

**Микола Віталійович Шаповал¹, Вадим Григорович Михайлик²,
Анатолій Ігорович Криворот³**

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Полтава, Україна)
E-mail: nvshapoval75@ukr.net. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6943-7687>

²аспірант кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Полтава, Україна)
E-mail: v.mikhajlik1988@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0003-2435-8592>

³кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Полтава, Україна)
E-mail: anatoliikryvorot@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5919-7352>

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ГІДРОПРИВОДНОГО РОЗЧИНОНАСОСА З РІЗНИМИ КОМБІНОВАНИМИ КОМПЕНСАТОРАМИ

Аналіз сучасних насосів вказує на пошук шляхів спрощення їхніх конструкцій і на вдосконалення принципової схеми однопоршневих розчинонасосів при зведенні до мінімуму пульсацій у трубопроводі під час транспортування будівельних розчинів. З метою зниження пульсації в сучасних однопоршневих розчинонасосах застосовують компенсатори тиску у вигляді повітряних ковпаків різного об'єму. Але повітряні компенсатори, поряд з перевагами, мають суттєві недоліки: стиснуте повітря безпосередньо контактує з перекачуваним розчином та інтенсивно видаляється із ковпака в процесі роботи розчинонасоса. Особливо прискорюється видалення повітря при підвищеному тиску (вище за 1,2...1,5 МПа). При цьому ефективність роботи компенсатора суттєво знижується, а пульсації зростають. Виникає необхідність у створенні однопоршневих розчинонасосів підвищеної надійності завдяки використанню гідравлічного привода, який нівелює поперечні зусилля на циліндро-поршневу групу, та зменшить рівень пульсацій тиску і подачі розчину, забезпечить плавність регулювання подачі під час роботи, також повинні зрости показники продуктивності і об'ємного ККД щодо електромеханічного привода. Тому розробка та впровадження гідравлічних приводів разом із комбінованим компенсатором забезпечить ефективну роботу розчинонасосів під час перекачування будівельних розчинів та легких бетонів.

Ключові слова: розчинонасос; комбінований компенсатор; ступінь пульсацій тиску; замкнена камера; будівельний розчин.

Рис.: 5. Бібл.: 13.

Актуальність теми дослідження. Розчинонасоси призначені для транспортування гумовотканинними або металевими трубопроводами будівельних розчинів різного складу і призначення з подальшим механізованим нанесенням їх на поверхні, які підлягають обробці. Нанесення може здійснюватися через повітряний пістолет або за допомогою безкомпресорного сопла.

Серед будівельних розчинів, які транспортуються розчинонасосами, виділяють вапняно-піщані штукатурні розчини різної рухомості, цементно-піщані розчини для стяжок наливних підлог, розчини на основі крейди та інші.

Для перекачування будівельних розчинів переважно застосовують насоси об'ємної дії. Принцип роботи таких насосів базується на періодичній зміні об'єму їхньої робочої камери, який збільшується під час усмоктування суміші та зменшується під час її нагнітання в трубовід.

Перехід від ручного нанесення розчинів на механізоване, що активно впроваджується, дозволяє суттєво збільшити змінний виробіток на одного штукатура. Сучасна технологія передбачає використання для нанесення розчинів на оброблювані поверхні різноманітних за конструкцією форсунок та насадок, які встановлюються на кінці напірного рукава. Галузі застосування розчинонасосів постійно розширюються. Значний економічний ефект досягається при використанні розчинонасосів для подачі й укладання цементно-піщаних розчинів при влаштуванні наливної стяжки підлог, заповнення під тиском щільними розчинами швів та з'єднань між залізобетонними конструкціями, а також для подачі оздоблювальних розчинів на великих будівельних об'єктах.

При виборі вібраційної плити для конкретного завдання варто враховувати тип матеріалу, що ущільнюється, та особливості робочого майданчика, де проводитимуться роботи. Це забезпечить оптимальну продуктивність та якість виконаної роботи.

Постановка проблеми. Використання розчинонасосів для транспортування малорухомих будівельних розчинів до робочих місць та механізованого їх нанесення на поверхні стін висуває до їх конструкції ряд специфічних вимог.

Це, перш за все, здатність розчинонасоса забезпечувати рівномірну подачу будівельних розчинів різної консистенції по трубопроводах. Перекачування розчинонасосами розчинів рухомістю понад 10 см за осадкою стандартного конуса не викликає значних проблем. Проте сучасні методи проведення штукатурних робіт вимагають використання розчинів рухомістю 9...10 см, а рухомість цементно-піщаних розчинів, які транспортуються трубопроводами, ще менша – 7...8 см. Стабільна подача таких розчинів можлива лише за наявності насоса з високою всмоктувальною здатністю і відсутністю в ньому конструктивних умов, що сприяють "зависанню" клапанів.

Першочерговою вимогою є рівномірність подачі штукатурного розчину. Найбільш поширені однопоршневі розчинонасоси односторонньої дії, які характеризуються значною пульсацією подачі. Ця особливість становить значну проблему для реалізації механізованого соплування до отримання штукатурного шару потрібної товщини, адже для нормальної роботи повітряної форсунки і, особливо, безкомпресорного сопла необхідна стабільна подача розчину. В іншому випадку струмінь штукатурного розчину стає нестабільним, цілеспрямоване нанесення розчину на оброблювану поверхню ускладнюється, а втрати розчину істотно зростають. Варто також відзначити, що при сталому русі розчину опір його протіканню у трубопроводі в 1,5 раза менший, ніж у разі пульсації швидкості потоку, що сприятливо впливає на енерговитрати насоса.

З огляду на вищевказане, сучасні розчинонасоси повинні мати високий коефіцієнт корисної дії (ККД), оскільки втрати розчину, що відбуваються через елементи клапанних і ущільнюючих вузлів, негативно впливають на рівномірність подачі розчину під час роботи розчинонасоса. До того ж вони призводять до суттєвих перевитрат електроенергії, обумовлених зниженням подачі розчину.

Аналіз останніх джерел досліджень. Розчинонасос має широкий спектр використання, зокрема: при виконанні торкрет-робіт під час нанесення загальних і спеціальних рідких сумішей, для перекачування, подачі як спеціально підготовлених, так і готових попередньо змішаних сумішей в складних умовах; а також для ін'єкцій з можливістю регулювання тиску.

Putzmeister P13 [13] – це надійна штукатурна установка, яка обладнана поршневим розчинонасосом із подвійною дією та призначена для приготування та подачі штукатурних сумішей, що містять вапно, пісок, цемент та інші наповнювачі, з використанням інтенсивного циклу змішування. Навіть при значних навантаженнях на цей поршневий насос його деталі практично не піддаються зношуванню, що зумовлено їхньою високою надійністю та якістю.

Розчинонасоси фірми Turbosol [8] мають автоматичний пристрій захисту від надмірного тиску, пристрій рециркуляції, пневматичне дистанційне управління (пуск/зупинка).

Залежно від модифікації розчинонасоси комплектуються: ES стандартно електродвигуном 5,5 кВт/ EMF, електродвигуном зі змішувачем 1,5 кВт, 180 л/ DS дизелем, 10,5 кВт стандарт/ DMF дизелем зі змішувачем примусової дії. Крім того, агрегати оснащені: приводом насоса 2-швидкісною МКП; запобіжним пристроєм від надмірного тиску; рамним двоколісним візком; вібраційним відсіювачем з ситом 8 мм; системою рециркуляції розчину; вбудованим повітряним компресором 270 л/хв з можливістю дистанційного управління.

Серед недоліків розчинонасосів Turbosol варто виділити підвищені ступені пульсацій тиску, що виникають через одинарну дію роботи, невисокий рівень об'ємного ККД, підвищену металоємність.

Насоси з гідравлічним приводом ще не набули значної популярності на вітчизняному ринку, проте в багатьох країнах світу, наприклад, у США, Німеччині, Італії, Норвегії та інших країнах вони здобули широке визнання завдяки своїм перевагам, знайшовши застосування в багатьох галузях промисловості. На сьогодні виробництвом гідравлічних насосів займаються численні компанії з розвинених країн, серед яких Milton Roy (США), Alemite (США), Feluwa Pumpen GMBH (Німеччина), Maritime Hydraulics (Норвегія), Wagner, Dellmeco, FlowMaster, Graco, Tapflo, Wilden Pump & Engineering, Grundfos, Maxroy (США) тощо [9; 10; 11; 12]. Ці насоси знайшли широке застосування в різноманітних галузях промисловості, наприклад, для відкачування в'язких, корозійно-активних і забруднених середовищ із резервуарів і відстійників, ліквідації розливів нафтопродуктів, перекачування бурового розчину та будівельних сумішей, а також як насоси-дозатори в різних технологічних процесах харчової, хімічної та інших галузях промисловості.

Аналіз наукових досліджень показує, що сучасні насоси постають досконалими високотехнологічними агрегатами, які вражають своїми показниками та забезпечують високу ефективність перекачування різноманітних сумішей. Проте насоси не є універсальними, їх розроблено для перекачування певного переліку сумішей. Зважаючи на це, проблема універсальності насосів залишається актуальною, а тому необхідно брати до уваги численні фактори для вирішення поставлених завдань.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. У процесі дослідження насосних агрегатів визначається важлива проблема: ступінь пульсації тиску та подачі під час перекачування будівельних розчинів. Ця проблема набуває особливої актуальності при аналізі розчинонасосів одинарної дії. Вивчення нових конструкцій компенсаторів може значно знизити рівень пульсацій тиску та подачі. Головний вектор дослідження спрямований на поглиблене вивчення взаємодії складових елементів компенсаційних пристроїв розчинонасоса з будівельними розчинами різної рухомості.

Мета статті. Провести дослідження та аналіз конструктивних особливостей однопоршневого розчинонасоса, акцентуючи увагу на застосуванні гідравлічного привода та нових компенсуючих пристроїв, які повинні підвищити ефективність його роботи.

Виклад основного матеріалу. Пропонується конструкція гідроприводного розчинонасоса одинарної дії з комбінованим компенсатором збільшеного об'єму (рис. 1), який містить: гідравлічну частину, яка складається з патрубків всмоктувального 1, який поєднано зі всмоктувальною камерою 3, усередині якої розміщено спеціальну циліндричну вставку, що має зрізану частину сегментної форми, дотична хорда якої під кутом 45° до горизонталі, та нагнітального 12, кулькові клапани всмоктувальний 2 та нагнітальний підпружинений 4, робочий циліндр 6 з поршнем і повзуном, який промивається у штоковій порожнині охолоджувально-змащувальною рідиною під час руху (мильно-масляно-водною емульсією). Гідропривод розчинонасоса оснащено гідроциліндром 8 з поршнем і штоком, який має порожнину з внутрішнім буртиком. Поршень гідроциліндра 8 установлений опозитно (горизонтально) щодо поршня і розділяє гідроциліндр на поршневу та штокову порожнини. Золотниковий розподільник 9 розташований у правій крайній порожнині гідроциліндра й містить два двопояскові диференціальні золотники – основний і керування. Золотник керування установлений співвісно з поршнем гідроциліндра і містить хвостовик. З'єднання штока робочого поршня зі штоком гідравлічного поршня здійснюється за допомогою спеціального хомута 7. Штокова порожнина гідроциліндра 8 постійно з'єднана з лінією напору, а поршнева порожнина через основний золотник

почергово з'єднується з лініями напору або зливу, за рахунок чого й забезпечується зворотно-поступальний рух поршня 6 зі штоком. Золотник керування надійно утримується в одному з робочих положень протягом усього ходу поршня 6 за рахунок високого або низького тиску масла в поршневій порожнині (яка з'єднується з лінією напору або зливу), а поблизу від мертвих точок переводиться внутрішнім буртиком через хвостовик у чергове робоче положення. Стабільність швидкості зворотно-поступального ходу поршня забезпечується тим, що площа поршня гідроциліндра є вдвічі більшою щодо площі перетину штока. Подача гідравлічної рідини по магістралях відбувається за допомогою шестеренного гідравлічного насоса 15 від електродвигуна 11.

Комбінований повітряний компенсатор тиску складається з двох камер: циліндричної, яка з'єднана з нагнітальною камерою, і замкненої, яка являє собою еластичний гумотканинний шланг, який закріплено до штуцера вузла підкачки повітря і встановлено по периметру циліндричної камери на спеціальних обмежувачах. У замкнену камеру встановлено ніпель для закачування повітря під тиском 0,5...0,7 МПа за допомогою компресора. По центру циліндричної камери на направляючому стрижні встановлено поплавко-обмежувач, який розділяє стиснене повітря з розчином і тим самим забезпечує мінімальне видалення повітря з циліндричної камери.

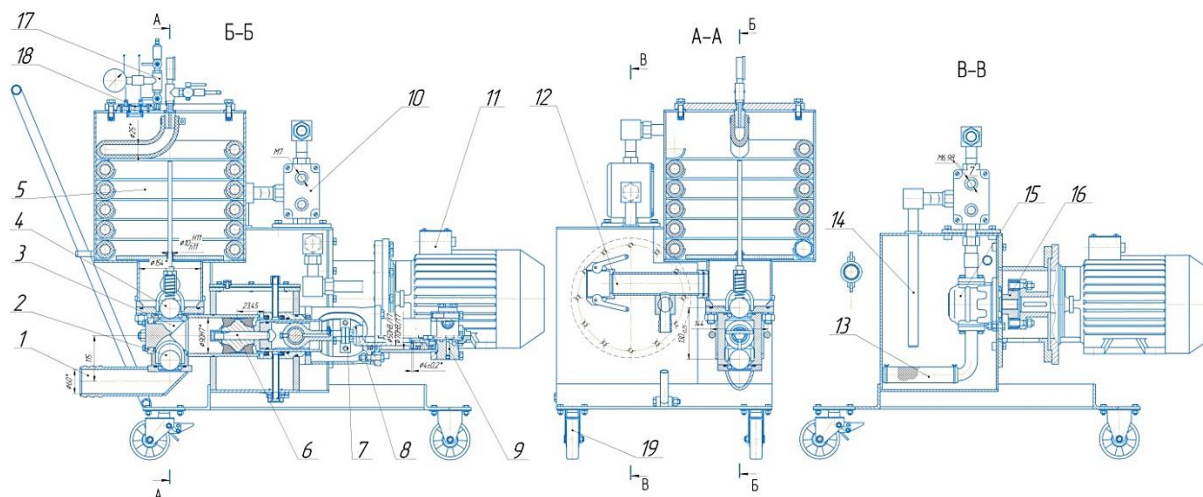


Рис. 1. Конструктивна схема однопоршневого гідроприводного розчинонасоса з комбінованим компенсатором збільшеного об'єму:

- 1, 12 – усмоктувальний та нагнітальний патрубок; 2, 4 – всмоктувальний та нагнітальний підпружинений кульові клапани; 3 – усмоктувальна камера;
 5 – комбінований компенсатор; 6 – поршень з направляючим плунжером;
 7 – хомут гідравлічний привідний циліндр з розподільником; 8 – гідроциліндр з поршнем і штоком; 9 – золотниковий розподільник; 10 – регулятор подачі гідравлічної рідини;
 11 – електродвигун; 13 – фільтр мастильної рідини; 14 – патрубок скидання гідравлічної рідини; 15 – шестерневий гідравлічний насос; 16 – муфта втулково-пальцева; 17 – редуктор підкачки повітря; 18 – скляне віконце з підсвічуванням;
 19 – коліщата пересування

Для збільшення приведенного компенсаційного об'єму компенсатора у верхній кришці передбачено редуктор підкачки повітря 17 у циліндричну камеру з манометром контролю тиску до тиску в замкненій камері компенсатора. Також у циліндричній камері у верхній кришці встановлено скляне віконце з підсвічуванням 18 для огляду та візуального контролю об'єму повітря в циліндричній камері.

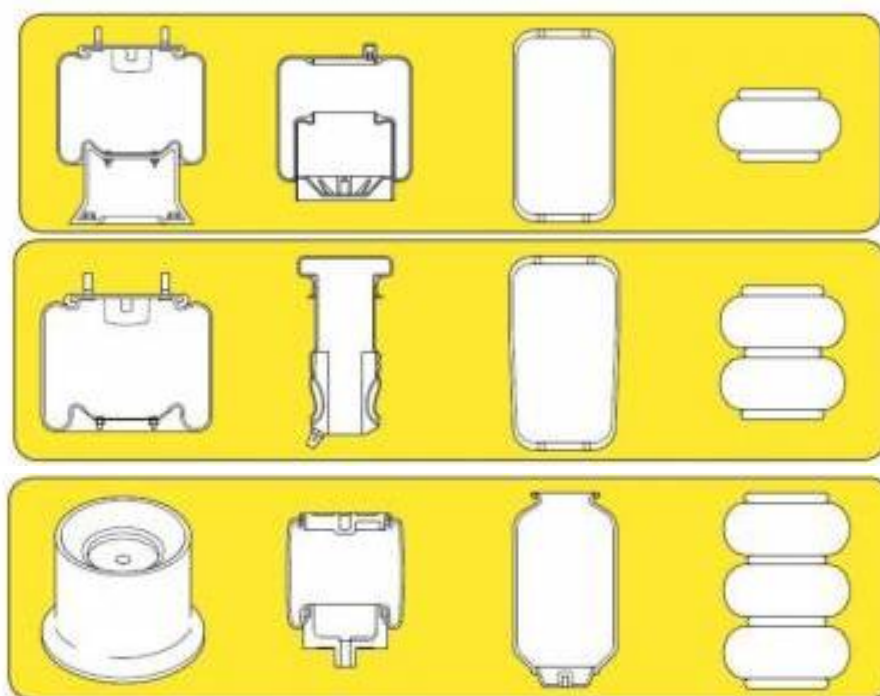


Рис. 2. Форми пневмобалонів для автомобілів

З огляду на необхідність зниження пульсацій та підвищення надійності роботи розчинонасоса, що розглядається вище, рекомендуються до впровадження нові конструкції елементів компенсуючих пристроїв, а саме замкненої камери (рис. 2, 3, 4). Аналіз роботи розчинонасоса з використанням кожного із запропонованих компенсаторів надасть змогу визначити оптимальну конструкцію. Застосування нових конструкцій замкнених камер дозволить усунути недоліки існуючих конструкцій компенсаторів, які використовуються у розчинонасосах одинарної дії для транспортування будівельних розчинів. Пропонуються комбіновані компенсатори закритого типу з використанням автомобільних пневматичних балонів різних модифікацій, вибір яких зумовлений об'ємом та формою вільної камери.

Втім, на початку слід розглянути конструктивні особливості пневмобалонів, які можливо використати в ролі замкненої камери.

Пневмобалон здатний витримувати чималі навантаження, завдяки застосуванню при його виготовленні високоякісного каучуку. Його конструкція складається зі склеєних між собою двох частин. Подібні пневматичні балони знайшли застосування в задній частині підвіски, виключно в автомобілях, де передбачено роздільне розташування пружини та амортизатора (така схема реалізована на більшості сучасних авто).

З функціонального погляду, пневмобалон забезпечує підтримку кузова автомобіля у визначеному положенні відносно дорожнього покриття, регулюючи тиск повітря всередині свого об'єму. Основними компонентами пневматичної системи є компресор, який подає стиснене повітря, та ресивер, який виконує роль резервуара для його зберігання. Пневмобалон виконує роль пружного елемента, беручи на себе ударні навантаження та вібрації.

Очевидно, що у конструкції автомобіля пневмобалон функціонує інакше, ніж як замкнена камера компенсатора при перекачуванні абразивних вологих середовищ. Щоб впоратися з цим, потрібно обрати кілька пневмобалонів, котрі могли б результативно зменшити пульсації тиску розчину та забезпечити тривалий термін служби.



Рис. 3. Пневмобалони:

а – пневморессора 3B-300 для вантажних НУД; б – пневмобалони (пневмопіддушки) гофровані ATC Air Suspension Products (Пневмобалон задній лівий Audi A7 Sportback (2011-2018)); в – пневмопіддушка задня ліва MATOMI 48090-35011; г – пневморессора зі стаканом (пластик) (виробництво Sampra) SP 554156-KP; д – пневмобалон (пневмопіддушка) для автомобіля Mercedes-Benz, моделі E Class, серії W212 виробництва польської компанії Limak є якісним недорогим аналогом оригінальних пневмобалонів; е – пневмопіддушка (балон) Mercedes 975N, W010950437 320x81.2x140 (975N) (Contech | 97500)

Отже, набуває актуальності вивчення роботи пневматичних балонів, як замкненої камери в конструкціях комбінованих компенсаторів з різними геометричними параметрами. Варто підкреслити, що ефективність роботи компенсатора напряму пов'язана з ефективним спрацюванням замкненої камери у вигляді пневмобалона, а саме здатністю деформуватися та демпфірувати при зростанні тиску й пульсацій подачі розчинної суміші.

Розглянемо конструктивні особливості пневмобалонів (рис. 2). Пневмобалони (пневморессори) використовують як значно ефективнішу альтернативу порівняно з металевими пружними елементами – пружинами і торсіонами. Конструктивно пневматична підвіска автомобіля складається з герметичного балона або рукава, виготовленого зі спеціальної армованої гуми. Усередині цього балона міститься повітря. Принцип роботи пневмобалона базується на тому, що, тиснувши вагою автомобіля та вантажу зверху, стиснене повітря відповідає зворотною дією, величина якого визначає несучу здатність пневмобалона. Цей показник залежить від об'єму повітря, яке закачане у пневмобалон, та внутрішнього тиску. Коли пневмобалон стискається під впливом ваги автомобіля, він прагне повернутися до вихідного стану, відновлюючи первісний тиск. Водночас опір повітря зростає зі збільшенням впливу навантаження. Така особливість пневмобалона дозволяє уникнути пробою гумової оболонки.

Попри елементарність принципу функціонування та порівняно просту конструкцію, пневморесори є досить комплексним компонентом. Під час експлуатації пневматична підвіска безперервно піддається значним статичним і динамічним навантаженням. До того ж місце розташування пневмобалонів спричиняє постійний вплив пилу, дорожнього бруду та вологи.

Представлені пневмоподушки виготовлено зі зносостійких матеріалів, стійких до різних погодних умов. Конструкції пневмобалонів показано на рис. 3. Переважно це балони циліндричної форми, виготовлені з еластомерів на основі каучуку з армуванням переважно синтетичними нитками. Також трапляються пневмобалони грушоподібної секційної конструкції (рис. 3, *а*) та у вигляді гофр (сильфонів) (рис. 3, *б*, *в*).

Пневмобалони (пневмоподушки) від ATC Air Suspension Products являють собою повноцінну заміну заводських автозапчастин, забезпечуючи водієві комфорт та тривалий термін служби. Вироби вирізняються безпечністю, точністю та високими стандартами якості. Кожна пневмоподушка комплектується відбійником, ущільнювальним кільцем круглого перерізу, верхнім кріпленням, клапаном для підтримки залишкового тиску та монтажним болтом.

Продукція ATC Air Suspension виготовляється з еластомірних матеріалів високої якості, основу яких складає каучук. Кільця пневморесор фіксуються за допомогою спеціальної технології, що гарантує надійність роботи та герметичність з'єднань.

Нижче детально проаналізуємо конструкції пневмобалонів, представлених на рис. 4.

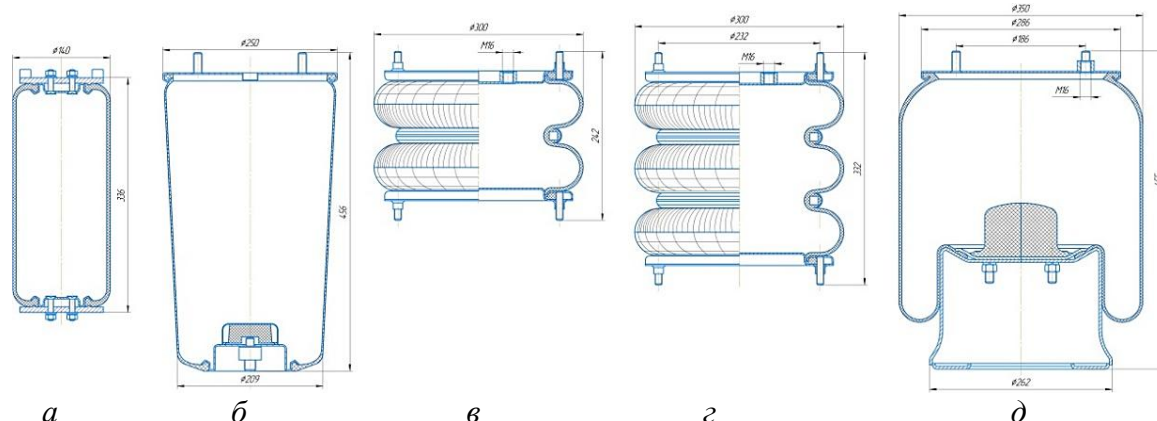


Рис. 4. Пневмобалони, що використовувались для дослідження у компенсаторах розчинонасоса

Як видно із зображень рис. 4, конструктивні відмінності пневмобалонів визначають загальну схему їх використання у вигляді замкненої камери компенсаторів. Відповідно, їх спрацювання в компенсаторі також буде відбуватися по різному. Наприклад, пневмобалон на рис. 4, *а*, стискатиметься, коли тиск подачі у системі перевищує тиск у самому балоні, розходячись переважно радіально, перпендикулярно до поздовжньої осі, та лише частково паралельно їй. Подібний принцип зміни об'єму повітря пневмобалону спостерігатиметься і в конструкціях пневмобалонів, представлених на рис. 4 *б*, *д*. Натомість, у пневмобалонах (рис. 4 *в*, *г*) зменшення об'єму в умовах підвищеного тиску буде супроводжуватися вираженими деформаціями паралельно вісі. Проте, картина роботи пневмобалона може змінитися, якщо тиск робочого розчину буде рівномірним по всій висоті пневмобалона.

Чим зумовлено рішення про модернізацію компенсаторів, спираючись на конфігурацію вільної камери? Це рішення базується на низці переваг, які мають значення як для конструктивного оформлення, так і для зручності експлуатації.

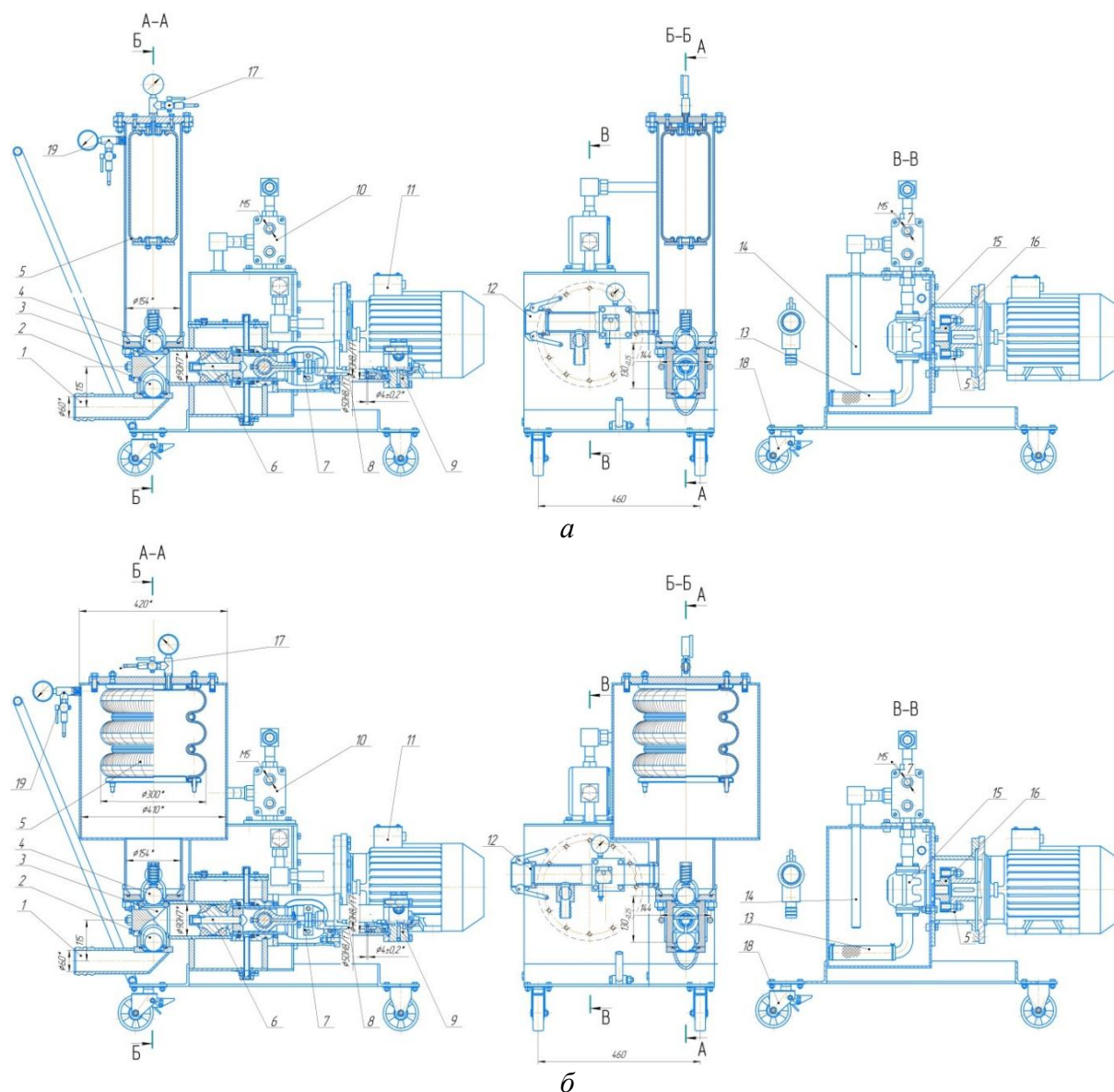


Рис. 5. Однопоршневий гідроприводний розчинонасос

із комбінованими компенсаторами різних конструктивних рішень:

- а – з комбінованим компенсатором № 1; б – з комбінованим компенсатором № 2;
 в – з комбінованим компенсатором № 3; 1, 12 – усмоктувальний та нагнітальний пат-
 рубок; 2, 4 – всмоктувальний та нагнітальний підпружинений кульові клапани;
 3 – усмоктувальна камера; 5 – комбінований компенсатор; 6 – поршень з направляю-
 чим плунжером; 7 – хомут гідравлічний привідний циліндр з розподільвачем; 8 – гідро-
 циліндр з поршнем і штоком; 9 – золотниковий розподільник; 10 – регулятор подачі гід-
 равлічної рідини; 11 – електродвигун; 13 – фільтр мастильної рідини;
 14 – патрубок скидання гідравлічної рідини; 15 – шестерневий гідравлічний насос;
 16 – муфта втулково-пальцева; 17 – редуктор підкачки повітря замкненої камери;
 18 – коліщата пересування насоса; 19 – редуктор підкачки повітря вільної камери

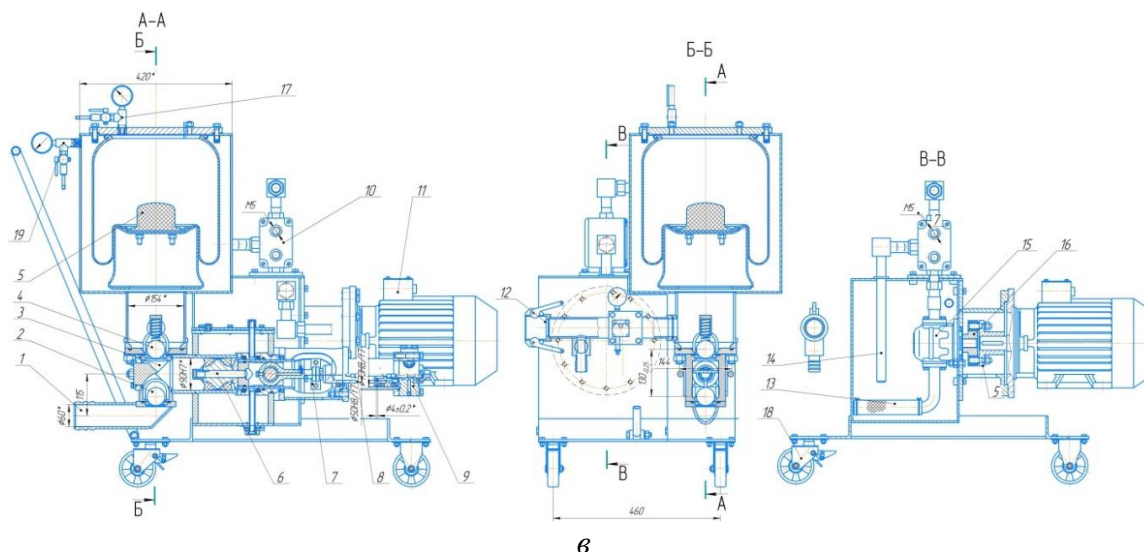


Рис. 5. Продовження (початок на с. 105)

Розглянемо доцільність застосування автомобільних пневмобалонів, зображених на рис. 5, у складі комбінованих компенсаторів, виконаних у вигляді замкненої камери.

Перевагами використання пневмобалонів, як замкненої камери, є:

- збільшення об'єму замкненої камери, що призводить до збільшення приведеного компенсаційного об'єму. Це позитивно впливає на зниження ступеня пульсацій тиску, особливо при його підвищенні понад 0,7 МПа;
- збільшення площі контакту замкненої камери з розчином, що перекачується, завдяки циліндричній формі пневмобалону. Це сприяє зменшенню ступеня пульсацій тиску;
- скорочення часу, необхідного для промивання вільної камери компенсатора після завершення робочого циклу, завдяки установці редуктора підкачки вільної камери;
- зменшення загальних витрат на обслуговування компенсатора;
- покращення можливостей ремонту компенсатора.

Висновки. Проаналізовано існуючі конструкції розчинонасосів. Були визначені переваги та недоліки використання розчинонасосів за конструктивними та експлуатаційними властивостями. Аналіз конструкцій розчинонасосів показав, що для перекачування штукатурних та будівельних розчинів необхідно використовувати розчинонасос вдосконаленої конструкції.

Однією з основних перспектив дослідження є подальша робота гідравлічного привода насоса, який повинен забезпечити постійну швидкість руху робочого органа, що позитивно вплине на зменшення зворотних витоків через кулькові клапани, забезпечить рівномірну подачу та низький рівень ступеня пульсацій тиску. Також застосування пневмобалонів у конструкціях комбінованих компенсаторів забезпечить низький рівень ступеню пульсацій тиску у такті всмоктування за рахунок конструкції замкненої камери та збільшеного приведеного об'єму вільної та замкненої камер компенсатора.

Представлені конструкції компенсаторів у складі гідроприводного розчинонасоса потребують практичного дослідження на предмет ефективності роботи та практичності під час експлуатації.

Загалом ця робота може зробити суттєвий внесок у розробку ефективних розчинонасосів для застосування їх у штукатурних агрегатах під час проведення опоряджувальних робіт на будівельному майданчику.

Список використаних джерел

1. Кукоба, А. (1999). Насос із гідравлічним приводом для подачі трубопроводами будівельних розчинів. *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)*, (Вип. 4. Ч 1.), 10–16.

2. Онищенко, О., Матвієнко, А., Коломієць, С., & Головкін, О. (2000). Компенсатор пульсації тиску. *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)*, (Вип. 6. Ч.1.), 3–6.
3. Смелянова, І., Коробко, Б. О., & Шаповал, М. В. (2010). *Малоімпульсний насос* (Патент України № 112734).
4. Korobko, B., Virchenko, V., & Shapoval, M. (2018). Feed solution in the pipeline with the compensators mortar pump of various design solutions pressure pulsations degree determination. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.2), 195. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.2.14402>.
5. Шаповал, М., Вірченко, В., Криворо, А. Т., & Скорик, М. (2021). Визначення трудомісткостей проведення технічного обслуговування середньорозмірних кросоверів. У *Створення, експлуатація і ремонт автомобільного транспорту та будівельної техніки* (с. 69–72). Національний університет імені Юрія Кондратюка. <https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/9321/1/69-72.pdf>.
6. Bogdan, K., Mykola, S., Kaczynski, R., Anatolii, K., & Viktor, V. (2023). Theoretical and experimental investigations of the pumping medium interaction processes with compensating volume of air in the single-piston mortar pump compensator. У *Lecture notes in civil engineering* (с. 199–223). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_17.
7. Кукоба, А.Т., Васильєв А.В. (2000). Дослідження об'ємного ККД гідроприводного розчинонасоса. *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)*, (Вип. 5), 19-24.
8. *Turbosol world wide news*. Turbosol - Pumping systems. <https://turbosol.com/blog/en/home>.
9. *About us-dedicated to your success*. Milton Roy Metering Pumps and Equipment. <https://www.miltonroy.com/en/about-us>.
10. Wilden Pumps from Air Pumping Ltd. *Air Pumping Ltd, diaphragm pump distributor*. <https://www.wilden-pumps.co.uk>.
11. Dellmeco. Pump manufacturer. If our partners succeed, then so does DELLMECO URL: <https://www.dellmeco.com>.
12. Tapflo Group – якісні Європейські промислові насоси від виробника TAPFLO. <https://tapflo.ua>.
13. *Бетонна техніка і бетононасоси*. Putzmeister Україна. <https://www.kvbukraine.com.ua>.

References

1. Kukoba, A. (1999). Nасos iz hidravlichnym pryvodom dlia podachi truboprovodamy budivelnikh rozchyniv. [Hydraulically driven pump for pipeline delivery of mortar.] (*Zbirnyk naukovykh prats (haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo)*- *Collection of scientific papers (industrial engineering, construction*, (Iss. 4. S. 1.), 10–16.
2. Onyshchenko, O., Matviienko, A., Kolomiets, S., & Holovkin, O. (2000). Kompensator pulsatsii tysku. [Pressure pulsation compensator.] (*Zbirnyk naukovykh prats (haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo)* - *Collection of scientific papers (industrial engineering, construction*, (Iss. 6. S. 1.), 3–6.
3. Yemelianova, I., Korobko, B.O., & Shapoval, M. V. (2010). Maloimpulsnyi nasos [Low-pulse pump] (*Patent Ukrainy - Patent of Ukraine № 112734*).
4. Korobko, B., Virchenko, V., & Shapoval, M. (2018). Feed solution in the pipeline with the compensators mortar pump of various design solutions pressure pulsations degree determination. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.2), 195. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.2.14402>.
5. Shapoval, M., Virchenko, V., Kryvoro, A. T., & Skoryk, M. (2021). Vyznachennia trudomistkosti provedennia tekhnichnoho obsluhovuvannia serednorozmirnykh krossoveriv [Determination of the labour intensity of maintenance of medium-sized crossovers]. *Stvorennia, ekspluatatsiia i remont avtomobilnoho transportu ta budivelnoi tekhniki – Creation, operation and repair of motor transport and construction equipment* (pp. 69-72). <https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/9321/1/69-72.pdf>.
6. Bogdan, K., Mykola, S., Kaczynski, R., Anatolii, K., & Viktor, V. (2023). Theoretical and experimental investigations of the pumping medium interaction processes with compensating volume of air in the single-piston mortar pump compensator. In *Lecture notes in civil engineering* (pp. 199–223). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_17.
7. Kukoba, A.T., Vasulev A.V. (2000). Doslidzhennia obiemnoho KKD hidropryvodnoho rozchynonasosa. [Study of the volumetric efficiency of a hydraulically driven mortar pump.] (*Zbirnyk naukovykh prats (haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo)* - *Collection of scientific papers (industrial engineering, construction*, (5), 19-24.
8. TURBOSOL: BLOG. (n.d.). <https://turbosol.com/blog/en/home>.

9. Milton Roy. (n.d.). <https://www.miltonroy.com/en/about-us>.
10. Wilden Pumps from Air Pumping Ltd. URL: <https://www.wilden-pumps.co.uk>.
11. Dellmeco. Pump manufacturer. If our partners succeed, then so does DELLMECO. (n.d.). <https://www.dellmeco.com>.
12. Tapflo Group – high-quality European industrial pumps from the manufacturer TAPFLO. Official representative office in Ukraine – LLC "TAPFLO". (n.d.). sales@tapflo.ua. <https://tapflo.ua>.
13. Putzmeister: Betonna tekhnika i betononasosy [Concrete equipment and concrete pumps]. (n.d.). putzmeister.ukr@gmail.com. <https://www.kvbukraine.com.ua>.

Отримано 20.03.2025

UDC 693.6.002.5

Mykola Shapoval¹, Vadym Mykhaylik², Anatoliy Kryvorot³

¹PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of branch machinery and mechatronics National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Poltava, Ukraine)

E-mail: nvshapoval75@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6943-7687>

²PhD Student, Department of branch machinery and mechatronics

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Poltava, Ukraine)

E-mail: v.mikhajlik1988@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2435-8592>

³PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of branch machinery and mechatronics National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Poltava, Ukraine)

E-mail: anatoliikryvorot@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5919-7352>

ANALYSIS OF THE DESIGN OF A HYDRAULIC MORTAR PUMP WITH VARIOUS COMBINED COMPENSATORS

Analysis of modern pumps indicates the search for ways to simplify their designs and improve the basic scheme of single-piston mortar pumps while minimizing pulsations in the pipeline during the transportation of building mortars.

To reduce pulsations in modern single-piston mortar pumps, pressure compensators in the form of air caps of various volumes are used. But air compensators, along with their advantages, have significant disadvantages: compressed air directly contacts the pumped solution and is intensively removed from the cap during the operation of the mortar pump. Air removal is especially accelerated at elevated pressure (above 1.2...1.5 MPa). In this case, the efficiency of the compensator is significantly reduced, and pulsations increase.

There is a need to create single-piston mortar pumps of increased reliability due to the use of a hydraulic drive, which will level the transverse forces on the cylinder-piston group, and reduce the level of pressure pulsations and mortar supply, ensure smooth regulation of the supply during operation, and should also increase productivity and volumetric efficiency compared to the electromechanical drive. Therefore, development and implementation of hydraulic drives together with a combined compensator will ensure effective operation of mortar pumps when pumping mortars and lightweight concrete.

Key words: mortar pump; combined compensator; degree of pressure pulsations; closed chamber; mortar.

Fig.: 5. References: 13.