

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету
«Полтавська політехніка
Імені Юрія Кондратюка»
доктору технічних наук, професору
ГАСЕНКУ Антону Васильовичу

ВІДГУК

офіційного опонента

Заслуженого діяча науки і техніки України доктора технічних наук,
професора, завідувача кафедри галузевого машинобудування
Вінницького національного технічного університету

ПОЛІЩУКА Леоніда Клавдійовича

на дисертаційну роботу

МИХАЙЛИКА Вадима Григоровича

на тему «**Обґрунтування параметрів робочих процесів гідроприводного
однопоршневого розчинонасоса з комбінованим компенсатором
пульсації тиску**»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 13 «Механічна інженерія»
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

Актуальність теми дисертаційного дослідження

Сучасні конструкції насосів не в повній мірі забезпечують ефективне транспортування таких сумішей без порушення їх структури, розшарування або втрати технологічних характеристик. Це потребує конструюванню та створенню універсальних насосних систем, які будуть здатні стабільно транспортувати з широким спектром сучасних будівельних сумішей.

Не менш важливим чинником є підвищення вимог до продуктивності, об'ємного ККД та якості виконання оздоблювальних робіт. Значні обсяги житлового, промислового та інфраструктурного будівництва, а також масштабні операції з реконструкції та відновлення пошкоджених будівель потребують застосування високопродуктивного обладнання, здатного забезпечувати безперервну та рівномірну подачу з низьким рівнем ступеня пульсацій розчину на значні відстані по горизонталі та вертикалі. Від надійності роботи розчинонасоса, яка забезпечена конструктивними та технологічними факторами безпосередньо залежить ритмічність виконання оздоблювальних процесів, ефективність використання робочої сили та якість кінцевого результату.

Важливим аспектом актуальності роботи є необхідність підвищення енергоефективності розчинонасосів. Значна частина існуючих розчинонасосів характеризується високими енергетичними втратами, що збільшує експлуатаційні витрати. Застосування сучасних електроприводів із частотним регулюванням, регульованих гідроприводів, оптимізованих кінематичних схем, удосконалених клапанних механізмів та нових конструкцій робочих органів дозволяє суттєво зменшити споживання електроенергії та підвищити коефіцієнт корисної дії обладнання.

Однією з найважливіших проблем залишається забезпечення довговічності та надійності розчинонасосів. Робочі органи насосів поршневої групи експлуатуються в умовах інтенсивного абразивно-піщаного зношування, дії агресивного цементного середовища, високих знакозмінних навантажень та значного робочого тиску. Це призводить до інтенсивного зношування поршнів, клапанів, ущільнювальних елементів і циліндрів, зростання витрат на ремонт та зниження експлуатаційної ефективності обладнання. Тому актуальним є розроблення конструкцій, що забезпечать підвищення ресурсу роботи насосних вузлів, застосування сучасних інноваційних, композитних, зносостійких матеріалів і технологій зміцнення деталей.

Сучасний розчинонасос повинен відповідати сучасним вимогам цифровізації будівельної техніки. Впровадження електронних систем керування, автоматичного регулювання продуктивності, контролю робочого тиску, систем діагностики технічного стану та захисту від перевантажень дозволяє забезпечити стабільність технологічного процесу, мінімізувати вплив людського фактора та забезпечити безпеку експлуатації обладнання.

Особливо перспективним напрямком є вдосконалення конструкцій однопоршневих розчинонасосів, які широко застосовуються у складі штукатурних агрегатів та станцій завдяки простоті конструкції, високому рівню ремонтпридатності та відносно невеликій вартості. Також розчинонасоси потребують подальшого конструктивного вдосконалення щодо зменшення ступеня пульсації тиску подачі, що впливає на підвищення рівномірності транспортування розчину, зниження енерговитрат, зменшення зворотних витоків через клапанні механізми та збільшення ресурсу основних деталей.

Для України актуальність створення сучасних з високими експлуатаційними можливостями розчинонасосів додатково визначається необхідністю масштабного нового будівництва, реконструкції повоєнного та післявоєнного відновлення житлових, громадських і промислових об'єктів. Виконання значних обсягів оздоблювальних робіт потребує високопродуктивного, мобільного, енергоефективного та надійного обладнання, здатного забезпечити якісне нанесення сучасних будівельних сумішей у різних умовах експлуатації.

Таким чином, сучасний об'ємний розчинонасос є основним технологічним засобом механізації оздоблювальних робіт і складовою штукатурного агрегату, від технічної досконалості якого залежать продуктивність праці, якість оздоблювальних робіт, економічність будівельного виробництва та надійність технологічного процесу. Саме тому розроблення нових конструкцій розчинонасосів, спрямованих на підвищення продуктивності, довговічності, енергоефективності, автоматизації та універсальності застосування, є одним із найважливіших напрямів розвитку сучасного будівельного машинобудування та механізації оздоблювальних процесів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність та новизна

Отримані в роботі наукові результати та сформульовані на їх основі висновки мають достатню повноту обґрунтування, що підтверджується правильним застосуванням математичного інструменту, положень методів аналітичного й фізичного моделювання та планового багатфакторного експерименту, достатньою відповідністю результатів теоретичних і експериментальних досліджень, а також використанням сучасних вимірювальних комплексів та стандартних методик досліджень. Наукові положення, що виносяться на захист, викладені у доказовій формі, опираються на проведений аналіз та результати експериментів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що автором за результатами дисертаційних досліджень обґрунтовано нові теоретичні положення, які відносяться до встановлення функціональних відмінностей процесів руху будівельних сумішей залежно від закону руху робочого органа однопоршневим розчинонасосом, транспортування яких відбувається з постійною швидкістю в період нагнітання, а в періоді всмоктування, за рахунок акумулювання потоку розчинної суміші об'ємом повітрям комбінованого компенсуючого пристрою, стабілізується падіння тиску подачі.

Науковою новизною є такі результати досліджень:

- уперше науково обґрунтовано вплив закону руху робочого органа від гідравлічного приводу та конструкції комбінованого компенсатора пульсації тиску, що досліджуються, на формування залежності тиску подачі, рівень ступеню пульсацій тиску розчину та проведено порівняльний аналіз з однопоршневим розчинонасосом з комбінованим компенсатором збільшеного об'єму;

- набули подальшого розвитку положення щодо акумулювання розчинної суміші комбінованим компенсатором у процесі його розряджання під час періоду всмоктування. На цій основі обґрунтовані залежності для визначення повної конструктивної ємності компенсатора та приведення до атмосферних умов об'єму газу, що є важливим для забезпечення необхідного рівня стабілізації тиску подачі;

- удосконалено метод розрахунку процесів дифузійної проникності матеріалу замкненої камери компенсуючого пристрою, поверхнею ущільнень при контакті з газовою і рідинною фазами з урахуванням впливу температури та напруженого стану.

- отримав подальший розвиток метод оцінки основних параметрів роботи гідроприводного розчинонасоса за рахунок визначення ступеня пульсацій тиску подачі, продуктивності, об'ємного ККД, витрати енергоживлення, які підтверджено багатфакторним експериментом та проведенням порівняльного аналізу робочих процесів розчинонасоса з електромеханічним приводом, а також відносного насичення повітрям вільної камери компенсатора;

- поглиблено наукові положення про особливості роботи спрацювання замкненої камери (пневмобалона) компенсатора через вертикальне стискування, під час його спрацювання та швидкість затухання його коливань (вібропоглинання) за рахунок визначення жорсткості цієї деформації.

Наукові положення, висновки та рекомендації, які отримані в результаті

досліджень, є достовірними, що обумовлюється коректним формулюванням задачі дослідження, застосуванням статистичного оброблення інформації, системного та емпіричного аналізу, математичного моделювання, узагальнення, а також відомих положень теоретичної механіки. Експериментальні дослідження проведені на розробленому лабораторному стенді із застосуванням методів математичного планування багатofакторних експериментів та статистичної обробки результатів за допомогою відповідних комп'ютерних програм.

Практична цінність дисертаційної роботи

За результатами теоретичних та експериментальних досліджень автором було визначено конструкційно-технологічні параметри та розроблено конструкцію гідропривідного однопоршневого розчинонасоса з комбінованим компенсатором пульсації тиску для перекачування легких бетонів і будівельних розчинів у складі малогабаритних штукатурних агрегатів та станцій. На основі узагальнення результатів досліджень автором було запропоновано рекомендації виробництву для проєктування та вибору раціональних параметрів робочого та комбінованого робочого органа. Результати впровадження гідропривідного однопоршневого розчинонасоса підтвердили економічну ефективність його застосування у виробничих умовах.

На основі отриманих результатів теоретико-експериментальних досліджень створена методика розрахунку основних параметрів роботи гідропривідного однопоршневого розчинонасоса з комбінованим компенсатором пульсації тиску, яка дозволила розробити конструкторську документацію на дослідно-виробничий зразок машини.

Дослідно-виробничий зразок агрегату використовувався під час реконструкції складського приміщення ТОВ «КОНТУР БУД ЛТД» по вул. Буровиків, 4, в м. Полтава, ТОВ «ПОЛТАВАБУДТЕХНІКА» під час заміни внутрішнього спорядження стіни складу по вул. Довженка 2а, в м. Полтава.

Розрахунковий річний економічний ефект від впровадження вказує на ефективність переобладнання розчинонасоса для перекачування штукатурних та будівельних розчинів. Переобладнання є доцільним, про що свідчать річний економічний ефект, що становить 65537,56 грн/рік, та термін окупності, який складає близько 0,3 року.

Отримані результати досліджень можуть бути використані як у машинобудуванні і будівельному виробництві, так і при виконанні наукових досліджень за відповідною тематикою.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача повністю відповідає стандарту вищої освіти за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» третього (освітньо-наукового) рівня. Структура роботи є логічною та послідовною, усі розділи взаємопов'язані між собою, а сформульовані у вступі завдання повністю вирішені у процесі дослідження. Дисертація є завершеною науковою працею, що містить самостійно отримані результати, які мають наукову новизну та практичне значення.

Звіт подібності щодо дисертаційного дослідження надає можливість зробити висновок, що всі отримані в роботі результати базуються на самостійних дослідженнях Вадима МИХАЙЛЮКА. Всі результати роботи інших авторів містять посилання на першоджерела та оформлені відповідно до вимог.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал викладено у логічній послідовності із чітким взаємозв'язком між окремими розділами. Автор коректно використовує сучасну термінологію механічної інженерії та інформаційних технологій. Результати досліджень супроводжуються достатньою кількістю рисунків, таблиць, структурних схем та математичних залежностей, що полегшує сприйняття матеріалу. Стиль викладення відповідає вимогам до дисертаційних досліджень, а окремі редакційні неточності не впливають на загальне позитивне враження від роботи.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків і списку використаних літературних джерел із 129 найменувань. Загальний обсяг складає 215 сторінок машинописного тексту, містить 72 рисунки, 30 таблиць та 5 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, викладено її зв'язок з науковими програмами та планами, сформульовано мету й основні завдання досліджень, наведено наукову новизну, практичне значення та апробацію одержаних результатів наукових досліджень.

У першому розділі «Аналіз сучасного положення створення високоефективного гідроприводного однопоршневого розчинонасоса» наведено аналіз призначення, умов роботи, вимог до сучасних розчинонасосів, існуючих конструкцій вітчизняних, закордонних конструкцій розчинонасосів та розчинонасосів з застосуванням гідравлічних приводів, конструкцій існуючих компенсуючих пристроїв та умов їх акумулювання рідинного середовища, передумов створення високоефективного компенсуючого пристрою для зниження ступеня пульсацій тиску подачі розчинних сумішей різної рухомості. Обґрунтовано вибір конструктивної схеми гідропривідного однопоршневого розчинонасоса з комбінованим компенсатором пульсації тиску для проведення дослідження.

У другому розділі «Теоретичні дослідження робочих процесів гідравлічного розчинонасоса з комбінованим компенсатором пульсації тиску та порівняльний аналіз з роботою розчинонасоса з комбінованим компенсатором збільшеного об'єму» здобувачем наведено теоретичний аналіз робочого процесу транспортування будівельних сумішей гідропривідного однопоршневого розчинонасоса на основі розробки математичних моделей і залежностей, які описують визначення ступеня пульсацій тиску при подачі розчину в трубопровід розчинонасоса, визначення загального компенсуючого об'єму повітря комбінованого компенсатора за роботою акумулювання розчину, визначення ступеня пульсацій під час подачі розчину розчинонасосом залежно від тиску подачі, зміну тиску подачі розчинної суміші виникнення розчину у гідравлічній частині гідроприводного розчинонасоса методом комп'ютерного моделювання, визначення раціональної висоти підйому кульки

клапанів залежно від величини ступенів пульсацій тиску розчину, а також визначення основних параметрів розчинонасоса – об'ємного ККД, потужності. Досліджено дифузійна проникність середовища матеріалу замкненої камери компенсуючого пристрою.

У третьому розділі «Експериментальні дослідження визначення технічних параметрів роботи гідроприводного розчинонасоса та порівняльний аналіз з розчинонасосом з комбінованим компенсатором збільшеного об'єму» наведено програму експериментальних досліджень, опис експериментального обладнання та розроблені методики проведення, оброблення та аналізу експериментальних даних.

Проведено обробку експериментальних даних:

- дослідження умов роботи розчинонасосів з різними приводами, враховуючи ступінь пульсацій тиску подачі розчину в трубопровід (визначення ступеня пульсацій тиску розчину у трубопровід і порівняння результатів теоретичних та експериментальних досліджень; продуктивності однопоршневого розчинонасоса з комбінованими компенсаторами різного конструктивного рішення; визначення витрат потужності, необхідних для роботи розчинонасоса з комбінованими компенсаторами різних конструктивних рішень);

- дослідження визначення жорсткості пневмобалона, як замкненої камери через вертикальне стискування;

- дослідження швидкості затухання коливань (вібропоглинання) пневмобалона як замкненої камери;

- визначення відносного насичення повітрям вільної камери компенсатора;

- аналіз дифузійної проникності газової та рідинної фази на матеріал замкненої камери комбінованого компенсатора пульсації тиску.

У четвертому розділі «Методика визначення основних показників однопоршневого гідроприводного розчинонасоса з комбінованим компенсатором пульсації тиску» представлено технічні характеристики однопоршневого розчинонасоса різними приводами та з комбінованими компенсаторами, визначення основних показників роботи гідроприводного розчинонасоса комбінованим компенсатором пульсації тиску, рекомендації з подальшого удосконалювання конструкції гідроприводного однопоршневого розчинонасоса з комбінованим компенсатором збільшеного об'єму.

У висновках наведено найбільш важливі наукові та практичні результати, які були отримані автором за результатами досліджень. Матеріали дисертації достатньо проілюстровані схемами, рисунками, графіками і таблицями. Загальні висновки і рекомендації у дисертації є наслідком проведених здобувачем наукових досліджень, які в достатній мірі відображають основні результати роботи

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Основні положення й результати дисертації опубліковано в 7 наукових працях у фахових періодичних виданнях України, а також доповідалися та обговорювалися в період 2023 – 2026 рр. на Міжнародних та Всеукраїнських конференціях Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Луцького національного технічного університету, Національного університету

«Чернігівська політехніка», Київського національного університету будівництва і архітектури.

Також результати дисертаційних досліджень доповідалися на круглих столах, наукових семінарах та науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів та студентів Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Опубліковані статті в достатній мірі відображають основні наукові результати досліджень, що наведені у розділах дисертаційної роботи, та відповідають вимогам МОН України до дисертаційних робіт на здобуття ступеня доктора філософії.

У наукових роботах, опублікованих у співавторстві, та в дисертаційній роботі використані лише ті результати, які становлять індивідуальний внесок здобувача.

Зауваження та пропозиції до дисертаційної роботи.

1. Не зовсім коректно сформульована наукова новизна дисертаційної роботи, хоча отримані результати досліджень, що наведені в роботі, свідчать про їх новий важливий внесок у розвиток наукових засад щодо ефективного застосування конструкцій сучасного будівельного машинобудування та механізації оздоблювальних процесів.

2. Незрозуміло з аналізу конструкцій існуючих насосів, яка з них є конкурентом за технічними параметрами та призначенням за середовищем, що перекачується.

3. Бажано врахувати в математичній моделі параметри рухомості розчинної суміші як фактору впливу на опір руху гідравлічною частиною розчинонасоса.

4. За якими критеріями і умовами визначалися $k_{к.з.с}$, $k_{к.з.г}$ – коефіцієнти ефективності застосування площі поверхні замкненої камери під час акумулювальної дії на розчин та опору гумотканинної оболонки замкненої камери до моменту акумулювання розчину? Чому в дисертації не висвітлені експериментальні дослідження визначення відповідних коефіцієнтів з елементами замкненої камери: для замкненої камери комбінованого компенсатора збільшеного об'єму $k_{к.з.с} = 1,05$, $k_{к.з.г} = 1,01$, для замкненої камери комбінованого компенсатора пульсації тиску $k_{к.з.с} = 0,98$, $k_{к.з.г} = 0,99$?

5. Бажано було б провести теоретичні дослідження визначення ступеня пульсацій тиску подачі при зміні акумулювального об'єму повітря у вільній камері компенсатора.

6. Аналіз процесу виникнення тиску подачі розчину у гідравлічній частині гідропривідного розчинонасоса методом комп'ютерного моделювання має недостатній апарат варіювання параметрами роботи компенсуючого пристрою. Чи враховувався закон руху робочого органу під час створення моделей?

7. Встановлено, що при використанні компенсатора збільшеного об'єму пульсації тиску зростають на 1,5–4 % порівняно із запропонованим комбінованим компенсатором, а розбіжність теоретичних та експериментальних результатів не перевищує 5 %. Разом із тим, бажано було б зазначити довірчі інтервали або статистичні характеристики експериментальних результатів, що дозволило б повніше оцінити достовірність установлених закономірностей.

8. У дисертації недостатньо висвітлено питання довговічності циліндро-поршневої групи (робочого органа) елементів компенсатора при тривалій експлуатації, що на сучасному етапі розвитку насособудування є актуальним.

В цілому, наведені зауваження істотно не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, мають переважно рекомендаційний характер і не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота **МИХАЙЛИКА Вадима Григоровича** на тему: «Обґрунтування параметрів робочих процесів гідроприводного однопоршневого розчинонасоса з комбінованим компенсатором пульсації тиску», виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є завершеним науковим дослідженням, результати якого дозволяють підвищити технологічну ефективність транспортування розчинних сумішей по трубах до місця укладки чи нанесення на оздоблювальні поверхні будівель шляхом обґрунтування раціональних конструкційно-технологічних параметрів гідравлічної частини розчинонасоса та комбінованого компенсатора із застосуванням гідравлічного привода. Теоретичні положення дисертації та їх практичне застосування вносять істотний вклад в наукові знання та можуть бути основою для розроблення нових і вдосконалення існуючих конструкцій розчинонасосів для транспортування легких бетонів та розчинів різної рухомості.

Представлена дисертаційна робота за актуальністю теми, науковою новизною та практичною цінністю отриманих результатів досліджень відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти» за № 44 від 12.01.2022 р., а її автор **МИХАЙЛИК Вадим Григорович** заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

Офіційний опонент:

Заслужений діяч науки і техніки України
завідувач кафедри галузевого машинобудування,
доктор технічних наук, професор,
академік Підйомно-транспортної академії наук України

Леонід ПОЛЩУК