

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ІНТЕНСИВНОСТІ ВИДАЛЕННЯ ПОВІТРЯ З КОМПЕНСАТОРА ПУЛЬСАЦІЇ ТИСКУ (КОВПАКА) ОДНОПОРШНЕВОГО РОЗЧИНОНАСОСА З УРАХУВАННЯМ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ІНТЕНСИВНОСТІ ВИДАЛЕННЯ СТИСНЕНОГО ПОВІТРЯ ІЗ ПОВІТРЯНОГО КОВПАКА

Проведено дослідження інтенсивності видалення повітря з ковпака однопоршневого розчинонасоса і на їх основі визначено коефіцієнти інтенсивності видалення повітря з компенсатора пульсації тиску для різних рухомостей розчину.

Ключові слова: компенсатор пульсації тиску (ковпак), рухомість розчину, стиснене повітря, інтенсивність видалення повітря.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. За останні тридцять років на кафедрі будівельних машин та обладнання імені Олександра Онищенка Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка (раніше – Полтавського інженерно-будівельного інституту) під керівництвом нажаль нині покійного, професора Онищенка О.Г. за участю членів кафедри і лабораторії ГНДЛМРПБ розроблялись, створювались, досліджувались і продовжують створюватись оригінальні високоефективні конструкції машин для механізації ручної праці в будівництві. Проведені дослідження дали можливість проаналізувати проблему видалення повітря з компенсаторів однопоршневих розчинонасосів і подальшому створенні високоефективних компенсаторів пульсації тиску з розділеною повітряною і розчинною фазами.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Важливим негативним явищем при перекачуванні будівельних розчинів є видалення стисненого повітря із компенсаторів відкритого типу.

Думки про відношення стану контакту рідини з повітрям в компенсаторах різноманітні. Тут маєтся на увазі ступінь розчинності повітря в рідині, перемішування повітря з рідиною і видалення його з компенсатора під час проходження циркулюючої рідини.

Із існуючих літературних джерел [1] можна відмітити висловлювання по цьому питанню М.Х. Султанова, котрий вважає, що при об'ємі компенсатора в 350 л і подачі насоса 50 л/с, при високих тисках, повітря, яке розміщене в компенсаторі, розчиняється в рідині, унаслідок безперервного проходження останньої через компенсатор і поступово убуває. Далі указується, що через 13,3 хвилини повітря повністю видаляється з компенсатора. Ці висновки по цьому питанню М.Х. Султанов засновує на дослідах по визначенню розчинності повітря в нафтопродуктах. Але ці дані не можна зрівнювати з роботою компенсаторів для розчинонасосів із-за різниці розчинності повітря в нафтопродуктах, у воді і будівельних розчинах.

Відомі експериментальні дані [1], які проведені при перекачуванні води і глиняних розчинів з питомою вагою 1,22; 1,28; і 1,6 г/см³, з тривалістю перекачування, яка коливалася від 1 години 45 хвилин до 4 годин 45 хвилин при подачі насоса 260 л/хв і тиску 5 МПа. При перекачуванні глиняного розчину, який має указані вище

параметри, було встановлено, що об'єм стисненого повітря в компенсаторі, приведений до атмосферного тиску, практично не змінився.

Результати за швидкісною зміною об'ємного стиснення й розширення будівельного розчину [2] повністю узгоджується з літературними даними [3] про те, що час насичення масла повітрям, залежно від умов контакту цих середовищ, складає від 200 годин для нерухокої поверхні розділу масло-повітря до малих часток секунди для потоку рідини разом з повітрям. У даному джерелі також повідомляється, що "закипання" масла під дією зниження зовнішнього тиску, а також розчинення дуже дрібних бульбашок повітря, які утворилися під час "закипання" при підвищенні тиску, здійснюється дуже швидко.

Відомо, що масло або нафта скоріше, ніж вода або будівельний розчин створюють газорідну систему шляхом насичення контактного шару [3]. Тому можна припустити, що на насичення води і розчину повітрям знадобиться більше часу, який практично не впливатиме на роботу компенсатора.

Інакше стоїть справа з інтенсивністю перемішування й видалення повітря в повітряних ковпаках насосів. Незначний об'єм ковпака при істотних коливаннях у ньому рівня рідини з повітрям сприяє видаленню повітря у напірну лінію. При цьому амортизаційні властивості в якійсь мірі зберігаються, але не за рахунок повітря, а за рахунок пружних властивостей рідини, що перекачується, і матеріалу, із якого виготовлений нагнітальний трубопровід. Уже відзначалося, що для будь-якого насоса для одержання практично необхідного ступеня нерівномірності тиску цих властивостей недостатньо.

Для досягнення ступеня нерівномірності тиску $\delta \leq 0,025$ при звичайних умовах експлуатації необхідно мати збільшений за об'ємом повітряний ковпак. Як відмічає Г.Б. Івянський [4] ємність ковпака розчинонасоса повинна бути не менше від 50 л, що при його діаметрі 150 мм матиме висоту біля 2800 мм. Такі габаритні розміри ковпака дуже великі й явно недопустимі з експлуатаційної точки зору. Існує твердження І.А.Чарного [1], що ковпак великих розмірів, майже при повній відсутності повітря в ньому, все ж спроможний в деякій мірі зменшувати пульсацію тиску за рахунок пружності перекачуваної рідини, стінок ковпака і нагнітальних труб.

Задовільне згладжування пульсації подачі розчину за допомогою повітряного ковпака здійснюється лише при низькому тиску і при великому об'ємі ковпака.

Експериментальні дані [4] свідчать про те, що рівень коливання тиску перекачуваного розчину, не перевищує 25–30%, якщо ковпак має об'єм 4–5 л, а тиск подачі складає не більше, ніж 1,5 МПа. Такий же рівень пульсації тиску в ковпаках об'ємом 10-15 л дає можливість підняти тиск до 2,5-3,0 МПа [4].

Збільшення робочого тиску розчину вище рівня 2,5 МПа робить повітряний компенсатор неефективним. Необхідно також враховувати те, що, як показує виробнича практика, після роботи розчинонасоса при тиску 4–5 МПа в ковпаку взагалі не виявляється наявності повітря [4].

Іноді для підвищення ефективності роботи повітряного ковпака в нього при роботі насоса через зворотний клапан закачується стиснуте повітря. Звичайно, таке підкачування буде впливати позитивно, тому що воно здійснює такий же вплив, як і збільшення об'єму ковпака. Але підкачувати повітря при роботі насоса на високому тиску технічно складно, оскільки поршневі компресори звичайно допускають стиснення повітря до 0,7 МПа.

Для вирішення даної проблеми були проведені експериментальні роботи [4] з розчинонасосом С-263 шляхом перекачування різних розчинів з ковпаками ємністю 2,2, 4,4, 6,6, і 8,8 л як без введення, так і з уведенням в ковпак стисненого повітря. Експерименти показали, що при роботі без введення стисненого повітря збільшення

ємності ковпака, як і варто було очікувати, зменшує пульсацію тиску. При тиску подачі до 0,6–0,8 МПа і введенні стисненого повітря достатня рівномірність руху розчину в магістралі спостерігалася вже при ковпаку ємністю 6,6 л. На основі експериментів було встановлено, що для забезпечення достатньо рівномірної пульсації тиску розчину необхідно встановлювати ковпаки ємністю 8–10 л, маючи на увазі, що буде здійснюватися підкачка повітря.

Зрозуміло, що для розчинонасосів, які розвивають високий тиск, необхідно застосовувати компенсатори інших конструкцій. Для вирішення проблем, які виникають при роботі повітряних ковпаків, актуальним постало питання у використанні компенсаторів закритого типу, конструкції яких описані вище. Це пояснюється тим, що у таких компенсаторів компенсаційний об'єм стисненого повітря розділений від перекачуваної рідини, за рахунок чого не відбувається видалення компенсуючого повітря чи газу впродовж роботи насоса. При цьому компенсуюча здатність пристрою стає стабільною.

Постановка завдання. Ефективним способом в ряді сучасних розчинонасосів зниження пульсації розчину використання компенсаторів тиску у вигляді повітряних ковпаків різного об'єму а також використання привода, що забезпечує зворотно-поступальний рух робочого органа з постійною швидкістю.

Такі компенсатори прості за конструкцією і при тільки достатньому об'ємі та невисокому тиску подачі здійснюють задовільне згладжування пульсації.

Повітряний компенсатор, поряд з перевагами, володіє суттєвими недоліками. Основний їх недолік полягає в інтенсивному видаленні стиснутого повітря із ковпака в процесі роботи розчинонасоса, яке має безпосередній контакт з перекачуваним розчином. Особливо сильно прискорюється видалення повітря при підвищеному тиску подачі (вище 1,2 МПа). При цьому згладжуюча дія компенсатора суттєво знижується, а пульсація зростає. Оскільки вказані рівні тиску подачі при механізованому нанесенні штукатурних розчинів на оброблюванні поверхні будівель способом безкомпресорного соплування є звичайними, зростання пульсації подачі при видаленні стиснутого повітря із ковпака негативно впливатиме на якість штукатурних робіт, зношування обладнання та фізичний стан штукатура.

Крім тиску подачі, на інтенсивність видалення стиснутого повітря має впливати рухомість перекачуваних розчинів.

Але незважаючи на важливість значення закономірностей видалення стиснутого повітря із ковпаків під час роботи розчинонасосів у різних умовах, цей процес на даний час ще недостатньо вивчений.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для підтвердження і оцінювання отриманих теоретичних даних, щодо інтенсивності видалення повітря з ковпака однопоршневого розчинонасоса при перекачуванні будівельних розчинів різної рухомості було створено випробувальний стенд (рисунок 1). Стенд спроектовано з урахуванням вимог і умов, які приділяються технологічним комплексам для подачі розчинів на будівельних майданчиках.

Аналіз отриманих результатів дає можливість зробити наступні висновки:

1. Результати випробувань (рисунок 2) [5] свідчать про те, що під час роботи розчинонасоса стиснуте повітря відносно швидко видаляється з ковпака перекачуваним розчином. При цьому величина швидкості видалення повітря значною мірою залежить від тиску подачі.

Чим вищий цей тиск, тим більша швидкість видалення стиснутого повітря. Якщо при тиску 0,9 МПа за три години перекачування розчинів рухомістю ОК 8, 10 і 12 см було видалено відповідно 2,57, 2,45 і 2,04 дм³ приведенного повітря, то при тиску 1,7 МПа – вже 6,56, 5,31 і 4,18 дм³ (рисунок 2) [5]. Такий результат частково

пояснюється законом Генрі. Чим вищий цей тиск, тим більша швидкість видалення стиснутого повітря. Якщо при тиску 0,9 МПа за три години перекачування розчинів рухомістю ОК 8, 10 і 12 см було видалено відповідно 2,57, 2,45 і 2,04 дм³ приведенного повітря, то при тиску 1,7 МПа – вже 6,56, 5,31 і 4,18 дм³. Такий результат частково пояснюється законом Генрі.

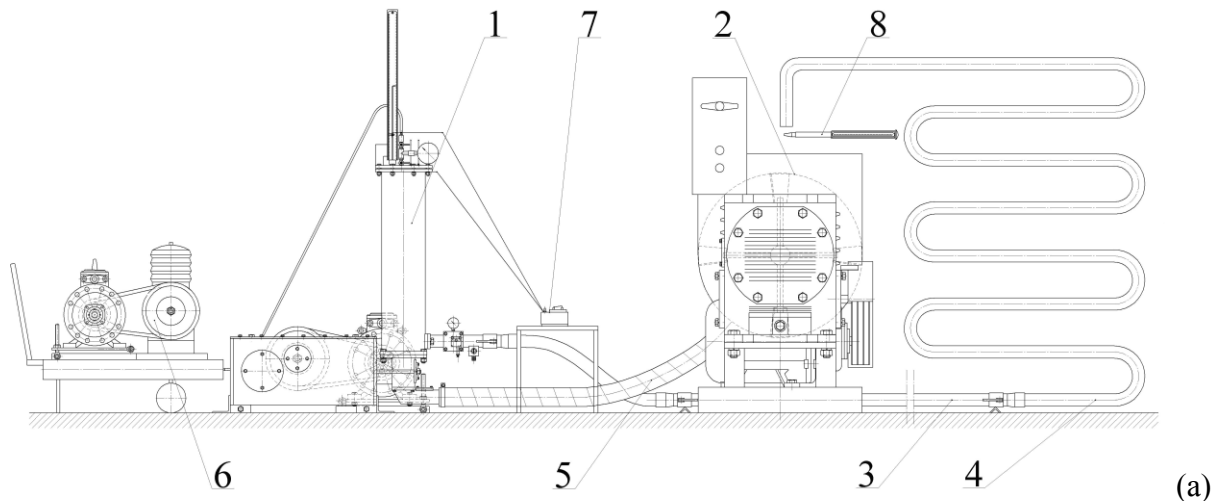


Рисунок 1 – Експериментальний стенд для визначення інтенсивності видалення повітря з ковпака при перекачуванні розчинів рухомістю ОК 8, 10, 12 см і при середніх тисках подачі $p = 0,9$ МПа, $p = 1,2$ МПа, $p = 1,7$ МПа: а – конструктивна схема:

1 – розчинонасос; 2 – змішувач; 3 – металеві трубопроводи; 4 – гумотканинний патрубок; 5 – всмоктувальний патрубок; 6 – компресор; 7 – міліамперметр; б – вид загальний

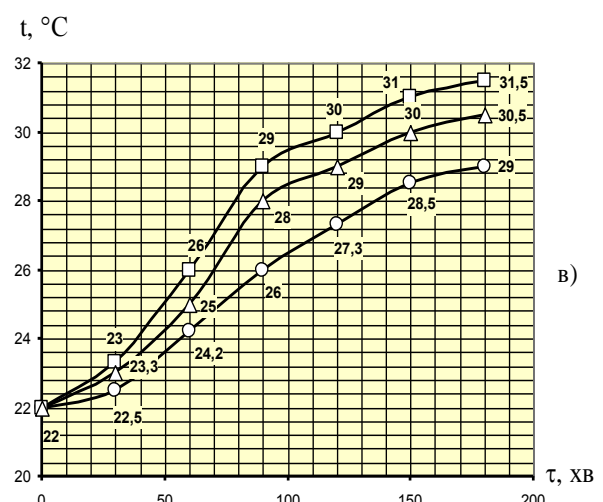
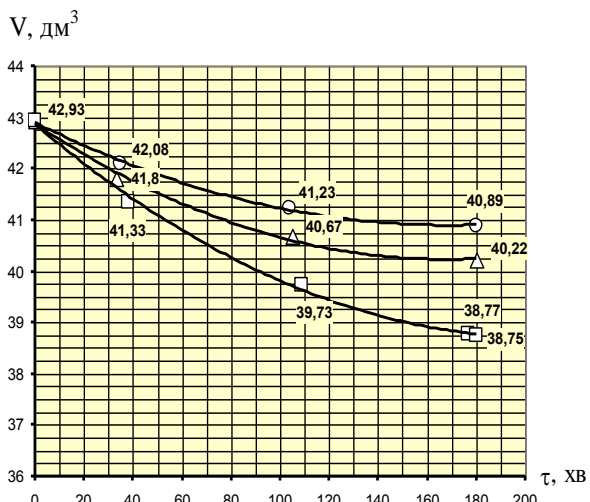
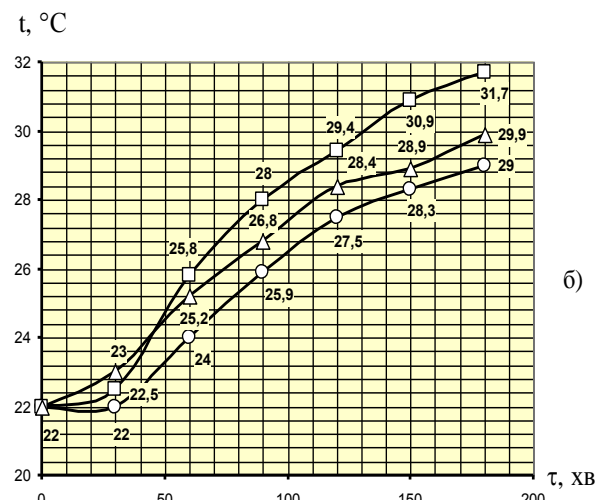
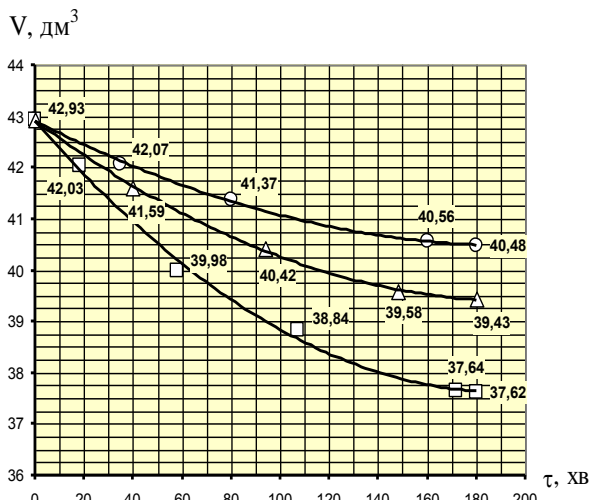
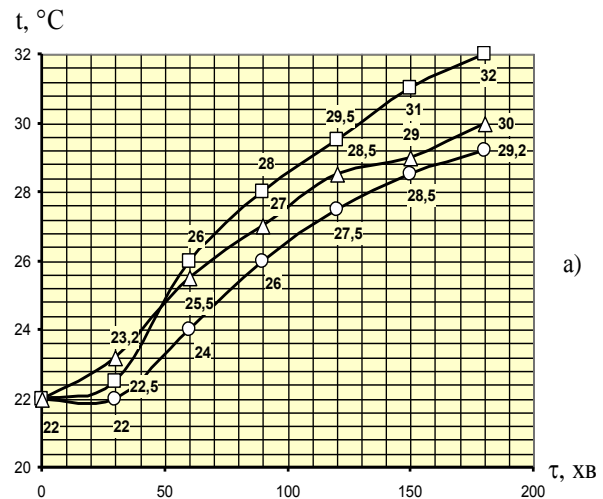
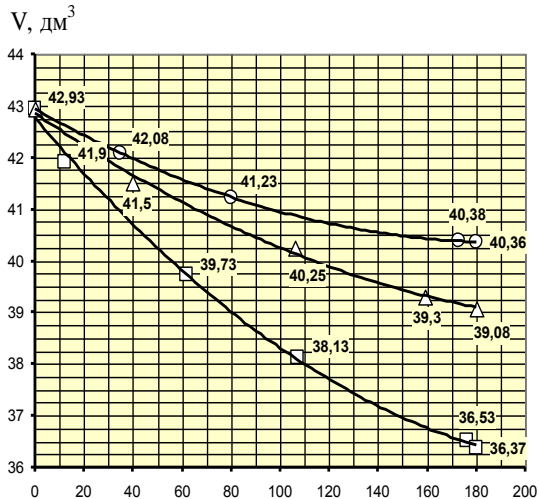


Рисунок 2 – Зміни приведенного об'єму стиснутого повітря в ковпаку та температури розчинів під час перекачування розчинів рухомістю ОК 8 (а), ОК 10 (б) і ОК 12 (в) при середньому тиску подачі: о – 0,9 МПа; Δ – 1,2 МПа; □ – 1,7 МПа

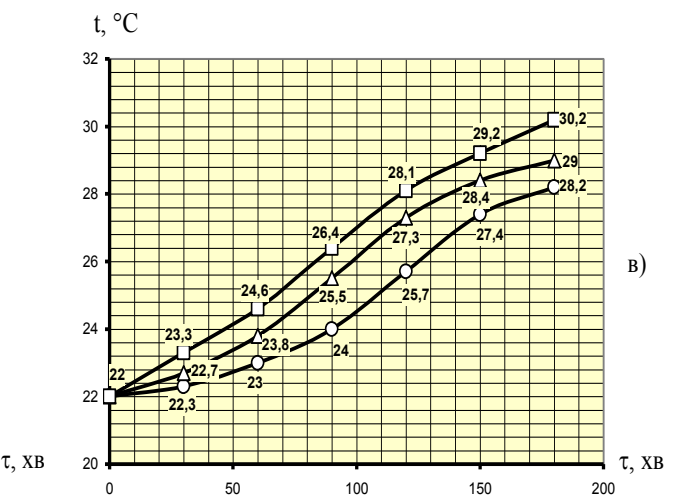
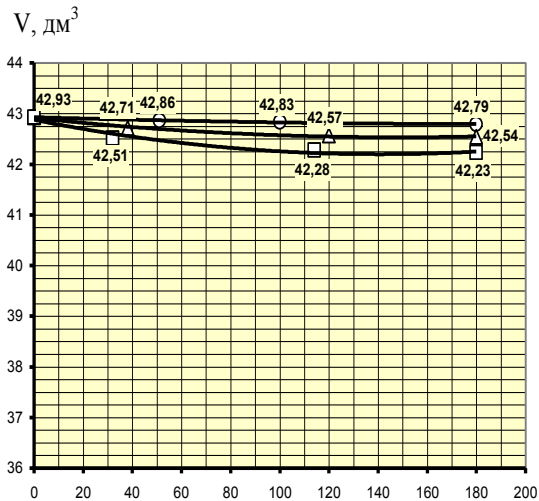
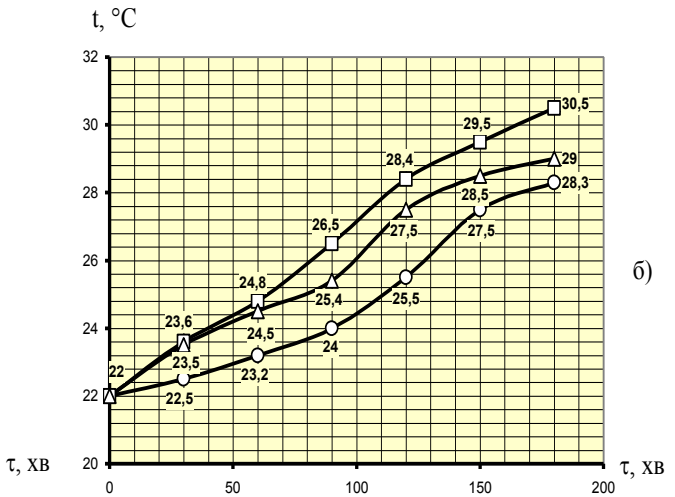
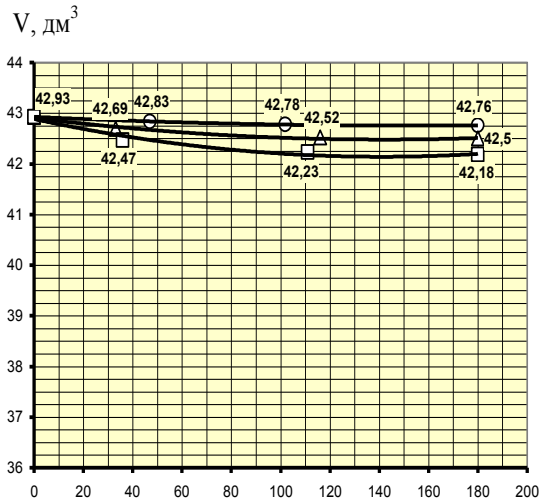
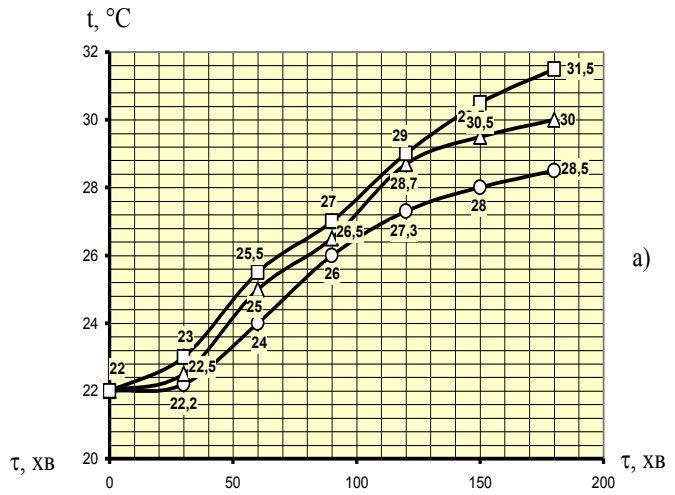
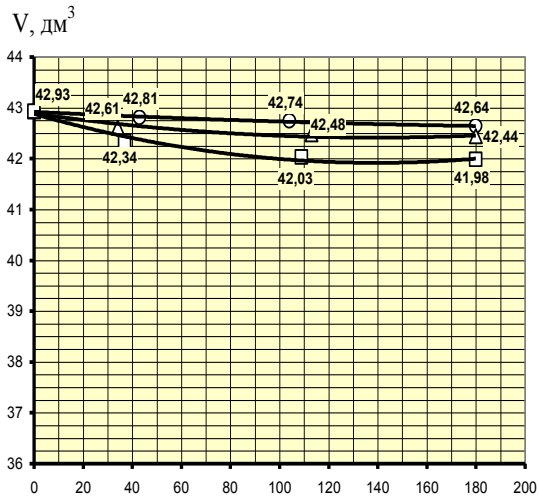


Рисунок 3 – Зміни приведенного об'єму стиснутого повітря в ковпаку з перегородкою (поплавком) та температури розчинів під час перекачування розчинів рухомістю ОК 8 (а), ОК 10 (б) і ОК 12 (в) при середньому тиску подачі: ○ – 0,9 МПа; Δ – 1,2 МПа; □ – 1,7 МПа

Також на швидкість видалення стиснутого повітря в ковпаку впливає пульсація розчину, а точніше амплітуда коливань розчину в ковпаку, за рахунок якої здійснюється більш інтенсивне перемішування розчину з контактуючим повітрям.

2. Крім тиску подачі, на швидкість видалення стиснутого повітря впливає рухомість перекачуваних розчинів. Як видно з графіків рисунок 2, зниження рухомості розчину підвищує швидкість видалення повітря.

Так, при зниженні рухомості з ОК 12 до 10 і 8 см при тиску 1,7 МПа приведений об'єм видаленого повітря збільшується відповідно з 4,18, 5,31 і до 6,56 дм³.

3. Швидкість видалення повітря з часом трохи уповільнюється, про що свідчить зменшення кутів нахилу кривих $V = f(\tau)$.

Цю обставину можна пояснити двома причинами. По-перше, згодом об'єм стиснутого повітря в ковпаку зменшується, а стовпчик розчину в ньому, навпаки, підвищується, що спричиняє зменшення взаємодії стиснутого повітря з розчином, а також зменшення інтенсивності перемішування розчину. По-друге, поступове зниження швидкості видалення повітря із ковпака зумовлено підвищенням температури перекачуваного розчину, внаслідок чого зменшується коефіцієнт розчинності повітря в розчині [6]. Як видно з кривих (рисунок 2) [5] при збільшенні температури особливо на кінцевому проміжку часу кути нахилу кривих особливо це стосується кривих при ОК 10, 12 розчину прямують до нуля. Тому при підвищенні температури розчину в літній період до 40° С і вище, як насичення, так спливання пухирців повітря з розчину у ковпаку призводить до зупинення видалення повітря в ковпаку.

4. Одним з основних факторів який впливає на інтенсивність видалення повітря з ковпака є об'єм контакту повітря з розчином, і чим нижче стовпчик розчину в ковпаку тим менша швидкість перемішування.

Також чим більша площа контакту розчину зі стисненим повітрям, тим більша інтенсивність видалення повітря з ковпака. Тому для зменшення площі контакту розчину з повітрям було встановлено в середині ковпака перегородку (поплавок). За рахунок перегородки (поплавок) площа контакту зменшилася з 1,9606 дм² до 0,1461 дм² (рисунок 3) [5]. Експериментальні дані свідчать про те, що введення в ковпак перегородки суттєво зменшили інтенсивність видалення повітря з ковпака.

Так, при зниженні рухомості з ОК 12 до 10 і 8 см при тиску 1,7 МПа приведений об'єм повітря у ковпаку без перегородки по відношенню до об'єму видаленого повітря з перегородкою, змінився відповідно з 4,18, до 0,7, з 5,31 до 0,75 і з 6,56 до 0,95 дм³ (рисунок 3, 4) [5].

Висновки, зроблені на основі результатів експериментів по визначенню інтенсивності видалення повітря з ковпака, є практичним підтвердженням теоретичного аналізу зміни об'єму стиснутого повітря в ковпаку.

Експериментальні дані по інтенсивності видалення повітря з ковпака різної рухомості дають нам можливість уточнити параметри які в частковій мірі характеризують даний процес. Результати визначення вказаних параметрів на основі експериментальних даних наведені в таблицях 1, 2 (рисунок 4) а також залежності (1)

$$\alpha = \frac{\Delta V_{нов}}{\int_0^{\tau} \left(\frac{c_n - c}{c} \right)^A \cdot \left(\frac{P_{cp}}{P_0} \right)^B d\tau} = \frac{\Delta V_{нов}}{\int_0^{\tau} \left(\frac{k \cdot V_{вод.роз} \cdot \frac{P_{cp}}{P_0} - V_{р.нов.}}{V_{р.нов.}} \right)^A \cdot \left(\frac{P_{cp}}{P_0} \right)^B d\tau}, \quad (1)$$

де c – поточна концентрація розчиненого повітря в воді розчину;

$c_{нас}$ – рівноважна концентрація розчиненого повітря, яка змінюється з плином часу;
 p_{cp} – середній тиск, при якому все вільне повітря, яке знаходиться в розчині у вигляді дрібних бульбашок, розчиняється у воді розчину; p_0 – атмосферний тиск; A, B – показники степеня (знаходяться експериментально в залежності від температури) α – коефіцієнт інтенсивності насичення-розчинення повітря в воді розчину. $\frac{c_{нас} - c}{c}$ –

характеризує недостачу газу (повітря) до рівноваги, вираз $\frac{p_{cp}}{p_0}$ – характеризує частоту зіткнень молекул газу з поверхнею розділу. $c, c_{нас} p_{cp}$ – функції від часу, які визначаємо в результаті обробки для кожного з експериментів.

Коефіцієнти інтенсивності видалення повітря з ковпака отримані в результаті обробки експериментальних даних, а також розраховані з урахуванням вище проаналізованих факторів впливу на процес видалення.

Таблиця 1 – Параметри, які характеризують інтенсивність видалення повітря з ковпака

ОК			8	9	10
E , № п/п	Висота стовпа повітря H , дм	Середній тиск подачі p_{cp} , МПа	Коефіцієнт інтенсивності видалення повітря з ковпака, α		
1.	2,4329	0,9	0,00383	0,00379	0,00373
2.	1,8247	1,2	0,00368	0,0035	0,00314
3.	1,2880	1,7	0,00343	0,0029	0,00241

Таблиця 2 – Параметри, які характеризують інтенсивність видалення повітря з ковпака з перегородкою

ОК		8		9		10	
E , № п/п	Середній тиск подачі p_{cp} , МПа	Висота стовпа повітря H , дм	Коефіцієнт інтенсивності видалення повітря з ковпака, α	Висота стовпа повітря H , дм	Коефіцієнт інтенсивності і видалення повітря з ковпака, α	Висота стовпа повітря H , дм	Коефіцієнт інтенсивності і видалення повітря з ковпака, α
1.	0,9	2,47	0,00089	2,46	0,00085	2,445	0,00071
2.	1,2	1,82	0,00081	1,78	0,00072	1,735	0,00065
3.	1,7	1,26	0,00069	1,25	0,00063	1,29	0,00062

Визначені коефіцієнти інтенсивності видалення повітря з ковпака характеризують кількісно поточну концентрацію повітря, яке розчинилося на основі закону Генрі, а також повітря яке замішувалося з розчином в процесі зміни поверхні розчину в зоні контакту розчину з повітрям. Тобто коефіцієнти інтенсивності видалення повітря з ковпака показують кількісно яка частка повітря видаляється за хвилину в 0,1 МПа.

Таким чином, експериментальні дані по визначенню інтенсивності видалення закачаного повітря з ковпака розчинонасоса при перекачуванні розчинів різної рухомості узгоджуються із висунутими раніше гіпотезами і розробленими на їх основі математичними залежностями.

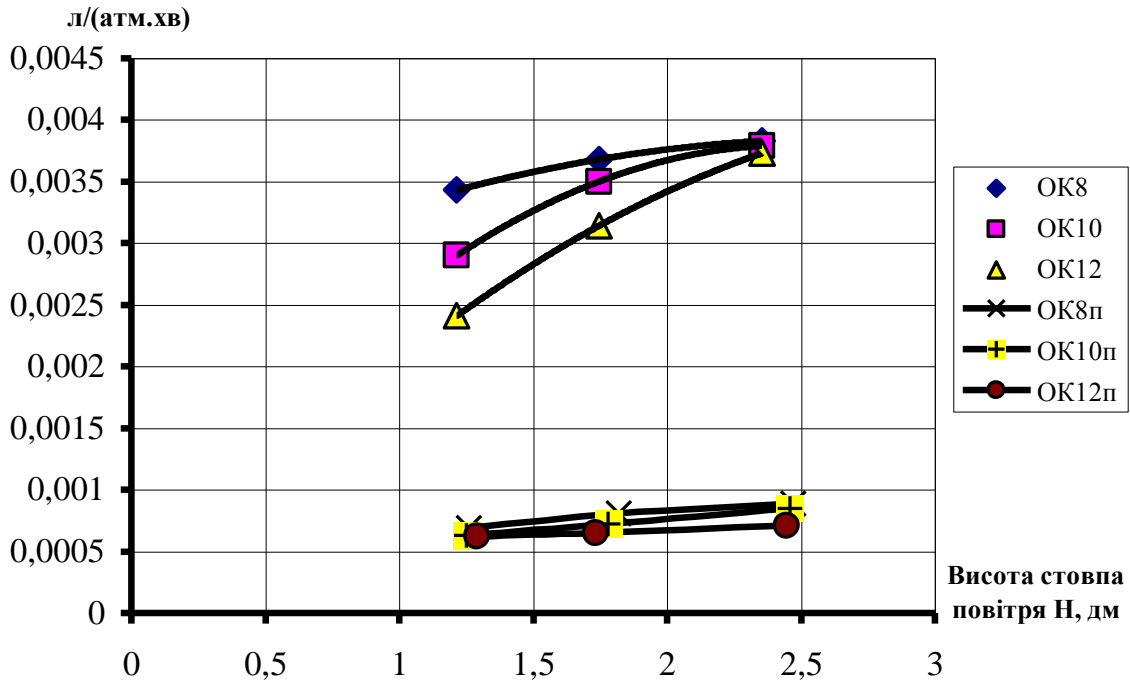


Рисунок 4 – Теоретико-експериментальні залежності коефіцієнтів α інтенсивності видалення повітря з ковпака в залежності від висоти стовпа повітря H стиснутого в ковпаку як вільним контактом з розчином так і з перегородкою (поплавком) під час перекачування розчинів рухомістю ОК 8, ОК 10 і ОК 12 при середньому тиску подачі: 0,9 МПа; 1,2 МПа; 1,7 МПа

Висновки

З урахуванням всіх чинників, які впливають на інтенсивність видалення закачаного повітря з ковпака і ведуть до висновку у необхідності створення компенсаторів в яких об'єм закачаного повітря контактуючого з розчином звести до мінімуму, виникає необхідність введення в ковпак перегородки, або повного розділення рідинної фази – розчину з повітряною – закачанним повітрям, тобто створенням компенсуючої повітряної камери з еластичним розподільвачем. В цьому і виникає перспектива розвитку простих за конструкцією компенсаторів пульсації тиску однопоршневих розчинонасосів.

Література

1. Сулейманов, М.М. Обязка буровых насосов. – Баку Азернефтнеишр, 1960.
2. Кукоба, А.Т., Коробко, Б.О., Васильев, А.В. Изменение объёма растворной смеси при перекачивании растворонасосом //Механизация строительства.–2000. – № 3.
3. Скрицкий, В.Я., Рокшевский, В.А. Эксплуатация промышленных гидроприводов. – М.: Машиностроение, 1984. – 176 с.
4. Ивянский, Г.Б. Транспорт строительных растворов по трубам. – М.: Госстройиздат, 1957. – 187 с
5. Васильев, А. В., Шаповал, М. В., Уст'янцев, В. У., Яневич, Ю. В. Дослідження швидкості видалення стиснутого повітря з повітряного ковпака розчинонасоса // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / Полт. держ. техн. ун-т. ім. Юрія Кондратюка. Редкол.: О. Г. Онищенко (головний. редактор) та інші. – Вип. 8. – Полтава: ПДТУ імені Юрія Кондратюка, 2002. – С. 8-11.

6. *Механика жидкости и газа Лойцянский Л.Г., Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1973, издание четвёртое, переработанное и дополненное.*

*Надійшла до редакції 27.10.2011
© М.В. Шаповал*

Н.В. Шаповал, ст. преподаватель

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ИНТЕНСИВНОСТИ УДАЛЕНИЯ ВОЗДУХА ИЗ
КОМПЕНСАТОРА ПУЛЬСАЦИИ ДАВЛЕНИЯ (КОЛПАКА)
ОДНОПОРШНЕВОГО РАСТВОРОНАСОСА С УЧЁТОМ РЕЗУЛЬТАТОВ
ИССЛЕДОВАНИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ УДАЛЕНИЯ СЖАТОГО ВОЗДУХА ИЗ
ВОЗДУШНОГО КОЛПАКА**

Проведено исследования интенсивности удаления воздуха из колпака однопоршневого растворонасоса и на их основе определено коэффициенты интенсивности удаления воздуха из компенсатора пульсации давления для разных подвижностей раствора.

***Ключевые слова:** компенсатор пульсации давления (колпак), подвижность раствора, сжатый воздух, интенсивность удаления воздуха.*

N.V.Shapoval, senior teacher

Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk

**DEFINITION OF THE INDEX OF INTENSITY OF REMOVAL OF AIR FROM THE
COMPENSATOR OF THE PULSATION OF PRESSION (BELL JAR) OF THE ONE-
PISTON MORTAR PUMP WITH THE ACCOUNT OF RESULTS OF RESEARCHES
OF INTENSITY OF REMOVAL OF THE PRESSURE AIR FROM THE AIR BELL
JAR**

It is carried out researches of intensity of removal of air from a bell jar of the one-piston mortar pump and on their basis it is defined factors of intensity of removal of air from the compensator of a pulsation of preSSION for different movabilities of a solution.

***Key words:** the compensator of a pulsation of preSSION (bell jar), movability of a solution, a pressure air, intensity of removal of air.*