

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

НАДОВКО Віталій Борисович

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ВЕРТИКАЛЬНИХ
ДИФЕРЕНЦІЙНИХ РОЗ'ВІНУНАСОСІВ З КУЛЬОВИМИ
КЛАПАНАМИ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ
РОЗЧИНІВ ТРУБОПРОВОДАМИ**

05.05.02 - Машини і агрегати виробництва будівельних
матеріалів, конструкцій та виробів

АВТОРЕФЕРАТ дисертації
на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Полтава - 1995

691.002.5



Дисертацією є рукопис.

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

Науковий керівник - доктор технічних наук, академік,
професор Онищенко Олександр Григорович.

Офіційні опоненти:

1. Доктор технічних наук, професор Ємельянова Інга Анатольєвна;
2. Кандидат технічних наук Шахов Олександр Миколайович.

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

Захист дисертації відбудеться 20 грудня 1995 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 "18" 11 1995 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат технічних наук

М.П.Нестерецько

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Під час виконання штукатурних робіт з використанням складної традиційної технології розчин подається на поверхні споруди, що будується, до спеціальної місткості, з якої він вручну шар за шаром наноситься на поверхню, що оброблюється. Уже багато років для подачі розчину трубопроводами до робочого місця штукатурів використовуються розчинонасоси. Однак, несприятливі умови для комплексної механізації операцій традиційного процесу виконання штукатурних робіт, недосконалість конструкторських розробок засобів механізації протягом останніх років практично призупинили тут ріст продуктивності праці.

Сучасна технологія передбачає механізоване нанесення штукатурних розчинів на поверхні, що оброблюються, за допомогою повітряної форсунки чи сопла. У цьому випадку функції розчинонасосів суттєво розширюються, що тягне за собою зміну вимог, які висуваються перед ними. Сфера використання розчинонасосів на будівельному майданчику може бути значно розширена шляхом використання їх для подачі трубопроводами жорстких цементно-пісчаних розчинів під час виконання наливних стяжок долівок, замонолічування стиків між залізобетонними конструкціями та ін. За допомогою малоімпульсних розчинонасосів у деяких будівельних організаціях білять стелі та стіни. Від одного такого насоса можуть працювати декілька форсунок, що суттєво підвищує продуктивність праці при виконанні даної операції.

За даними ДНІІОМТП, у будівельних організаціях держав СНД використовуються більш як 150 різновидів розчинонасосів. Однак, поки що вони будівельників повністю не влаштовують, що стримує широке розповсюдження механізованих технологій виконання штука-

турних робіт. Тому питання створення та впровадження у виробництво розчинонасоса з високими експлуатаційними показниками є досить актуальним.

У зв'язку з цим, **метою даної роботи** є проведення досліджень, спрямованих на обґрунтування ефективності конструктивних рішень під час створення перспективного насоса для транспортування трубопроводами малорухомих будівельних розчинів і їх механізованого нанесення на поверхні, що оброблюються, а також вибір оптимальних значень конструктивних параметрів та впровадження у виробництво розробленої на цій основі конструкції розчинонасоса.

Для досягнення поставленої мети **вирішувались наведені нижче задачі:**

- аналіз матеріалів літературних джерел та досвіду практичного використання в технологічній практиці існуючих розчинонасосів і систематизація на цій основі вимог, що висувуються перед ними;
- вияв причин неефективності роботи існуючих конструкцій насосів;
- обґрунтування вибору конструктивної схеми та створення експериментального зразка перспективного розчинонасоса;
- аналітичні дослідження впливу конструктивних параметрів запропонованого насоса на ефективність його роботи;
- обґрунтування вибору найбільш раціональних значень конструктивних параметрів розчинонасоса, про який йдеться, на основі даних експериментальних досліджень;
- обґрунтування галузі застосування запропонованого розчинонасоса;
- розробка надійних засобів регулювання подачі насоса на основі даних аналітичного та експериментального досліджень;

- обґрунтування методики його інженерного розрахунку, виробка рекомендацій по конструюванню та одержання емпіричних експлуатаційних характеристик;

- створення промислової конструкції розчинонасоса;

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

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- запропоновано класифікацію існуючих розчинонасосів;

- систематизовано вимоги, що висувуються перед розчинонасосами сучасними механізованими технологіями будівельних процесів;

- обґрунтовано ефективність використання вертикальної диференційної схеми для конструкції перспективного розчинонасоса;

- експериментально та аналітично встановлено залежності впливу основних конструктивних параметрів вертикального диференційного розчинонасоса на ефективність його роботи;

- встановлено найбільш раціональні значення основних конструктивних параметрів розчинонасоса, що зумовлюють необхідну технологічну ефективність під час використання його у будівельних процесах;

- експериментально та аналітично обґрунтовано галузі використання засобів регулювання подачі насоса шляхом зміни частоти та довжини ходу його робочого органу;

- експериментально вивчено експлуатаційні характеристики розчинонасоса.

Перелічені наукові положення пропонуються до запису.

Практична цінність роботи полягає у тому що запропоновано науково обґрунтовану методику інженерного розрахунку та розроблено конструкцію вертикального диференційного розчинонасоса, ряд суттєвих переваг якого перед існуючими насосами дозволяє з

найбільшою ефективністю використовувати його у сучасних механізованих технологічних процесах будівельного виробництва.

Реалізація результатів роботи. Розроблено конструкторську документацію для виготовлення вертикального диференційного розчинонасоса. За результатами проведених приймальних іспитів насос було рекомендовано до серійного виробництва з наданням вищої категорії якості. Технічну документацію на виготовлення цих розчинонасосів передано ряду підприємств та будівельних організацій на території СНД. Серійне їх виробництво налагоджене на Вінницькому ЕРМЗ "Рембуддормаш". З 1983 року тут виготовлено 390 таких насосів. Дослідно-промислові партії створених розчинонасосів виготовили: Прилуцький завод "Будмаш" - 6 шт., Сумське ВО "Насосенергомаш" - 21 шт., Полтавський ЕМЗ - 4 шт. Всього за період з 1983 по 1995 р. підприємствами та будівельними організаціями, розташованими на території колишнього СРСР, виготовлено 435 таких насосів. У 1994 році невиключну ліцензію на їх виробництво продано Полтавському МП "Будмеханізація".

Апробація роботи. Про основні положення роботи повідомлено на Республіканській науково-технічній конференції "Повышение эффективности сельскохозяйственного строительства на основе механизации трудоёмких работ и сокращения затрат ручного труда" (Полтава, 1985 р.), Обласній науково-технічній конференції "Интенсификация строительного производства" (Полтава, 1989 р.), Всесоюзній конференції "Фундаментальные исследования и новые технологии в строительном материаловедении" (Велгород, 1989 р.), Республіканській науково-технічній конференції "Совершенствование железобетонных конструкций, работающих на сложные виды деформаций, и их внедрение в строительную практику" (Полтава, 1990 р.), щорічних науково-технічних конференціях Полтавського інженерно-будівельно-

го інституту (пізніше, технічного університету) 1988 - 1995 р.р.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 10 праць, серед них авторське свідоцтво на винахід, свідоцтво на промисловий зразок та рішення про видачу патенту Російської Федерації.

Структура та об'єм роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків та рекомендацій, списку використаних літературних джерел із 161 найменування, має 112 сторінок машинописного тексту, 29 малюнків, 8 таблиць та 10 додатків на 121 сторінці.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету дисертації та задачі, що вирішувалися для її досягнення, відзначено новизну запропонованих до захисту наукових положень та практичну цінність роботи, наведено результати впровадження.

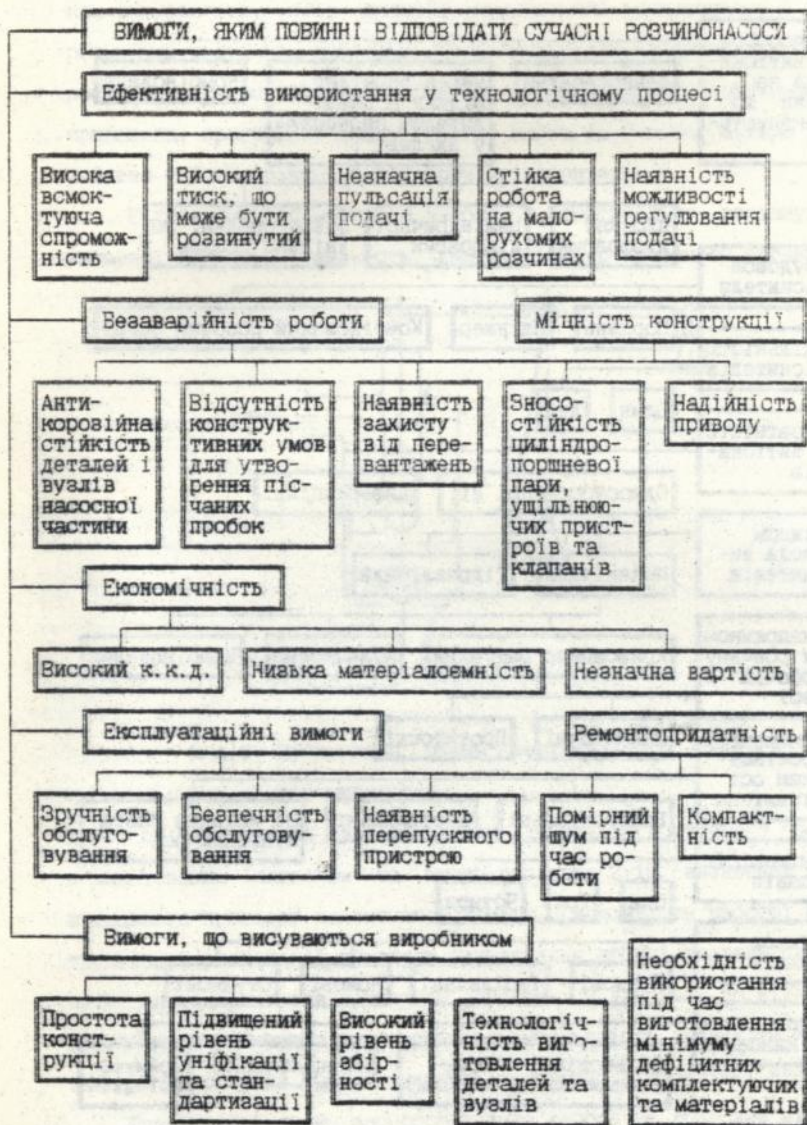
У розділі 1 "Стан питання та задачі дослідження" проведено аналіз праць і нагромадженого практичного досвіду в галузі конструювання та дослідження робочого процесу розчинонасосів і використання їх на будівельних об'єктах, обгрунтовано значне підвищення їх ролі у сучасних технологічних процесах будівельного майданчика. Наголошено, що в розвиток теорії подачі розчинів трубопроводами свій внесок зроблено рядом вчених: М.І.Альошин, В.М.Владіміров, С.С.Добронравов, Є.Я.Доронькін, В.М.Євстіфеев, М.М.Зарражин, Г.Б.Івянський, М.С.Канюка, О.Г.Онищенко, Е.П.Парфьонов, Е.С.Стайченко, В.У.Устьянцев, Ю.Б.Чирков, С.Г.Янов та ін., а також колективи інститутів: ВНІІСМІ (м.Москва) та його Мінського

філіалу, ДНІІОМТП (м.Москва), Укроргтехбуду (м.Київ), СЛТВ "Мех-буд" (м.Київ), Полтавського технічного університету.

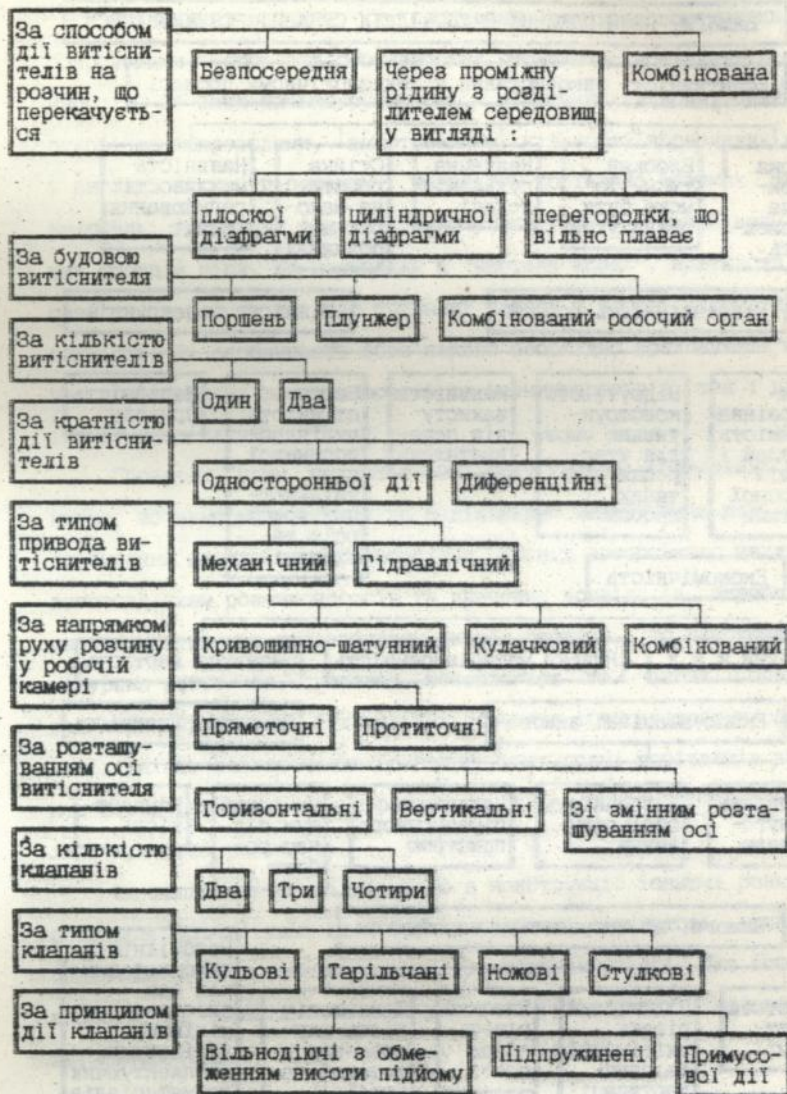
Будівельні розчини, як середовище для транспортування трубопроводами, мають ряд особливостей, що значно ускладнюють роботу насосів. Це їхня низька рухомість, підвищений гідравлічний опір рухові трубопроводами, вміст великої кількості абразивних часток у вигляді піску чи цементу, наявність порівняно великих твердих включень, підвищена схильність до розшарування з випадінням крупних фракцій піску та налипання в "мертвих зонах", адатність загустати та тверднути під час тривалих перерв у роботі, корозійна активність. Ці особливості обов'язково необхідно враховувати як під час проектування розчинонасосів та розчинопроводів, так і під час їхньої експлуатації.

Проведені нами за час з 1981 року натурні обстеження обладнання, що використовується на будівельних майданчиках для транспортування розчинів трубопроводами, досвід авторського нагляду за виготовленням розчинонасосів та вивчення досвіду їх виробництва, аналіз матеріалів літературних джерел виявили, що виконання штукатурних робіт за сучасною технологією та інших операцій, пов'язаних з подачею будівельних розчинів трубопроводами, а також необхідність забезпечення безпечних умов праці робітників висувають перед розчинонасосами ряд вимог, які в систематизованому вигляді наведені на мал.1.

За принциповою відмінністю в конструкції існуючі розчинонасоси розподілені нами на 6 груп: поршневі, гвинтові, шлангові, перистальтичні, роторно-поршневі та гідроімпульсні. Для поршневих насосів, що найбільш поширені на будівельних майданчиках, здійснено (мал.2) більш докладну класифікацію.



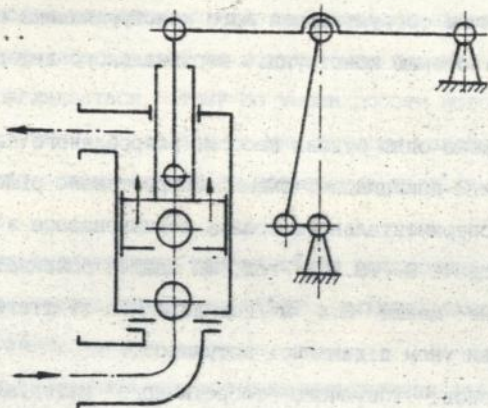
Мал.1. Вимоги, що висувуються перед розчиннасосами



Мат. 2. Класифікація існуючих поршневих розчиннасосів

Таким, що найбільше задовольняє комплексу вимог, які перед ним висуваються, слід вважати вертикальний розчинонасос з диференціальним проточним поршнем, двома кульовими клапанами та пристроєм плавного регулювання подачі за рахунок зміни ексцентриситета кривошипа, принципову схему (мал.3) якого за участю автора розроблено у Полтавському технічному університеті.

Відмінними рисами цього насоса є вертикальне розташування насосної колонки, наявність диференційного робочого органу, у



Мал.3. Принципова схема вертикального диференційного розчинонасоса

якого співвідношення площ поперечних перерізів проточного поршня з вмонтованим клапаном та штока дорівнює 2:1, зменшений об'єм шкідливого простору всмоктувочої камери, можливість простої конструктивної реалізації пристрою регулювання подачі завдяки плавній зміні ексцентриситета кривошипа, зменшені у два рази по відношенню до однопоршневого розчинонасоса імпульсність подачі та навантаження на робочий орган, зменшені внутрішні гідравлічні втрати.

Специфіка будови запропонованого насоса не дозволяє під час

розробки його конструкції безпосередньо використовувати нагромаджені в галузі розчинонасособудування матеріал. Тому підтвердження перспективності даної диференційної схеми, створення конструкції насоса та оптимізація його конструктивних параметрів можливі тільки на підставі відповідних досліджень, що і обумовило постановку вказаної вище мети цієї роботи.

Розділ 2 "Розробка експериментального зразка розчинонасоса та теоретичне обґрунтування його конструктивних параметрів" присвячений створенню конструкції вертикального диференційного розчинонасоса.

Наведено опис будови насоса, розробленого на основі зображеної на мал.3 принципової схеми. Обґрунтовано рішення про конструювання експериментального зразка розчинонасоса з діапазоном регулювання подачі $0 \dots 3.5 \text{ м}^3/\text{год}$, що здатен розвивати тиск з продуктивністю не менше $2.4 \text{ м}^3/\text{год}$ до 4 МПа зі штатним двигуном і до 6 МПа з двигуном підвищеної потужності.

На основі існуючого теоретичного матеріалу та практичного досвіду розроблено інженерну методику розрахунку та конструювання запропонованого розчинонасоса. Наведено розрахунок його основних конструктивних параметрів та накреслено коло питань, що підлягають дослідженню.

Аналіз існуючих теоретичних даних дозволяє стверджувати, що з покращенням умов для роботи клапанів і зменшенням шкідливого об'єму всмоктуючої камери зона оптимальних частот руху робочого органу повинна зміститися у напрямку підвищення їх значень. Однак, існуючого матеріалу недостатньо для кількісної оцінки цього зміщення. Тому під час вибору передаточних відношень пасової та зубчастої передач керувалися необхідністю одержання найменш можли-

вої з точки зору імпульсності подачі частоти руху диференційного робочого органу.

Вибір оптимальних значень основних конструктивних параметрів клапанів (маса M_k , радіус R_k і висота H підйому кульки, а також радіус R_f отвору його гнізда) являють собою найбільш відповідальну задачу при створенні насоса. Аналіз літературних джерел засвідчив, що величина оптимальних значень цих параметрів залежить від умов роботи клапанних вузлів. Внаслідок цього напрацьовані для існуючих насосів дані не можуть бути перенесені на розчинонасос, що розглядається, тому що умови роботи його клапанів різняться від других. У зв'язку з цим розміри клапанних вузлів експериментального зразка насоса до проведення досліджень прийнято конструктивно.

До конструкції дослідного зразка також закладено можливість регулювання його подачі двома засобами: зміною довжини ходу та частоти руху робочого органу.

На основі кінематичної схеми вузла регулювання довжини ходу робочого органу встановлено залежність подачі Q насоса від кута φ взаємної установки ексцентрикових вала та втулки, що являє собою теоретичну регульовальну характеристику розчинонасоса:

$$Q = 18 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot n \cdot \sin\left(\frac{180^\circ - \varphi}{2}\right), \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1)$$

де D - діаметр поршня, мм; n - частота його руху, хвил^{-1} .

Конструктивні параметри клапанних вузлів, частота руху та довжина ходу робочого органу справляє безпосередній вплив на здатність розчинонасоса стало, з малою імпульсністю робити на жорстких розчинах, а їхні неоптимальні значення сприяють зниженню об'ємного та гідравлічного к.к.д. насоса, які, отже, можуть вважатися критеріями ефективності прийнятих конструктивних рішень.

Але, зважаючи на те, що об'ємний к.к.д. враховує гідравлічний опір всмоктуючого клапанного вузла, а вплив інших параметрів, що досліджуються, більш значний на об'ємні, ніж на гідравлічні втрати, вважаємо можливим за критерій ефективності прийняти конструктивних рішень використовувати тільки об'ємний к.к.д.

Пошукові аналітичні та експериментальні дослідження засвідчили, що, відносно розчинонасоса, про який йдеться, із всього різноманіття факторів, які справляють вплив на зміну об'ємних втрат, вирішальне значення відіграють тільки три. Це зменшення подачі, що його викликало несвочасне закриття клапанів, наявність "мертвого" підклапанного простору та виділення у всмоктуючій камері розчиненого у розчині повітря.

Аналітичним шляхом встановлено, що навіть без урахування першого з наведених факторів у діапазоні від 30 до 100 % довжини ходу робочого органу об'ємний к.к.д. запропонованого диференційного розчинонасоса на 4...15 % вище відповідного показника однопоршневого насоса, що виготовляється серійно.

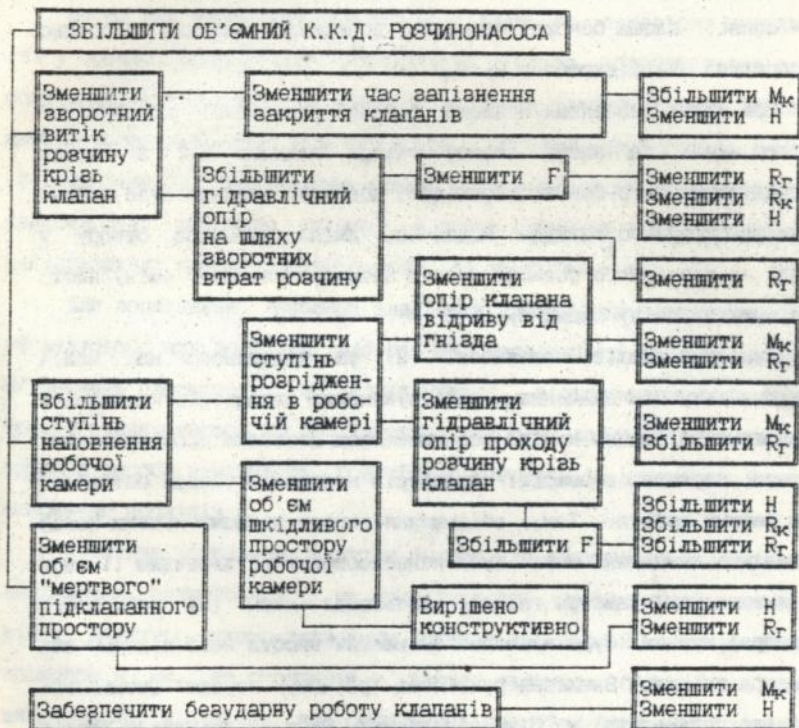
Залежність ступеня впливу перелічених факторів на об'ємний к.к.д. розчинонасоса від величини значень конструктивних параметрів всмоктуючого клапана має суперечливий характер. Внаслідок проведеного аналітичного дослідження встановлено (мал.4), що зміна величини значення кожного з параметрів клапана зменшує ступінь впливу одних факторів та підвищує - інших. Така ситуація однозначно свідчить про наявність оптимальних значень для кожного з конструктивних параметрів при конкретних умовах роботи клапана.

Грунтуючись на тому, що всі конструктивні параметри клапана, крім маси кульки, є його геометричними характеристиками, нами встановлено наявність між ними такого взаємозв'язку:

$$F = \pi \cdot R_{\Gamma} \cdot \frac{H^2 + 2 \cdot H \cdot \sqrt{R_{\text{ш}}^2 - R_{\Gamma}^2}}{\sqrt{H^2 + 2 \cdot H \cdot \sqrt{R_{\text{ш}}^2 - R_{\Gamma}^2} + R_{\text{ш}}^2}}, \text{ мм}^2, \quad (2)$$

де F - площа бокової прохідної поверхні відкритого клапана.

Аналіз з використанням ШПЕОМ одержаної залежності свідчить, що площа бокової прохідної поверхні відкритого кульового клапана



Мал. 4. Засоби підвищення об'ємного к.к.д. розчинонасоса та забезпечення безударної роботи його клапанів (F - площа бокової прохідної поверхні відкритого клапана)

практично прямо пропорційно збільшується зі зростанням висоти підйому кульки над гніздом. Величина F за будь-якої висоти підйому кульки помітно залежить від співвідношення R_r/R_k . Коли $R_k = \text{const}$, з підвищенням цього співвідношення поверхня F спочатку суттєво зростає, досягає максимуму, а потім зменшується. А коли $R_r = \text{const}$, площа бокової прохідної поверхні практично зворотно пропорційна співвідношенню R_r/R_k .

При малих значеннях H площа бокової прохідної поверхні F суттєво менша за площу отвору гнізда клапана F_r , а отже, гідравлічний опір бокової прохідної поверхні клапана буде значно вищим за опір його гнізда. Водночас, зміна діаметра отвору у гнізді за незмінного розміру кульки зумовлює незначну зміну площі F та суттєву зміну площі F_r .

Сумісний аналіз залежності (2) та наведеного на мал.4 взаємозв'язку між значеннями конструктивних параметрів клапана та складовими об'ємного к.к.д. розчинососа дозволяє зробити висновки про характер взаємодії параметрів клапана в умовах оптимального режиму роботи. Так, збільшення висоти підйому кульки понад оптимальне значення може бути компенсованим збільшенням її маси або зменшенням діаметра гнізда. Зменшення маси (за незмінного діаметра) кульки буде вимагати зменшення висоти його підйому або діаметра гнізда. Зниження рухомості розчину зсуває оптимальні значення параметрів у бік підвищення маси та зменшення висоти підйому кульки або діаметра гнізда. Вплив зміни маси кульки за рахунок зміни її діаметра являє собою більш складний процес, який далі було вивчено експериментально.

Таким чином, аналітична проробка питань, що виникали під час конструювання дослідного зразка розчинососа, дозволила обґрунтувати коло задач для експериментальних досліджень.

У розділі 3 "Експериментальні дослідження впливу конструктивних параметрів розчинонасоса, що розробляється, на ефективність його роботи" викладено методику та наведено результати експериментальних досліджень дослідного зразка вертикального диференційного розчинонасоса.

Метою цих експериментальних досліджень є: перевірка висунутих у процесі аналітичного дослідження гіпотез, обґрунтування вибору найбільш раціональних значень основних конструктивних параметрів запропонованого розчинонасоса, обґрунтування галузі використання засобів регулювання подачі шляхом зміни довжини ходу та частоти руху робочого органу, а також вивчення експлуатаційних регульованих характеристик насоса, що досліджується.

Для досягнення вказаної вище мети вирішувались такі задачі: обґрунтовано вид дослідів (лабораторні досліді) та зону варіювання значень параметрів, що досліджуються, підготовлено дослідний зразок розчинонасоса до досліджень, створено дослідну установку, вибрано засоби вимірювань, розроблено методику та визначено умови виконання дослідів.

Дослідна установка включає бункер для розчину зі стрічковим змішувачем, розчинонасос, що досліджується, навантажувачий пристрій у вигляді гумово-тканевого рукава довжиною 20 м та умовним проходом 50 мм, що скручений у бухту радіусом біля 2 м, та вимірювальну місткість, яка оттарована на об'єм 60 л. Тиск нагнітання контролюється за допомогою штатного манометра.

Для проведення досліджень було використано штукатурний вапняно-пісчаний розчин сполуки 1:3 з крупністю фракцій заповнювача до 5 мм, що найпоширеніше перекачується розчинонасосами. Його рухомість визначалась за допомогою стандартного конуса.

Розроблена методика постановки дослідів дозволила вирішити

ряд проблем, що виникли перед експериментатором, та забезпечила підвищену точність результатів.

Попередня обробка результатів вимірювання, що дозволила коректно використовувати статистичні засоби для одержання емпіричних залежностей, полягає в оцінці з надійністю, що потрібна, помилки експерименту, визначенні необхідної кількості повторень вимірів, відсіюванні грубих огріхів вимірювання, перевірці відповідності розподілу результатів вимірів закону нормального розподілу.

Проведені пошукові експерименти підтвердили висунуту гіпотезу, що зона оптимальних частот руху робочого органу розчинонасоса лежить нижче частоти, мінімально допустимої з точки зору прийнятної імпульсності подачі. Тому напочатку проводилися експериментальні дослідження, що дозволяють визначити характер впливу на величину об'ємного к.к.д. розчинонасоса таких його конструктивних параметрів, як діаметр кульки D_k всмоктуючого клапана, висота H її підйому та величина $K - D_T/D_k$.

Реалізація за допомогою ШПЕОМ лінійного трифакторного плану проведення експерименту під час руху по градієнту для відшукування частини поверхні відгуку, що є близькою до екстремуму, та тривіневого двухфакторного плану у цій зоні дозволила не тільки визначити екстремальне значення, але й одержати поліном другого порядку, що описує функцію відгуку у зоні, обмеженій інтервалами варіювання факторів, що досліджуються:

$$\eta_0 = 40.77 + 0.6163 \cdot H + 132.1 \cdot K - 0.00888 \cdot H^2 - 97.2 \cdot K^2 - 1.75 \cdot H \cdot K, \quad \text{з} \quad (3)$$

Використання двухфакторного тривіневого плану проведення експериментів для дослідження питання впливу на об'ємний к.к.д. розчинонасоса частоти руху його робочого органу за різної рухо-

мости розчину, що перекачується, дозволило виявити таку закономірність:

$$\eta_0 = -175.9 + 44.34 \cdot OK - 0.2698 \cdot n - 1.815 \cdot OK^2 - 0.0003985 \cdot n^2 + 0.02696 \cdot OK \cdot n, \% \quad (4)$$

Апроксимацію одержаних під час визначення впливу довжини коду робочого органу розчинонасоса на його об'ємний к.к.д. даних виконано з використанням методу найменших квадратів поліномом другого ступеня:

$$\eta_0 = -0.02223 \cdot L^2 + 2.993 \cdot L - 20.56, \% \quad (5)$$

Одержані залежності у графічному вигляді наведено, відповідно, на мал.б, а, б та в.

У процесі дослідження впливу на об'ємний к.к.д. розчинонасоса розміру та маси кульки всмоктуючого клапана за фіксовані прийнято такі параметри: $H = 10$ мм, $OK = 10$ см, $n = 126$ хвил⁻¹, $L = 72$ мм. Для кожної із кульок варіювалися діаметри гнізд та визначалося значення K , що відповідає максимальному об'ємному к.к.д. Результати цих серій експериментів відображено у табл.1.

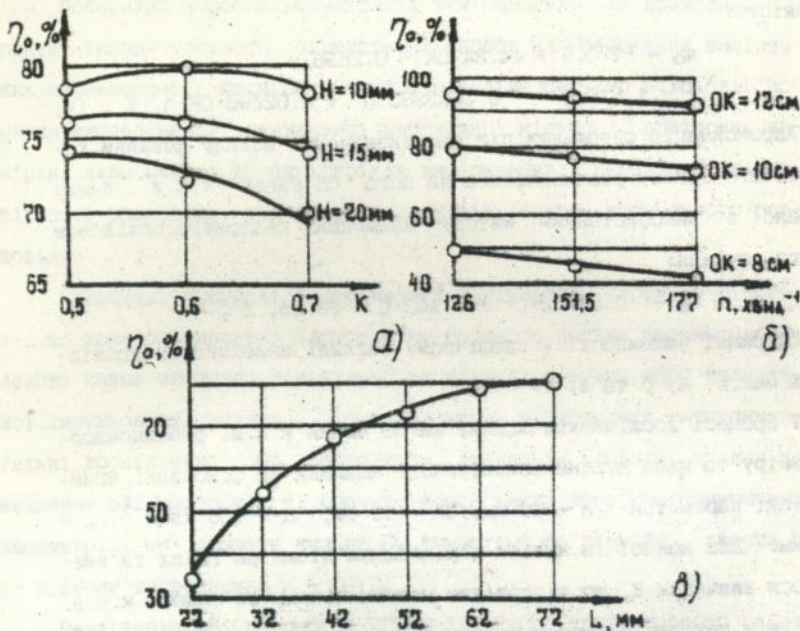
Таблиця 1

Результати визначення максимальних значень об'ємного к.к.д. розчинонасоса для кульок всмоктуючого клапана з різною масою

D_k , мм	M_k , кг	η_0 max, %	K
40	0.26	61	0.9
50	0.51	74	0.7
60	0.28	59	0.4
60	0.55	73	0.5
60	0.89	80	0.6

Аналіз експериментальних даних дозволив обґрунтувати такі твердження:

1) під час дослідження запропонованої конструкції вертикального диференційного розчинонасоса з використанням вапняно-пісча-



Мал. 5. Графіки залежності об'ємного к.к.д. рвчинонасоса від:

а - висоти підйому H кульки та відношення K діаметрів гнізда та кульки всмоктуючого клапана (кулька сталевая, $D_{\text{к}} = 60$ мм, $OK = 10$ см, $n = 126 \text{ хв}/\text{мин}^{-1}$);

б - частоти n року робочого органу та рухомості OK рвчину, що перекачується (кулька сталевая, $D_{\text{к}} = 60$ мм, $H = 10$ мм, $K = 0,6$);

в - довжини руху L робочого органу (кулька сталевая, $D_{\text{к}} = 60$ мм, $n = 126 \text{ хв}/\text{мин}^{-1}$, $H = 10$ мм, $K = 0,6$, $OK = 10$ см)

ного розчину рухомістю 10 см найбільше значення об'ємного к.к.д. одержано за частоти руху робочого органу 126 хвил^{-1} та таких значень конструктивних параметрів вомоктуючого клапанного вузла: гніздо $\varnothing 36 \text{ мм}$, сталева кулька $\varnothing 60 \text{ мм}$ з максимальною висотою підйому 10 мм;

2) під час збільшення висоти підйому або зменшення маси кульки за незмінного її діаметру оптимальна зона, як і передбачалося, амщується у бік зменшення розміру гнізда;

3) близькою до оптимальної за даних умов роботи є маса вомоктуючого клапана, що її має сталева кулька $\varnothing 60 \text{ мм}$;

4) за однакової маси кращі показники забезпечують кульки меншого діаметра;

5) у дослідженому діапазоні об'ємний к.к.д. залежить практично зворотно пропорційно від змінення швидкості руху робочого органу;

6) об'ємний к.к.д. розчинонасоса значно залежить від рухомості розчину та довжини ходу робочого органу;

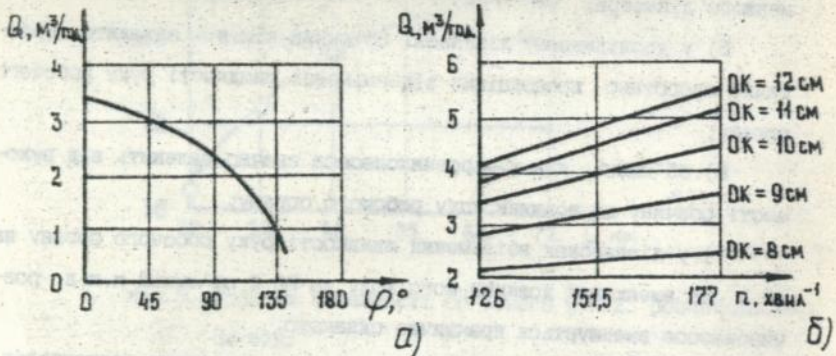
7) у діапазонах збільшення швидкості руху робочого органу на 40 % та зменшення довжини його ходу на 36 % об'ємний к.к.д. розчинонасоса зменшується практично однаково.

Завдяки одержаним експериментальним матеріалам встановлені експлуатаційні характеристики розчинонасоса (мал.6): залежність продуктивності від частоти руху робочого органу, рухомості розчину, що перекачується, та кута встановлення регулюючого подачу механізму.

У розділі 4 "Результати роботи та впровадження розчинонасосів" відображено практичне використання одержаних даних і результати їх перевірки в умовах будівельного майданчика.

Уточнення та доповнення матеріалами досліджень розробленої методики конструювання експериментального зразка дозволило одержати науково обгрунтовану методику інженерного розрахунку вертикального диференційного розчинонасоса, що лягла в основу робочої документації на базову модель насоса, яка отримала назву РН-2:4, та ряд її модифікацій.

Одночасно в наведеними тут дослідженнями виконувалися роботи по доводці технічного рішення вертикального диференційного розчинонасоса до конкурентноспроможного рівня та налагодженню виробництва на ряді підприємств для серійного їх виготовлення. В цей



Мал.6. Графіки залежності продуктивності Q розчинонасоса від:

а - кута φ взаємного розташування ексцентрикових вала і втулки механізму, що регулює подачу (кулька сталевая, $D_c - 60$ мм, $H - 10$ мм, $K - 0.6$, $OK - 10$ см, $n - 126$ хвил^{-1});

б - частоти n руху робочого органу та рухомості OK розчину, що перекачується (кулька сталевая, $D_c - 60$ мм, $H - 10$ мм, $K - 0.6$, $\varphi - 0^\circ$)

час особлива увага приділялась підвищенню надійності та терміну служби як окремих вузлів і деталей, так і насоса в цілому, покращенню економічних, експлуатаційних, технологічних та ергономічних показників. У результаті всього комплексу заходів вдалося одержати ефективну конструкцію, що має, в той же час, відносно невелику вартість.

Наслідком підвищеної зацікавленості новою розробкою стало заключення договорів на передачу технічної документації та безпосереднє співробітництво з заводами-виробниками, що сприяло широкому впровадженню цих розчинонасосів.

Процес роботи над удосконаленням конструкції супроводжувався проведенням багаточисельних іспитів дослідних зразків, результати яких засвідчують, що розроблений вертикальний диференційний розчинонасос відповідає більшості вимог, що висуваються перед цим класом машин сучасними технологіями будівельного виробництва. Особливо слід підкреслити, що насос забезпечує "сухе" вомоктування розчинів рухомістю до 7 см та стає працює на цих розчинах. Впродовж всієї практики іспитів не зареєстровано випадків як завісання клапанів, так і виникнення пісчастих "пробок" у порожнинах насосної камери, а кількість випадків забивання розчинопроводів помітно нижча, ніж у других насосів.

Низька імпульсність та стабільність подачі розчинів зниженої рухомості, наявність регулювання продуктивності дозволили підняти виробку, знизити втрати розчину, підняти якість штукатурного шару.

Під час іспитів даного насоса було досягнуто тиск 8 МПа. При цьому розчин рухомістю 10 см подається по горизонталі на відстань 300 м при тисковій 5.4 МПа. Комісії, які проводили іспити, наголошували, що даний насос є найлегшим та компактнішим серед анало-

рів і відповідає вимогам санітарних норм за шумом, що створюється під час роботи.

Іспити на будівельних майданчиках підтвердили значення всіх розрахункових параметрів технічної характеристики розчинонасоса, з тому числі його підвищений об'ємний к.к.д.

За результатами приймальних іспитів вертикальний диференційний розчинонасос було рекомендовано для впровадження до серійного виробництва з присвоєнням вищої категорії якості.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Шляхом аналізу та узагальнення літературно-теоретичних даних і досвіду практичного використання у технологічних процесах існуючих розчинонасосів виявлено причини їхньої незадовільної роботи та запропоновано їх класифікацію.

2. В основу досліджень було покладено схему вертикального насоса (а.с. N 1346850) з диференційним робочим органом, однією парою клапанів та кривошипом, що регулюється, на базі якої запропоновано та практично удосконалено технічне рішення розчинонасоса, що явило собою основу для розробки конструкторської документації та виготовлення експериментального зразка.

3. Проведено дослідження, спрямовані на створення та впровадження перспективного розчинонасоса для транспортування трубопроводами малорухомих будівельних розчинів та їх механізованого нанесення на поверхні, що оброблюються, який має підвищену технологічну ефективність.

4. Одержано залежність площі бокової прохідної поверхні відкритого кульового клапана від його геометричних параметрів.

5. Запропоновано методику проведення експериментальних дос-

ліджень, що забезпечує підвищену точність результатів. Розроблено програмну підтримку її на ШПЕОМ.

6. Встановлено емпіричну залежність об'ємного к.к.д. розчинонасоса, що досліджується, від висоти підйому кульки всмоктуючого клапана та відносного діаметра отвору у його гнізді.

7. Експериментально досліджено характер впливу на об'ємний к.к.д. насоса маси та розміру кульки всмоктуючого клапана за різних величин відносного діаметра його гнізда.

8. Виявлено емпіричну залежність об'ємного к.к.д. розчинонасоса від частоти руху його робочого органу за різних рухомостей розчину, що перекачується.

9. Виявлено емпіричну залежність об'ємного к.к.д. насоса від зміни довжини ходу його робочого органу.

10. На основі матеріалів досліджень виявлено найбільш раціональні значення конструктивних параметрів розробленого вертикального диференційного розчинонасоса, що забезпечують необхідну технологічну ефективність при використанні його у будівельних процесах. Критерієм у цьому випадку було забезпечення максимальної величини об'ємного к.к.д. під час перекачування вапняно-піщаного розчину складу 1:3 рухомістю 10 см.

11. Експериментально та аналітично обгрунтовано галузі застосування засобів регулювання подачі насоса шляхом амініння частоти руху та довжини ходу його робочого органу. Перший метод раціонально застосовувати при необхідності оперативного збільшення продуктивності розчинонасосу в економічно обгрунтованих межах, а другий - під час виконання механізованого нанесення штукатурного шару на поверхні, що обробляються.

12. Запропоновано науково обгрунтовану методику інженерного розрахунку вертикального диференційного розчинонасоса та виробле-

но рекомендації для його конструювання. На основі цього розроблено технічну документацію на базову модель РН-2:4 та ряд її модифікацій.

13. Експериментально одержано експлуатаційні характеристики розчинонасоса, що дозволяють визначити його подачу в залежності від рухомості розчину, частоти руху та довжини ходу робочого органу.

14. Іспити на будівельних об'єктах підтвердили, що створений розчинонасос може бути ефективно використаним під час виконання штукатурних робіт методом соплування, заливних стяжок під підлогу, замонолічування стиків залізобетонних конструкцій. Він дозволяє перекачувати вапняно- та цементно-пісчані будівельні розчини рухомістю до 7 см включно та здатен обслуговувати сучасне висотне будівництво. Робота на будмайданчиках підтвердила його високу всмоктуючу спроможність, підвищений об'ємний к.к.д., малоімпульсність та регульованість подачі, високий розвиваемий тиск, виключення умов для зависання клапанів та виникнення пісчаних "пробок" у порожнинах насосної камери, компактність та низьку матеріалоемність, зниження внутрішніх гідравлічних втрат.

15. Здійснено впровадження розчинонасоса у серійне виробництво. За час з 1983 р. до 1995 р. їх вироблено 435 шт.

16. Економічний ефект від впровадження одного насоса, розрахований в цінах 1991 р., складає 2948 крб/рік. Приведені витрати на його виготовлення зменшені на 61 %. Розчинонасос забезпечує економію електроенергії на 46 %, мастильних матеріалів на 44 %, метала - 329 кг/рік. Витрати на капремонт знижені на 61 %. На будівельному об'єкті ПМК-64 Полтавського облгагробуду під час проведення випробовувань розчинонасоса РН-2:4 було досягнуто виробки на одного члена бригади 28 м² оштукатуреної поверхні за зміну, що

в 2...2,5 раза выше, ніж при виконанні штукатурних робіт вручну.

Основний зміст дисертації **опубліковано в таких роботах:**

1. Малоимпульсные дифференциальные растворонасосы / Устьянцев В.У., Онищенко А.Г., Виноходов И.Я., Вовченко В.П., Надобко В.В. // Механизация строительства. -1990. -N7. -С.5-6.

2. Онищенко А.Г., Надобко В.В. Обоснование технической и экономической целесообразности широкого внедрения дифференциальных растворонасосов // Снижение материалоемкости и трудовых затрат в строительстве: Сб. научн. трудов. -К.: УМК ВО, 1991. -С.24-32.

3. Онищенко А.Г., Надобко В.В., Шпилька Н.Н. Влияние основных конструктивных параметров на к.п.д. дифференциального растворонасоса // Конструкции зданий и строительное производство: Сб. научн. трудов. -К., 1991. -С.4-13.

4. Свидетельство на промышленный образец 31740 СССР. Растворонасос / Остапенко И.В., Заволока С.В., Закревский А.Ю., Онищенко А.Г., Устьянцев В.У., Надобко В.В., Вовченко В.П. (СССР). -Зарегистр. 26 июня 1990 г.

5. А.с. 1707226 СССР, МКИ⁵ F 04 В 15/02. Растворонасос / В.У.Устьянцев, А.Г.Онищенко, В.В.Надобко, И.Я.Виноходов (СССР). -Опубл. в Б.И., 1992, -N3.

6. Решение от 21.02.95 г. о выдаче патента Российской Федерации по заявке на изобретение N 5038125. Регулируемый поршневой насос двойного действия / В.У.Устьянцев, А.Г.Онищенко, В.В.Надобко. -Приоритет 20.04.92 г.

7. Надобко В.В., Онищенко А.Г., Устьянцев В.У. Перспективы использования одноплунжерных растворонасосов двойного действия // Повышение эффективности сельскохозяйственного строительства на


основе механизации трудоемких работ и сокращения затрат ручного труда: Тез. докл. Респ. научн.-техн. конф. -Полтава, 1985. -С.47-48.

8. Надобко В.Б. Стенд для исследования технологии транспортирования растворов // Интенсификация строительного производства: Тез. докл. Обл. научн.-техн. конф. 11-14 апр. 1989 г. -Полтава, 1989. -С.75-77.

9. Устьянцев В.У., Онищенко А.Г., Надобко В.Б. Графо-аналитическое исследование кулачкового привода растворонасоса РН-4 // Фундаментальные исследования и новые технологии в строительном материаловедении / Часть 6 - Техника и технология измельчения, смешения и классификации материалов: Тез. докл. Всесоюзной конф. 23-25 мая 1989 г. -Белгород, 1989. -С.84-85.

10. Онищенко А.Г., Надобко В.Б., Устьянцев В.У. Механизированные методы замоноличивания стыков и швов при монтаже сборных железобетонных конструкций // Совершенствование железобетонных конструкций, работающих на сложные виды деформаций, и их внедрение в строительную практику / Часть 2 и 3: Тез. докл. Респ. научн.-техн. конф. 17-19 окт. 1989 г. -Полтава, 1989. -С.117-118.

Підпис



В.В.Надобко

ANNOTATION

Nadobko V.B. Investigation and elaboration of vertical differential solution-pumps with spherical valves for transportation of building solutions through pipeline.

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, 1995.

The theoretical and experimental investigations which permit to work out the design and realize industrial implementation of perspective solution-pumps on the basis of vertical differential scheme were carried out. The specifications of its higher technological efficiency during the maintenance are given here.

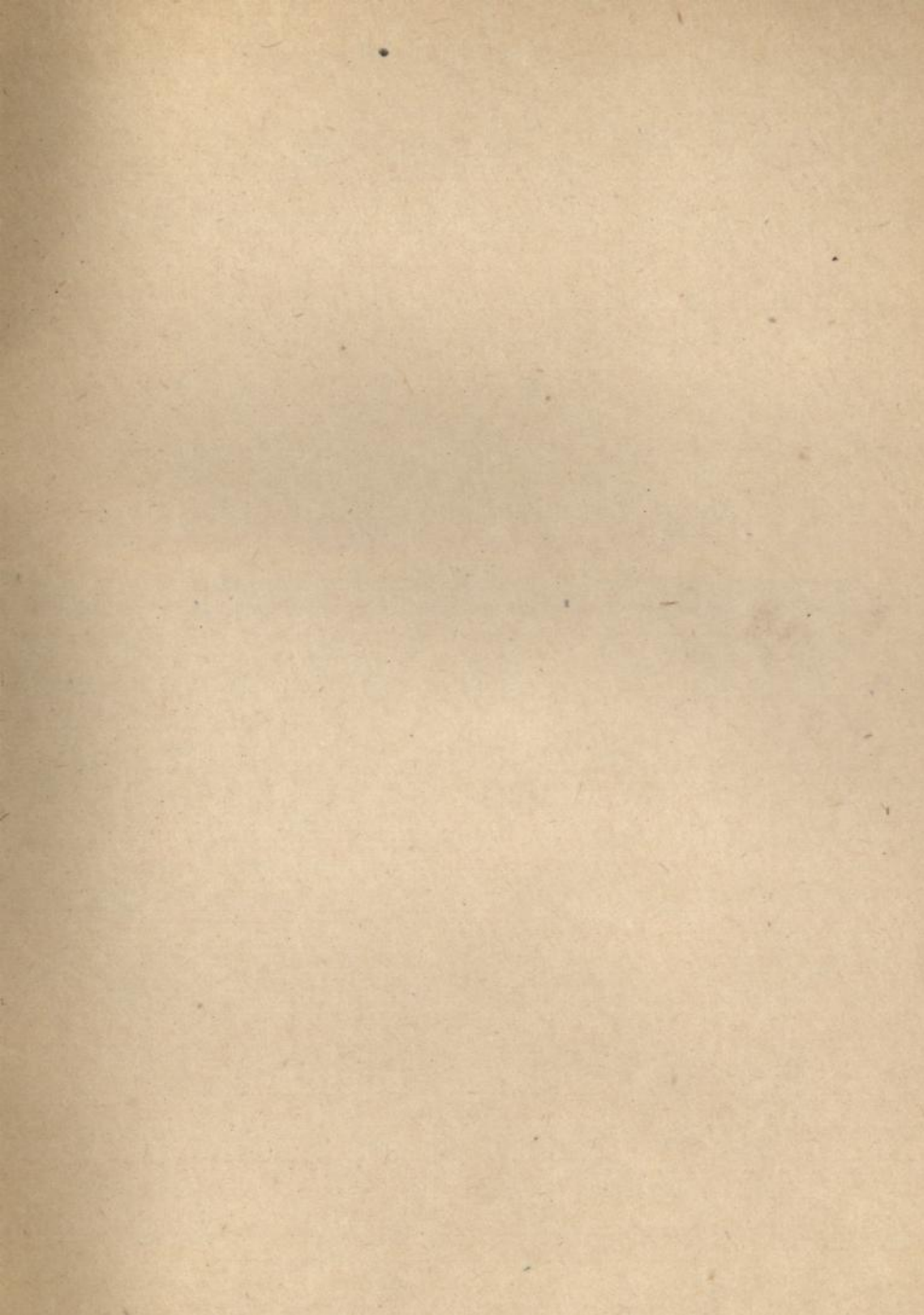
АННОТАЦІЯ

Надобко В.Б. Исследование и разработка вертикальных дифференциальных растворонасосов с шаровыми клапанами для транспортирования строительных растворов по трубопроводам.

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, 1995.

Выполнены теоретические и экспериментальные исследования, позволившие разработать конструкцию и осуществить промышленное внедрение перспективного растворонасоса на основе вертикальной дифференциальной схемы. Приводятся данные о его повышенной технологической эффективности в процессе эксплуатации.

Ключі слова: розчинонасос, штукатурні роботи, транспортування трубопроводами, механізація будівництва.



AB 33.360