

## АНАЛІЗ І ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОПРИВОДА МІШАЛОК МОБІЛЬНОЇ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

*Приведен анализ перспектив использования гидропривода рабочих органов в мобильной биогазовой установке для привода смесителей. Представлена разработанная математическая модель гидропривода мешалок мобильной биогазовой установки.*

*The analysis of prospects of the use of gidroprivoda of workings organs is resulted in a mobile biogas fluidizer drive of mixers. The developed mathematical model of gidroprivoda of mixers of the mobile biogas setting is presented.*

### Вступ

Сучасний стан розвитку техніки вимагає застосування засобів, які мають забезпечити підвищення продуктивності технологічних операцій, збільшили вихід якісної сировини, забезпечили б зменшення витрат коштів та енергоносіїв. У переважній більшості сучасних технологічних машин для привода робочих органів застосовують гідравлічні системи, які можуть забезпечувати необхідні параметри технологічних процесів при відносно незначних габаритних розмірах і масі. Для деяких технологічних операцій (зокрема для привода мішалок малих та середніх стаціонарних біогазових установок) зазвичай використовують електричний чи ручний привод. Але в умовах використання мобільних машин безальтернативним є гідравлічний привод [1].

На сьогоднішній день переробка органічних відходів майже не проводиться, і ми втрачаємо майже невичерпний ресурс енергоносіїв, які можна отримати в результаті їх переробки. Сучасні біогазові установки здатні переробляти органічні відходи та отримувати дешеві енергоносії вкрай ефективно, але великогабаритні та середні біогазові установки мають ряд недоліків, які роблять їх використання в невеликих господарствах неможливим. Тому пропонується вирішувати цю проблему в комплексі, створивши універсальну машину на базі цистерни, встановленої на шасі та обладнаною додатковим устаткуванням. Це розширить функціональні можливості запропонованої біогазової установки, та зробить її більш доступною для широкого кола споживачів. Особливо це актуально для невеликих фермерських та присадибних господарств.

Тому розробка нової мобільної біогазової установки, обґрунтування доцільності застосування гідропривода мішалок у ній, а також дослідження їх роботи є актуальною науковою задачею.

### Аналіз стану використання гідроприводів

За останні роки гідропривод набув широкого застосування в різних галузях народного господарства. На да-

ний момент головна тенденція у світовому машинобудуванні спрямована на широке використання гідроприводів. Збільшення попиту на використання гідроприводів в усіх галузях машинобудування пов'язано з попереднім досвідом використання гідроприводів і їх його перевагами у порівнянні з іншими видами приводів (механічним, електричним).

Здатність гідропривода забезпечувати дані переваги призвели до його широкого використання в конструкціях вітчизняної та зарубіжної мобільної техніки. Зокрема використовують гідроприводи такого призначення:

- підсилювачі рульового управління;
- системи підйому (перекидання);
- системи привода навісного обладнання і технічних модулів сільськогосподарської та іншої техніки;
- гідравлічні і гідромеханічні системи управління гідромеханічними передачами машин;
- гідропривод коліс та інших рухомих органів [2].

Конструктивно гідроприводи сільськогосподарської, автомобільної та іншої техніки побудовані за класичною схемою — «пристрій утворення тиску рідини (насос) — пристрій керування, регулювання (розподільник) — виконавчий орган (гідравлічний двигун, гідроциліндр)». Основними компонентами гідропривода є: насоси (шестеренні, роторно-поршневі, пластинчасті та ін.), керуючі розподільники з ручним чи електромагнітним (автоматичним) керуванням, виконавчі гідромотори (гідроциліндри), клапанно-регулююча апаратура, фільтри, жорсткі та гнучкі трубопроводи, гідробаки, контрольно-вимірювальні прилади та інші менш важливі елементи [3].

Таким чином, гідропривод виступає у формі універсального інструмента для виконання різного роду технологічних операцій.

### Розробка конструкції нової біогазової установки

Розробку нової конструкції будь-якої машини неможливо проводити, не розглянувши вже існуючі зразки аналогічної техніки. Під час аналізу існуючих зразків перш за

все необхідно виділити їх переваги та недоліки, щоб при конструюванні нової машини покращити переваги та усунути недоліки прототипів. Отже цим обумовлена необхідність розробки нової конструкції біогазової установки. Сучасна наука здатна запропонувати велику кількість конструкцій біогазових реакторів, але всі вони мають ряд недоліків, зокрема:

- необхідність використання додаткового обладнання для зберігання та транспортування відпрацьованого субстрату до місць його кінцевого використання;
- утворення товстого шару осаду на стінках реактора в процесі довгого використання;
- ускладнення при очистці стінок реактора від осаду;
- висока вартість великих промислових установок;
- прив'язаність до одного місця встановлення.

В результаті аналізу існуючих конструкцій біогазових установок нами запропоновано схему мобільної біогазової установки (рисунок 1).

Мобільна біогазова установка містить шасі 1, на якому встановлено резервуар 2 (реактор). В середині резервуару 2 вмонтовані дві лопатеві мішалки 3, що приводяться в обертовий рух гідромоторами 4, закріпленими на поверхні резервуару. Лопатеві мішалки 3 встановлені на валу 5, який з'єднано з гідромотором муфтою 6. В верхній частині резервуару розташований люк 7, в якому вмонтовано додаткову горловину 8 з кришкою 9, що використовується для ручного завантаження субстрату в резервуар. На поверхні резервуару встановлено запобіжний клапан 10, манометр 11, та газопровід 12 з краном 13. В передній частині встановлено компресор 14, що приєднаний до повітропроводу 15, який закінчується в нижній точці резервуару, привод компресора відбувається через вал відбору потужності енергозасобу. Привод гідромоторів 4 мішалок, відбувається від насосної станції чи від напірної магістралі енергозасобу. До складу насосної станції входять (рисунок. 2) гідробак 16, гідронасос 17, перепускний клапан 18, розподільник 19, гідропроводи 20, манометр 21, фільтр робочої рідини 22. В задній частині резервуару в нижній точці встановлено зливний трубопровід 23 та зливний кран 24.

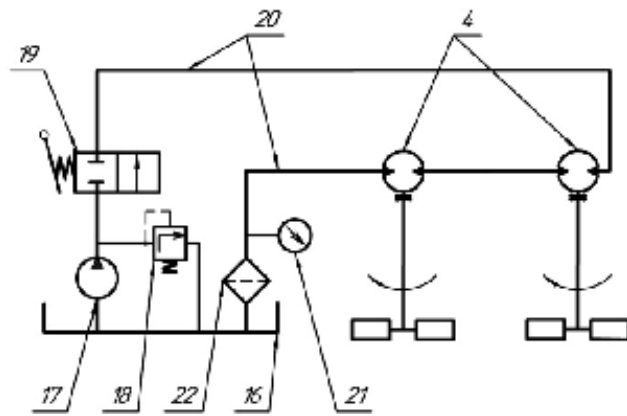


Рисунок 2 — Гідралічна схема привода мішалок.

Працює машина наступним чином.

Установка встановлюється неподалік місць отримання субстрату чи біля вигрібних ям. Субстрат завантажується в резервуар 2 через горловину 8 при відкритій кришці 9. Субстрат розбавляємо водою для зменшення густини. Резервуар 2 заповнюється субстратом та водою на 2/3 від об'єму резервуару. Після повного заповнення для кращого виділення біогазу з субстрату його необхідно перемішувати. Субстрат перемішується лопатевими мішалками 3, які приводяться в обертовий рух гідромоторами 4. Для початку перемішування вмикають привод насосної станції, що приводить у дію гідронасос 17, який починає створювати тиск у напірній магістралі гідропроводу. Для приведення в рух гідромоторів 4 переводимо розподільник 19 у необхідне положення, після чого мішалки починають обертатись і змішувати субстрат. Після проведення змішування змішувачі вимикають і вимикають привод насосної станції. Перемішування проводиться періодично раз на 12 год. Через певний час з субстрату починає виділятися газ, отриманий газ накопичується в верхній частині резервуару 2. Коли в резервуарі тиск зростає до 5 атмосфер, відкривається кран 13 і газ по газопроводу 12 потрапляє в газгольдер, звідки при потребі відбирається споживачами. Значення тиску в резервуарі контролюється манометром 11. На резервуарі встановлено запобіжний клапан 10, який запобігає підвищенню тиску в газгольдері вище максимально можливого рівня. Коли з субстрату перестає виділятися газ і його необхідно вилучити з резервуару, то відключаємо газопровід 12 від резервуару 2, зрівноважуємо тиск в резервуарі 2 з атмосферним — для цього відкриваємо кран 13 та спускаємо залишки газу. Після врівноваження тиску кран 13 закриваємо, приєднуємо біогазову установку до транспортного засобу та транспортуємо на поле. Під час руху виникають коливання субстрату, які змушують битись субстрат об стінки резервуару, що призводить до змивання осаду із стінок резервуару. Коли біогазову установку доставлено на місце внесення відпрацьованого субстрату, відкриваємо зливний кран 24, приєднуємо компресор 14 до вала відбору потужності транспортного засобу. Під час обертання вала відбору потужності компресор 14 починає створювати тиск повітря в повітропроводі 15, з нього потік повітря потрапляє через

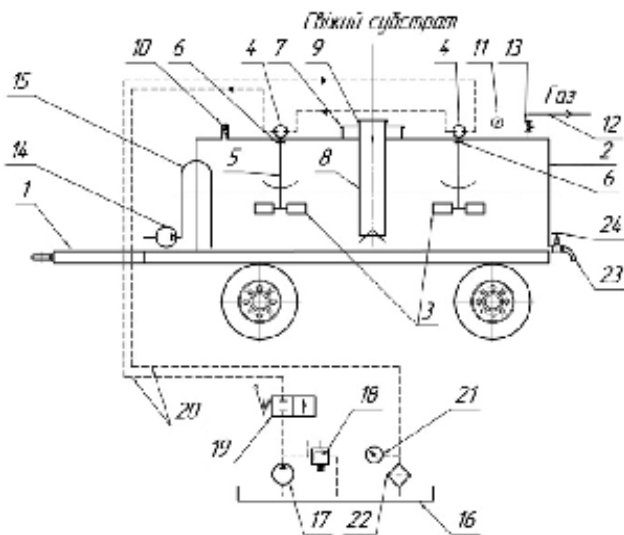


Рисунок 1 — Конструктивна схема мобільної біогазової установки.

шар субстрату до резервуара 2, де починає створюватись надлишковий тиск. При збільшенні тиску в резервуарі 2 збільшується тиск на поверхню субстрату і він під дією тиску починає витискатись з резервуара 2 через зливний трубопровід 23. Коли субстрат починає виливатись через зливний трубопровід, приводимо в рух транспортний засіб і розливаємо відпрацьований субстрат на поверхню поля. Після повного розливання субстрату вимикаємо компресор 14, закриваємо кран 24, і повертаємо біогазову установку на постійне місце, де вона знову наповнюється свіжим субстратом, після чого процес повторюється.

**Математичне моделювання гідропривода мішалок мобільної біогазової установки**

Для дослідження динаміки гідропривода мішалок мобільної біогазової установки проведемо моделювання його роботи.

При розробці математичної моделі гідропривода мобільної біогазової установки прийняті такі спрощення:

- робоча рідина прийнята стисливою і характеризується коефіцієнтом стисливості  $K$ ;
- коефіцієнт стисливості робочої рідини змінюється несуттєво зі зміною тиску і тому вважається постійним;
- витрати рідини на перетікання з області високого тиску в область низького тиску прямо пропорційно залежать від перепаду тисків на межі цих областей і характеризуються коефіцієнтом перетікання робочої рідини  $\sigma$ ;
- величина тиску між фільтром і другим гідромотором незначна, тому до уваги не приймається [4];
- тепловий режим системи вважається сталим;
- втрати на в'язке тертя в гідромоторах пропорційні швидкості обертання;
- хвильові процеси в трубопроводах не розглядаються в зв'язку з невеликою протяжністю [5];
- втрати тиску в розподільнику невеликі, тому теж не враховувались в розрахунку.

Представимо розрахункову схему гідропривода мішалок мобільної біогазової установки (рисунок 3).

На схемі позначені такі структурні елементи: Н — гідронасос; ГР — гідравлічний розподільник; ГМ<sub>1</sub> — перший гідромотор; ГМ<sub>2</sub> — другий гідромотор; М — манометр для визначення ступеня забрудненості фільтра; Ф — фільтр очистки рідини; Б — бак; ЗК — запобіжний клапан;

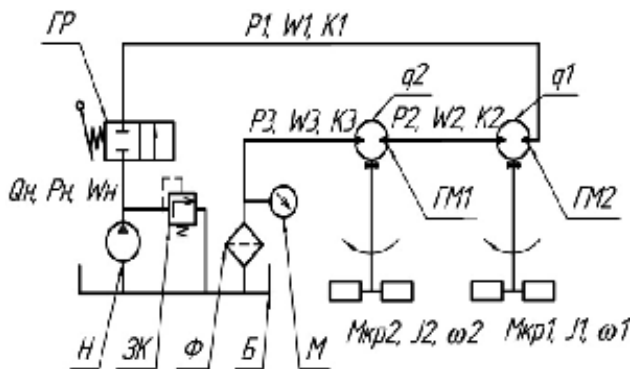


Рисунок 3 — Розрахункова схема гідропривода мішалок мобільної біогазової установки.

На рисунку 3 показано такі основні геометричні, кіне-

матичні та силові параметри:  $P_H, P_1, P_2, P_3$  — тиски відповідно на виході насоса, на вході гідромотора ГМ<sub>1</sub>, на вході гідромотора ГМ<sub>2</sub>, на виході гідромотора ГМ<sub>2</sub>;  $W_H, W_1, W_2, W_3$  — об'єми трубопроводів між насосом та розподільником, розподільником та гідромотором ГМ<sub>1</sub>, гідромотором ГМ<sub>1</sub> та гідромотором ГМ<sub>2</sub>, гідромотором ГМ<sub>2</sub> та фільтром;  $Q_H$  — фактична подача насоса;  $S_\phi$  — площа поверхні фільтруючого елемента;  $q_1, q_2$  — робочі об'єми гідромоторів;  $J_1, J_2$  — моменти інерції на валах гідромоторів;  $M_{T1}, M_{T2}$  — крутні моменти технологічного навантаження на валах гідромоторів;  $\omega_1, \omega_2$  — кутові швидкості валів гідромоторів [4];  $K_1, K_2, K_3$  — коефіцієнти стисливості рідини у відповідних частинах напірної магістралі;  $\sigma_1(\varphi_1), \sigma_2(\varphi_2), \sigma(\varphi_1, \varphi_2)$  — відповідно, коефіцієнти витікання рідини із пустот гідропривода, що знаходяться під тиском  $P_1$ ;  $P_1 = P_H$ ;  $W_1 = W_H$  [5].

З врахуванням прийнятих допущень, динамічні процеси в гідросистемі описуються наступними рівняннями.

Рівняння нерозривності потоку робочої рідини в напірній магістралі, що з'єднує насос із входом першого гідромотора, описується рівнянням.

$$Q_H - q_1 \cdot \omega_1 - K_1(P_1) \cdot W_1 \cdot \frac{dP_1}{dt} - \sigma_1(\varphi_1)P_1 = 0. \quad (1)$$

Рівняння нерозривності потоку робочої рідини в напірній магістралі, що з'єднує перший гідромотор з входом другого, виражається залежністю.

$$q_1 \cdot \omega_1 - q_2 \cdot \omega_2 - K_2(P_2) \cdot W_2 \cdot \frac{dP_2}{dt} - \sigma_2(\varphi_1, \varphi_2)P_2 = 0. \quad (2)$$

Рівняння нерозривності потоку робочої рідини в магістралі на зливі другого гідромотора, має вигляд.

$$q_2 \cdot \omega_2 - K_3(P_3) \cdot W_3 \cdot \frac{dP_3}{dt} - v_3(\varphi_3)P_3 - \mu S_\phi \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot P_3} = 0. \quad (3)$$

Рівняння моментів на валу другого гідромотора виражається рівнянням

$$q_1 \cdot (P_1 - P_2) = J_1 \frac{d\omega_1}{dt} + b_1 \cdot \omega_1 + M_{T1} + M_{TP1}. \quad (4)$$

Рівняння моментів на валу другого гідромотора виражається залежністю

$$q_2 \cdot (P_2 - P_3) = J_2 \frac{d\omega_2}{dt} + b_2 \cdot \omega_2 + M_{T2} + M_{TP2}. \quad (5)$$

В рівняннях (1)–(5) прийняті наступні позначення:

$b_1, b_2$  — коефіцієнти активного опору в першому та другому контурах привода, включаючи дисипативні втрати в гідромоторах і механізмах робочих органів;

$M_{TP1}, M_{TP2}$  — відповідно, моменти, що формуються силами дисипативних втрат в першому та другому гідромоторах;

$S_\phi$  — пропускна площа фільтра на зливі;

$\rho$  — густина робочої рідини.

При аналізі рівнянь (1)–(5) видно, що математична модель привода мішалок з послідовно з'єднаними гідромоторами при постійних параметрах і незначних втра-

тах на тертя в магістралях, враховує зміну об'єму рідини, що переміщається із однієї ємності гідромотора в іншу пропорційно перепаду тиску на гідромоторі і коефіцієнту стискуваності робочої рідини [6].

Існуючою нелінійною характеристикою в математичній моделі гідропривода є характеристика моменту тертя

$$M_{TP} = M_{TP}(\varphi, \omega, \rho),$$

де  $\varphi$  — дисипативні втрати в гідродвигуні відносно кутової координати;  $\omega$  — кутова швидкість обертання лопатей мішалки;  $\rho$  — густина робочої рідини;

Таким чином, провівши кореляцію даних рівнянь динамічної системи з двох послідовно з'єднаних гідромоторів, можна досліджувати динаміку гідропривода мішалок.

### **Висновки**

Аналіз стану використання гідропривода робочих органів мобільної техніки показав динаміку до збільшення. Все більше технологічних операцій в мобільній техніці виконується за допомогою гідропривода, що в першу чергу пов'язано з його відомими перевагами. Тому вибір гідропривода для виконання операції змішування в мобільній біогазовій установці є доцільним. Для підтвердження правильності вибору складено математичну модель гідропривода мішалок, яка може бути використана для визначення динамічних характеристик гідропривода мішалок після проведення її кореляції.

### **Література**

1. Дубінський, В.В. Математична модель вібраційного гідралічного привода преса для утилізації відходів деревообробних підприємств / В.В. Дубінський, С.П. Кулініч, В.П. Чуйко // Промислова гідраліка і пневматика. — 2010. — № 1 (27). — С. 81—85.

2. Шевченко, В.С. Основные тенденции и научные концепции развития гидравлических приводов машин / В.С. Шевченко // Сборник докладов Белорусского национального технического университета. — 2010. — С. 36—40.

3. Сафонов, А.И. Совершенствование гидроприводов машин как составляющая программы развития автомобильной отрасли республики Беларусь / А.И. Сафонов // Сборник докладов Белорусского национального технического университета. — 2010. — С. 10—15.

4. Березюк, О.В. Розробка та дослідження нової структури екологічної машини для очистки населених пунктів від твердих відходів [Електронний ресурс]: стаття / О.В. Березюк // Режим доступу до статті.: [www.nbu.gov.ua/portal/natural/Stmkb/2008/Statti/110.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Stmkb/2008/Statti/110.pdf).

5. Серета, Л.П. Повышение эффективности процессов уборки сахарной свеклы путем модернизации свеклоуборочных машин: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук: 05.05.11 „Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва” / Л.П. Серета. — Вінниця, 1985. — С. 56—62.

6. Немировский, И.А. Гидроприводы сельскохозяйственных машин / И.А. Немировский, В.Ф. Маркин, Л.П. Серета, В.В. Яницкий. — К.: Техніка, 1979. — 137 с.

*Надійшла 31.10.2011 р.*