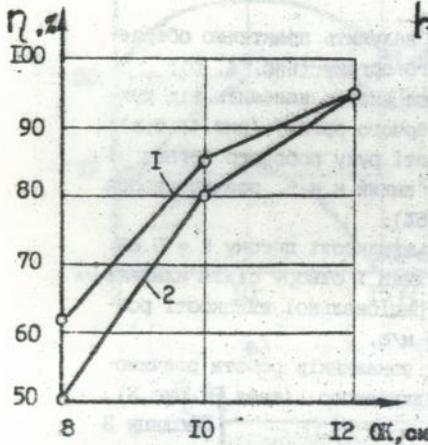


Рис.5. Графік залежності об'ємного к.к.д. розчинонасоса від рухливості розчину: 1 - насос з тарільчатыми клапанами; 2 - насос з кульовими клапанами

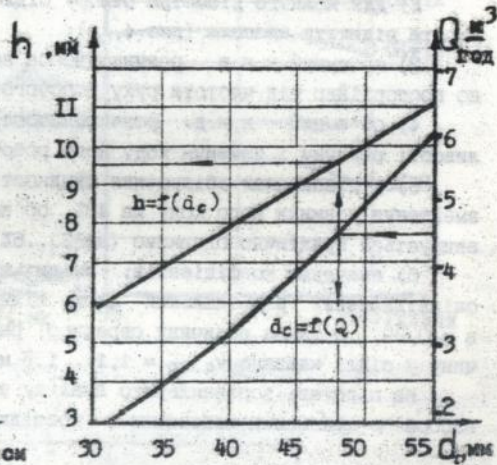


Рис.6. Номограма визначення висоти підняття  $h$  і діаметра отвору сідла  $d_c$  тарільчатого клапана по заданій подачі  $Q$ .

У четвертому розділі представлені результати практичного використання даних досліджень і підсумки їх апробації в умовах реального будівельного виробництва.

На підставі запропонованої в роботі методики інженерного розрахунку вертикального диференціального розчинонасоса з тарільчатыми клапанами розроблена конструкторська документація на даний тип насоса, що індексується як РН-6, у якій відображені результати досліджень.

У процесі виробничих випробувань спільно з Головлпромбудміністрацією колишнього Мінпромбуду УРСР проводилися роботи з

удосконалення конструкції і поліпшення характеристик даного розчинонасоса. При цьому велика увага приділялася підвищенню його надійності та збільшенню терміну служби.

Дані, одержані внаслідок іспитів на будівельних об'єктах, підтвердили, що розроблений розчинонасос відповідає своєму цільовому призначенню. Він забезпечує високу всмоктувучу здатність (без заливки в усмоктувучу камеру води) і стійку роботу при перекачуванні вапняно-піщаного розчину складу 1:3 рухливості 8 см по ГОСТ 5802-86.

Розчинонасос РН-6 успішно використовувався при виконанні цементних стяжок залізних підлог площею 1.2 тис.м<sup>2</sup> та нанесенні штукатурного покриття на стіни площей 10 тис.м<sup>2</sup> на будівництві корпусу "Ф" колишнього Полтавського ІВІ.

При подачі вапняно-піщаного розчину складу 1:3 рухливості 10 см на відстань 300 м по горизонталі було зареєстровано тиск 5,4 МПа.

Міжвідомчою комісією визначено, що конструкція розчинонасоса забезпечує зручність керування та обслуговування. Рівень шуму не перевищує нормативних значень у межах усіх октавних смуг. Випробовування на будівельному майданчику підтвердили розрахункові параметри технічної характеристики розчинонасоса. За результатами приймальних випробувань розчинонасос РН-6 був рекомендований до серійного виробництва з наданням йому вищої категорії якості.

### ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Проведений аналітичний огляд літературних джерел існуючих конструкцій розчинонасосів і клапанів об'ємних насосів з метою їх критичної оцінки, на основі чого запропонована систематизована і розширена класифікація клапанів об'ємних насосів. Показана доцільність використання в конструкціях розчинонасосів тарільчатих клапанів.

2. Створений і запроваджений у будівельне виробництво ефективний вископродуктивний (з подачею, що плавно регулюється від 1 до 6 м<sup>3</sup>/год) вертикально-плунжерний диференціальний розчинонасос (а.с. № 1536034) з тарільчатими усмоктувучим і нагнітальними клапанами, який має високу всмоктувучу здатність і забезпечує стійкий режим подачі будівельних розчинів рухливості від 8 см при напорі до 6 МПа. Він дав можливість нанесення на стіни 28 м<sup>2</sup> шту-

кагурного шару одним штукатуром за аміну.

3. Розроблені математичні передумови оцінки раціональних параметрів усмоктувчого тарільчатого клапана. Розроблене нове технічне вирішення конструкції і виготовлений експериментальний зразок розчиннасоса.

4. Обґрунтована методика проведення експериментальних досліджень, яка забезпечує достатню вірогідність одержаних результатів. Розроблено ряд програм для обробки результатів досліджень на ПЕОМ.

5. Проведені дослідження підтвердили економічну доцільність застосування у вертикально-плунжерних диференціальних розчиннасосах тарільчатих клапанів.

6. Одержані емпіричні залежності об'ємного к.к.д. дослідного зразка розчиннасоса від: висоти підняття тарільчатого клапана і діаметра отвору його сідла; частоти руху його робочого органу при рівній рухливості розчину, що перекачувався; зміни довжини ходу його робочого органу. Вони дозволяють виявити характер і ступінь впливу зазначених параметрів на к.к.д. насоса.

7. Встановлені раціональні значення основних конструктивних параметрів даного диференціального розчиннасоса, які забезпечують максимальну ефективність його роботи (при об'ємному к.к.д. 85%): діаметр отвору сідла клапана  $d_c = 50$  мм, висота підняття клапана  $h = 10$  мм, маса клапана  $m_k = 0,6$  кг, частота руху робочого органу  $n = 120$  хвил<sup>-1</sup>. Ці показники досить близько співпадають із результатами теоретичних досліджень.

8. Теоретичні та експериментальні дослідження дозволили обґрунтувати узагальнюючу методику інженерного розрахунку конструктивних параметрів вертикального диференціального розчиннасоса з тарільчатими клапанами і на її основі розробити технічну документацію на базову модель РН-6.

9. Експериментально встановлені експлуатаційні характеристики розчиннасоса, тобто залежність подачі від частоти руху, довжини ходу робочого органу та рухливості розчину.

10. Встановлена аналітично та підтверджена експериментально залежність об'ємного к.к.д. розчиннасоса від маси всмоктувчого тарільчатого клапана при рівних діаметрах отвору його сідла. Зокрема, для діаметра сідла 50 мм рекомендується маса клапана 0,6 кг.

11. Порівняльний аналіз показників роботи розчиннасоса з

кульовими клапанами і того, що досліджувався, показав певне поліпшення технологічних параметрів останнього, зумовлене встановленням тарільчатих клапанів. Так, об'ємний к.к.д. насоса РН-8 при подачі розчинів рухливість 10 см підвищено на 5%.

12. Результати виробничих випробувань експериментального зразка підтвердили прогнозовані технічні показники роботи розчинонасоса, його відповідність цільовому призначенню.

13. Після досліджень та випробувань експериментального зразка і корегування по їх результатам конструкторської документації, Вінницьким ЕРМБ "Рембуддизмакмет" виготовлена дослідна партія розчинонасосів РН-8 у кількості 11 штук. Економічний ефект від впровадження одного насоса РН-8 складає 6595 грн/рік. Економія отримана переважно за рахунок зниження приведених витрат на виготовлення розчинонасоса на 31% і економії електроенергії на 48%. Витрати на капітальний ремонт знижені на 53%.

Основний зміст дисертації опубліковано в наступних роботах:

1. А.с.1526034 ССРС, МЗИБ F 04 B 15/02. Растворонасос и состав промывочной жидкости /Е.С.Волдаков, А.Г.Онищенко, В.П.Вовченко, Я.А.Куценко, Н.Н.Шпилька, М.Л.Рубановский. -Опубл. в Б.И., 1990, - №2.

2. Онищенко А.Г., Надобко В.Б., Шпилька Н.Н. Влияние основных конструктивных параметров на к.п.д. дифференциального растворонасоса //Конструкции аданий и строительное производство: Сб. научн. трудов. - К., 1993. - С. 4-13.

3. Онищенко А.Г., Шпилька Н.Н., Вовченко В.П. Конструктивные особенности гидравлической части растворонасоса РН-8 // Фундаментальные исследования и новые технологии в строительном материаловедении. Часть Б. Техника и технология измельчения, смешения и классификации материалов: Тез. докл. Всесоюз. конф. -Белгород, 1989. - С. 82-83.

4. Онищенко А.Г., Вовченко В.П., Шпилька Н.Н. К вопросу автоматизации заделки панельно-блочных стыков с использованием манипулятора // Совершенствование железобетонных конструкций, работающих на сложные виды деформаций, и их внедрение в строительную практику: Тез. докл. Респ. научн.-техн. конф. - Полтава, 1989. - С. 119-120.

Б. Вовченко В.П., Шпилька Н.Н. Совершенствование эксплуатационно-конструктивных параметров штукатурной станции СШ-6 // Интенсификация строительного производства: Тез. докл. обл. на-

учн.-техн. конф. 11-14 апр. 1989 г. - Полтава, 1989. - С. 72-75.

6. Шпилька Н.Н., Онищенко А.Г., Тищенко Д.Г. Рекомендации по расчёту тарельчатых клапанов в вертикальных дифференциальных растворонасосах // Прогрессивные технологии и машины для производства стройматериалов, изделий и конструкций: Тез. докл. Первой всеукраинской научно-практической конф. - Полтава, 1996. - С.96-98.

7. Онищенко О.Г., Шпилька М.М. Дослідження основних характеристик диференціального розчинонасоса з тарільчастими клапанами // Тези допов. 48 наук. конф. проф., виклад., науков. прац., асп. та студ. технічного університету. Частина 2. - Полтава, 1996. - С. 7.

Окрім того за темою дисертації до центральних журналів Києва та Москви надіслано 2 статті, які прийняті до друку.

Підпис

М.М.Шпилька

**ANNOTATION**

Shpilka N.N. Investigation and elaboration of vertical plunger differential solution-pump with plates valves.

The thesis for searching Academic Degree of Candidate of Technical Sciences on speciality 05.05.02 - machinery and installations for building materials production, structures and units. Poltava Technical University, Poltava, 1996.

The theoretical and experimental investigations on the basis of effective application plate's valves in vertical differential solution-pump were fulfilled that allowed, to raise it volume useful deed on 5 percent in the comparison with the solution-pump provided with spherical valves.

**АННОТАЦІЯ**

Шпилька Н.Н. Розробка и исследование вертикально-плунжерного дифференциального растворонасоса с тарельчатыми клапанами.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.05.02 - машины и агрегаты производства строительных материалов, конструкций и изделий, Полтавский технический университет, Полтава, 1996 г.

Выполнены теоретические и экспериментальные исследования по обоснованию эффективности применения тарельчатых клапанов в вертикальном плунжерном дифференциальном растворонасосе, что позволило повысить его объемный к.п.д. на 5% по сравнению с растворонасосами, снабженными шаровыми клапанами.

**Ключові слова:** будівництво, розчиннасос, тарельчатий клапан, штукатурні роботи, транспортування трубопроводами.



Підписано до друку 22. 11. 96р. Формат 60x84 1/16. Папір друкарський.  
Друк офсетний. Умовн. друк. арк. 1. Замовлення №928. Тираж 100.  
Безкоштовно. Дільниця оперативного друку статистичного управління  
Полтавської області. М. Полтава, вул. Пушкіна, 103



238621

**AB 36.209**