

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

## **ЗМЕНШЕННЯ ПУЛЬСАЦІЇ ТИСКУ РОЗЧИНОВОЇ СУМІШІ ШЛЯХОМ ЗМІНИ ЗАКОНУ РУХУ РОБОЧОГО ОРГАНА РОЗЧИНОНАСОСА**

*Розглядається конструкція однопоршневого розчинонасоса РНЗ,8А з гідравлічним компенсатором пульсації тиску та вплив зменшення пульсації тиску розчинової суміші за допомогою регулятора частоти електричного струму та пристрою, який забезпечує зміну частоти електричного струму на ефективність його роботи.*

*Ключові слова: розчинонасос, пульсація тиску подачі, розчинова суміш, регулятор частоти електричного струму.*

*Рассматривается конструкция однопоршневого растворонасоса РНЗ,8А с гидравлическим компенсатором пульсации давления и влияние уменьшения пульсации давления растворной смеси с помощью регулятора частоты электрического тока и устройства, которое обеспечивает изменение частоты электрического тока на эффективность его работы.*

*Ключевые слова: растворонасос, пульсация давления подачи, растворная смесь, регулятор частоты электрического тока.*

*The construction of onepiston mortar-pump РНЗ,8А with hydraulic compensator of mortar pressure pulsation and influence of pressure pulsation diminishing by the regulator of electric current frequency regulator and device, which provide change of electric current frequency on his work efficiency is considered.*

*Key words: mortar-pump, pulsation of feeding pressure, mortar, electric current frequency regulartor.*

**Постановка проблеми.** Розчинонасоси, які приводяться в дію від електромеханічного привода, до складу якого входить кривошипно-шатунний механізм, мають суттєвий недолік, а саме: оскільки закон руху такого механізму є близьким до синусоїдального, то поблизу від «мертвих» точок швидкість руху робочого органа дуже незначна, що в результаті призводить до виникнення помітної пульсації, яка зумовлена різницею у величинах подачі впродовж такту та поблизу від «мертвих» точок.

**Аналіз останніх досліджень і виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Одним із шляхів зменшення величини пульсації є використання дво- або однопоршневих диференціальних розчинонасосів, подача розчину до напірного трубопроводу в яких відбувається в обох тактах, а саме в такті всмоктування й у такті нагнітання. Двопоршнєві розчинонасоси не набули широкого розповсюдження через складність їх конструкції, значну металоємність, неможливість регулювання подачі під час роботи та погану засмоктуваність малорухомих сумішей.

Для подальшого зменшення величини пульсації в диференціальних розчинонасосах застосовують кулачковий [1, 3] або гідравлічний [5, 6] привід. У першому випадку профіль кулачка задає такий режим руху робочого органу, при якому він має постійну швидкість упродовж такту та незначну частину часу порівняно із тривалістю всього такту витрачає на проходження ділянки поблизу від «мертвих» точок. Гідравлічний привід забезпечує взагалі майже миттєвий перехід між напрямками руху, в результаті чого тиск у напірному трубопроводі не встигає зменшитися між тактами і подача розчинної суміші в напірний трубопровід відбувається в режимі зменшеної пульсації порівняно з кривошипно-шатунним приводом.

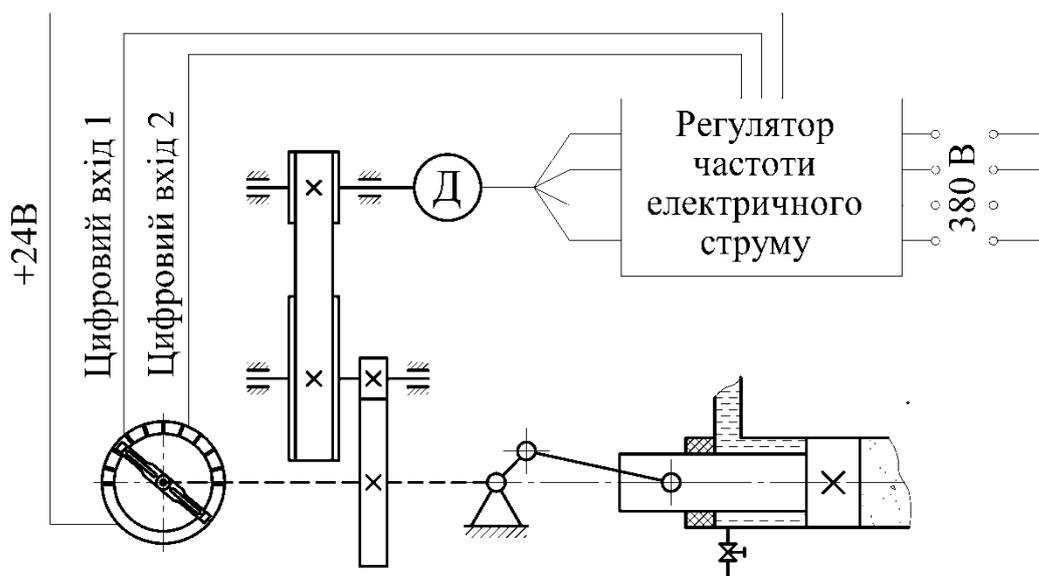


Рисунок 1 – Схема підключення пристрою керування до розчинонасоса з гідравлічним компенсатором пульсації тиску

**Формулювання цілей статті.** Основною метою проведених досліджень було з'ясування можливості зменшення пульсації тиску подачі розчинної суміші шляхом керування режимом роботи диференціального розчинонасоса за допомогою регулятора частоти електричного струму та спеціального пристрою, який забезпечує безконтактну зміну частоти електричного струму впродовж циклу роботи.

**Викладення основного матеріалу.** Завдяки стрімкому розвитку електронної техніки можливим стає зменшення пульсації тиску подачі диференціального розчинонасоса з електромеханічним приводом без використання кулачків спеціального профілю або гідравлічної частини.

Електронне регулювання частоти обертання останнім часом знайшло широке розповсюдження. Високий ККД регулятора, порівняно невисока вартість та можливість збереження обертового моменту при зміні частоти в значному діапазоні обертання дозволяє суттєво полегшити розв'язання завдання зміни частоти обертання електродвигуна і, як наслідок, зміни продуктивності розчинонасоса. Крім того, можливим є зміна частоти обертання під час робочого циклу подачі розчинонасоса, причому найбільш доцільно

прискорювати частоту обертання при переході поршня через «мертві» точки та уповільнювати її в середині циклу.

Це завдання розв'язується за допомогою того, що диференціальний розчинонасос із гідравлічним компенсатором пульсації тиску обладнується регулятором частоти електричного струму фірми АВВ «ACS 300» та спеціальним пристроєм керування із зворотним зв'язком, який встановлюється на осі колінчастого вала розчинонасоса та підключається до цифрових входів регулятора частоти. Даний регулятор частоти електричного струму дає можливість запрограмувати чотири будь-яких частоти струму і відповідно чотири різних частоти обертання кривошипа, та вмикати їх у потрібному порядку шляхом подачі постійної напруги +24В на цифрові входи регулятора частоти (рис. 2).

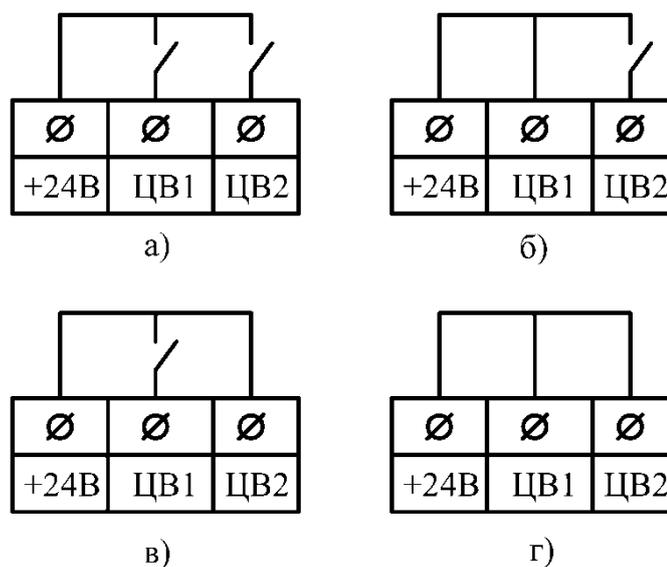


Рисунок 2 – Схема активації різних частот електричного струму шляхом замикання цифрових входів (ЦВ1, ЦВ2) на постійну напругу керування (+24В):  
а), б), в), г) – частоти обертання 1, 2, 3 та 4 відповідно

Послідовність розташування ділянок різних частот обертання електродвигуна на пристрої (рис. 4) робиться в такому порядку, щоб забезпечити високу швидкість поршня поблизу від крайніх положень та помірну в проміжних положеннях. У результаті закон зміни швидкості поршня виглядає таким чином: швидкий розгін поблизу «мертвих» точок ходу поршня та постійна швидкість в інших положеннях, що дозволяє знизити пульсацію тиску подачі (рис. 3).

Це відбувається за рахунок того, що тиск у магістралі не встигає значно знизитись за час, коли поршень швидко проходить свої «мертві» точки, і залишається майже постійним.

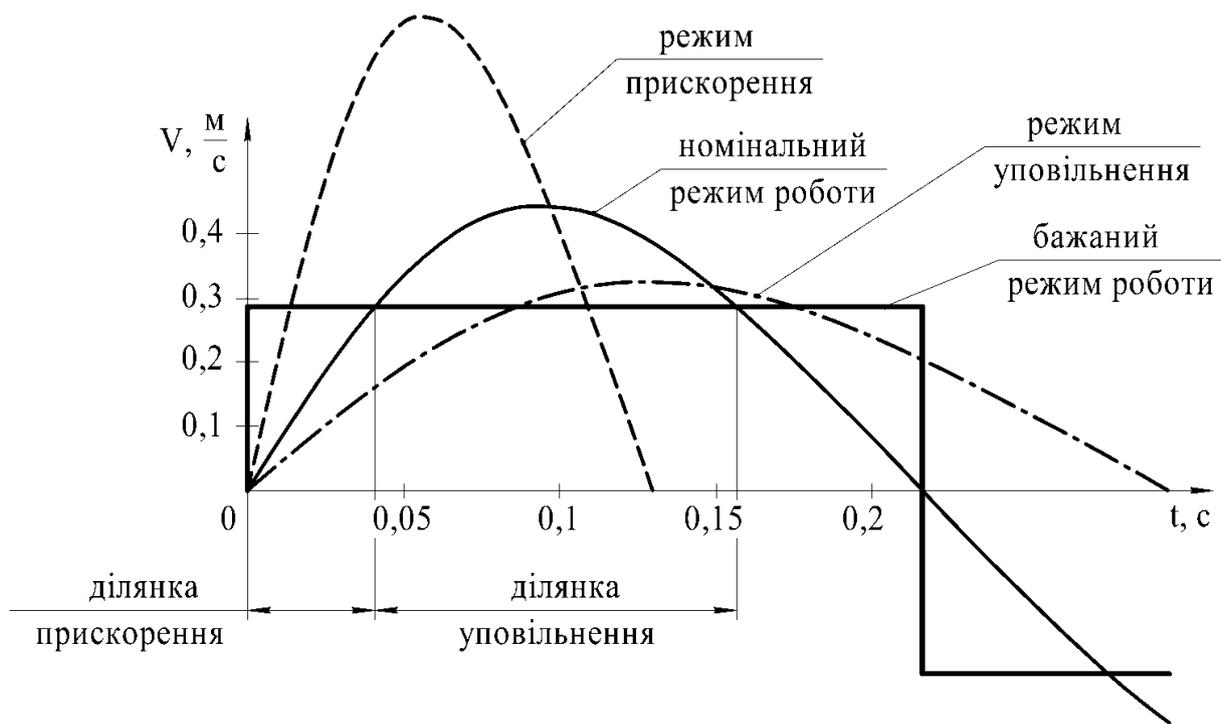


Рисунок 3 – Схема розташування ділянок змін швидкості руху поршня для досягнення малоімпульсної подачі розчинної суміші

Рівняння переміщення поршня для існуючої конструкції однопоршневого диференціального розчинонасоса з кривошипно-шатуном механізмом привода має вигляд

$$S(t) = r \cdot \cos(\omega \cdot t) + \sqrt{l^2 - r^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t)}, \quad (1)$$

де  $r$  – радіус кривошипа, м;

$l$  – довжина шатуна, м;

$\omega$  – кутова швидкість кривошипа, рад/с;

$t$  – час, с.

Пристрій керування (рис. 4) складається з контактних ділянок А та замикаючої скоби С, що по чергову замикає контактні ділянки, розташовані по півколу, на ділянку В, до якої підводиться напруга керування. У процесі роботи замикаюча скоба попарно з'єднує ділянки А, передаючи регулятору частоти сигнал на зміну частоти.

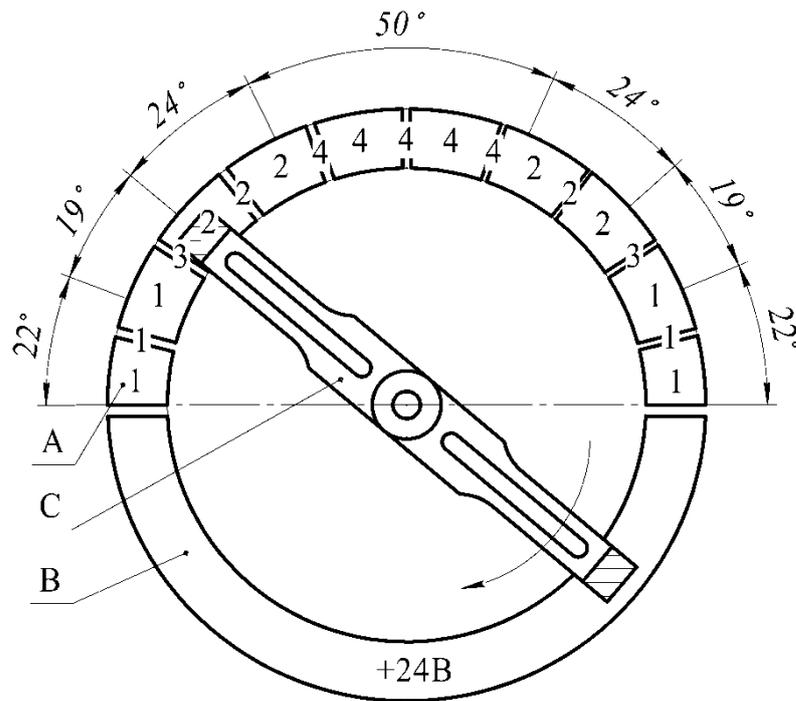


Рисунок 4 – Схема пристрою керування: А – ділянки, під'єднані до цифрових входів регулятора частоти струму; В – ділянка, до якої підведений постійний струм напругою +24В; С – замикаюча скоба. Розподіл частот по ділянках: 1 – 2500 об/хв, 2 – 1700 об/хв, 3 – 1400 об/хв, 4 – 1100 об/хв

Графік теоретичної залежності швидкості поршня  $V$ , м/с, залежно від часу  $t$ , с, при прийнятих параметрах частоти обертання  $\omega$ , рад/с, є диференціалом функції (1), тому він буде описуватися залежністю

$$V = \omega \cdot r \cdot \sin(\omega \cdot t) + \frac{\omega \cdot r^2 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \cos(\omega \cdot t)}{\sqrt{l^2 - r^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t)}} \quad (2)$$

Якщо дослідити закон зміни швидкості поршня при застосуванні регулятора частоти та пристрою, він буде мати вигляд, наведений на рис. 5, а саме: це буде комбінація залежності (2) з різними значеннями  $\omega$ .

Аналізуючи криву 1 з рис. 5 можна бачити, що при застосуванні пристрою для зміни характеру руху та при підборі потрібних частот обертання характер залежності подачі розчинної суміші від часу в циклі із синусоїдального, який мав місце без установаження пристрою, перетворюється на схожий на трапецієподібний, більш притаманний розчинонасосам із гідравлічним або кулачковим приводом.

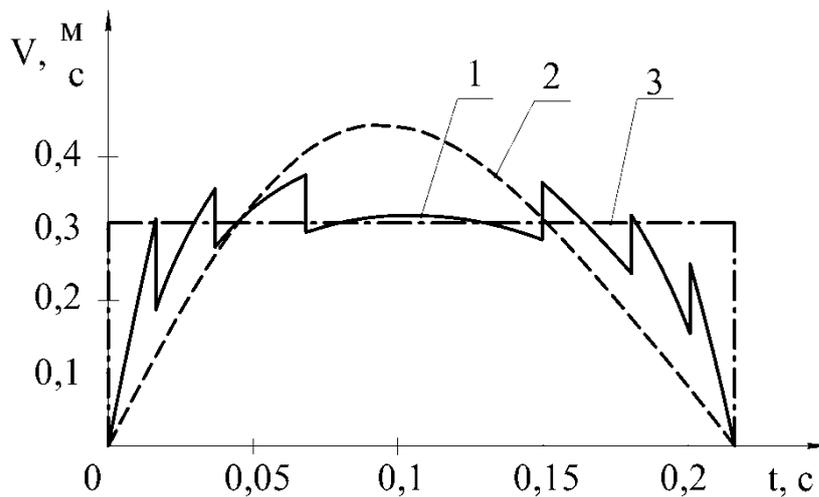


Рисунок 5 – Графік швидкості поршня залежно від часу: 1 – при застосуванні пристрою та регулятора частоти; 2 – без застосування регулятора частоти; 3 – бажаний закон зміни швидкості

Під час роботи розчинонасоса завдяки наявності опору трубопроводу й маси ланок привода виникає деяка інерційність у змінах швидкості, тому перехід між частотами перемикання буде більш плавним, як і сам графік швидкості поршня, тобто не буде мати характерних «зубців» у місцях перемикання пристроєм частоти обертання кривошипа (рис. 6).

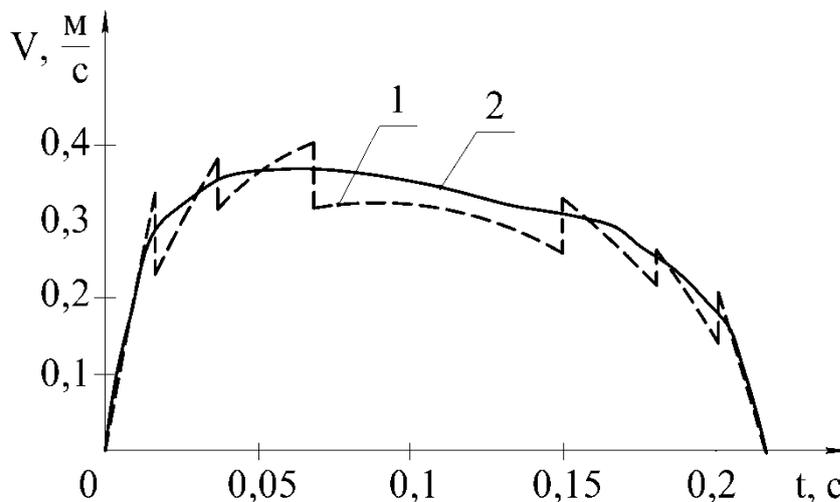


Рисунок 6 – Залежність швидкості поршня від часу із застосуванням регулятора частоти: 1 – теоретична; 2 – із врахуванням інерційних сил

Безпосереднє порівняння графіків швидкості поршня в обох режимах – із застосуванням регулятора частоти та без нього наведено на рис. 7.

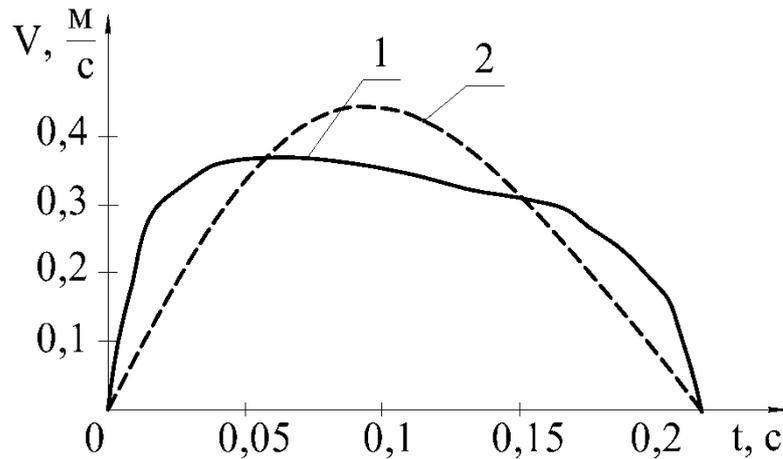


Рисунок 7 – Залежність швидкості поршня від часу: 1 – із застосуванням регулятора частоти; 2 – без регулятора частоти

Ураховуючи ті обставини, що залежність подачі розчинної суміші від часу відрізняється від залежності швидкості поршня (2) на величину площі поршня, тобто на деяку константу, то і графіки залежностей будуть однакові з різним градуванням вертикальної осі. Тому, з аналізу кривої 1 (рис. 7) видно, що завдяки збільшенню рівномірності швидкості, а відповідно й подачі суміші впродовж такту, величина пульсації тиску також зменшиться.

**Висновки.** Отже, застосування такого методу зміни характеру руху робочого органа при незначній вартості дозволяє без збільшення металоємності конструкції підвищити експлуатаційні можливості розчинонасоса, а саме – змінювати закон руху будь-якого розчинонасоса з електромеханічним приводом таким чином, щоб без застосування громіздких пневматичних компенсаторів пульсація тиску подачі була мінімальною. До того ж можна змінити задані частоти обертання та переналадити пристрій на іншу продуктивність без внесення конструктивних змін. Відсутність зайвих елементів конструкції, у свою чергу, здешевлює конструкцію та знижує ймовірність виходу її з ладу.

### *Література*

1. Малоимпульсный дифференциальный растворонасос с кулачковым приводом / А. Г. Онищенко, В. У. Устьянцев, Б. О. Коробко [та ін.] // Прогресивна техніка і технологія машинобудування, приладобудування і зварювального виробництва – Київ: «Київський політехнічний інститут», 1998–. – Т.1. – 1998 – С. 237-242.
2. Малоимпульсные дифференциальные растворонасосы / В. У. Устьянцев, А. Г. Онищенко, И. Я. Виноходов [та ін.] // Механизация строительства. – 1990. – № 7. – С. 5–6.
3. Коробко Б. О. Оптимізація профілю кулачка приводу вертикального диференціального розчинонасоса // Галузеве машинобудування, будівництво: Збірник наукових праць. – Полтава: ПДТУ. – Вип. 3. – 1998. – С. 11–22.

4. Пат. №35898 МПК F04B 9/02 Україна. Диференціальний розчинонасос із керованим законом руху робочого органа / Є. А. Васильєв // Бюл. – 2008. – №19.
5. Васильєв А. В. Вивчення ступеня стабільності роботи гідроприводного розчинонасоса / А. В. Васильєв // Галузеве машинобудування, будівництво: Збірник наукових праць. – Полтава: ПолтНТУ – 2001. – № 7 – С. 13–17.
6. Кукоба А.Т. Гідропривідний розчинонасос подвійної дії: Дис... канд. техн. наук: 05.05.02 / Кукоба Анатолій Тихонович. – Полтава, 2000. – 142 с.
7. Алёшин Н.И. Определение оптимальных режимов работы насосов для транспортирования строительных растворов / Н.И. Алёшин, Е.П. Парфёнов // Мех. инструмент и отделочные машины. – 1971. – №3. – С. 9–14.
8. Бобровский С.А. Гидравлика, насосы и компрессоры / С.А. Бобровский, С.М. Соколовский. – М.: Недра, 1972. – 296 с.
9. Болотских Н.С. Экспериментальные исследования малоимпульсного дифференциального двухпоршневого растворонасоса / Н.С. Болотских, В.А. Онищенко // Труды 51-й научн.-техн. конф. ХГТУСА. – 1996. – С. 49.
10. Парфёнов Е.П. Определение оптимальной частоты вращения кривошипного вала плунжерного растворонасоса / Е.П. Парфёнов // Механизация строительства. – 1973. – № 8. – С. 14.
11. Сулига В.И. О допустимом числе оборотов одноцилиндрового поршневого насоса / В.И. Сулига, Ж.Г. Туровский // Вестник машиностроения. – 1972. – № 7. – С. 40–42.