

УДК 624

Л.Є.Пелевін, канд. техн. наук, професор КНУБА,

В.П.Рашківський, студент

ІМПУЛЬСНИЙ ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРИВОД ВИКОНАВЧИХ МЕХАНІЗМІВ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН

Одним з шляхів інтенсифікації розробки будівельних матеріалів є використання машин безперервної дії побудованих на принципах динамічного руйнування та хвильової теорії деформації.

Питання про дискретне регулювання гідроприводу таких виконавчих механізмів з'явилося, під час вирішення задачі створення імпульсної подачі при виконанні розробки будівельних матеріалів. Відомо, що при такій подачі є можливість зменшити витрати енергії на розробку будівельних матеріалів, а також суттєво збільшити продуктивність машин при незмінних типорозмірах робочого органу.

Особливістю процесу різання будівельних матеріалів є варіація сил опору [2]. Навіть при однакових положеннях ножа у відповідні моменти процесу сили опору різанню виявляються неоднаковими, з коливаннями навколо деякої середньої величини. Варіація опорів виявляється внаслідок непостійності характеристик міцності будівельних матеріалів.

Л. Г. Лойцянский, опираючись на досліди Л. Прандтля, відмітив [6], що при русі рідини в граничному шарі швидкість напружень зсуву або так звана динамічна швидкість $v_* = \sqrt{\tau / \gamma_{об}}$, де τ – граничне дотичне напруження на стінці; $\gamma_{об}$ – об'ємна маса будівельних матеріалів.

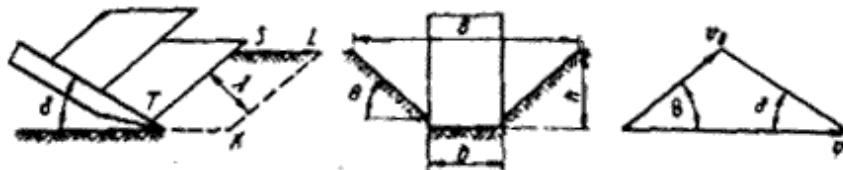


Рис. 1. Ідеалізована схема процесу різання.

Руйнування будівельних матеріалів при зсуві проходить в місцях виникання граничних дотичних напружень, тому швидкість руйнування рівна максимальному значенню динамічної швидкості:

$$v_p = \sqrt{\frac{\tau_0}{\gamma_{об}}},$$

де τ_0 – граничне дотичне напруження.

Швидкість деформування:

$$v_D = v \frac{\sin \delta}{\sin(\delta + \theta)},$$

де v – швидкість різання; δ – кут різання; θ – кут між напрямом деформування та напрямом різання.

Збільшуючи швидкість різання, можна розробляти ґрунт з більшим граничним дотичним напруженням. Характер процесу різання залежить від співвідношення швидкостей деформування v_D та руйнування v_p . Якщо швидкість деформування будівельних матеріалів ножем в напрямі зсуву набагато більше швидкості руйнування, то передня грань ножа зустрічає частини будівельних матеріалів, які встигли відділитись від масиву. В зоні стружкоутворення, де за час деформування елемента стружки, що відділяється напруження досягли граничного значення, виникають пластичні деформації. Частини елемента стружки, що відділяється, в яких пластичні деформації ще не встигли розвинути, можуть руйнуватись під впливом внутрішніх напружень, що виникли внаслідок дії ножа.

Якщо розглянути ідеалізований процес різання будівельних матеріалів (рис. 1), то можна підрахувати середній період коливань сил різання, що виникають при розробці частини масиву:

$$t = \frac{\lambda}{v}, \text{ де } \lambda = \frac{\mu}{\gamma_{об} \cdot v},$$

де μ – динамічний коефіцієнт в'язкості; $\gamma_{об}$ – об'ємна маса будівельних матеріалів.

Тоді:

$$t = \frac{\mu}{\gamma_{об} \cdot v^2}.$$

Звідси видно, що при збільшенні швидкості різання збільшується частота відокремлення елемента масиву. Однак по мірі збільшення швидкості різання ніж все більше часу рухається через не розроблене середовище. Тож з'являється необхідність надавати ножу імпульсний сигнал для генерації швидкості деформацій. Іншими словами необхідно надавати ножу імпульс сили високої частоти.

У сучасних будівельних машинах використовуються різні силові імпульсні приводи (рис. 2).

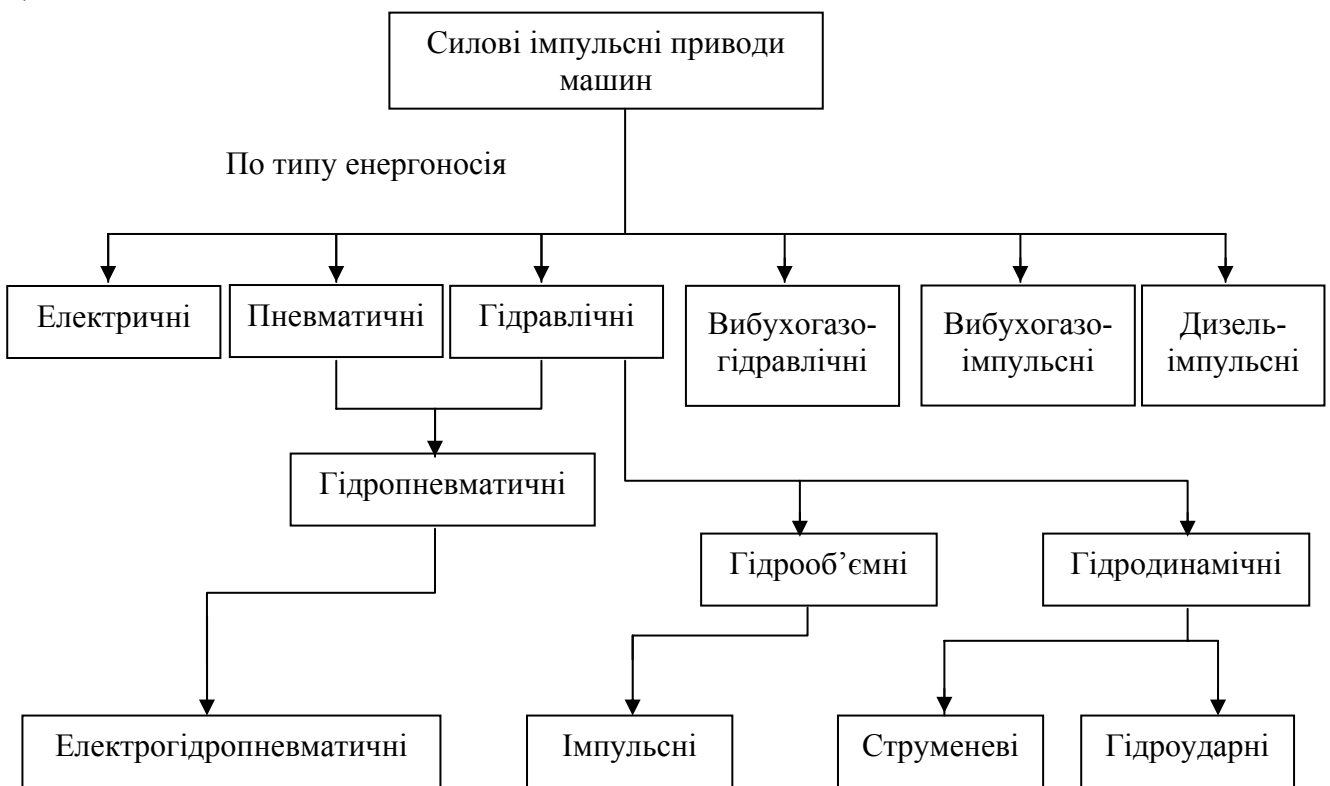


Рис. 2. Класифікація силових імпульсних приводів машин

Проблема використання гідроприводу з метою забезпечення імпульсної подачі робочого органу полягає в тому, що існуючі конструкції силових імпульсних приводів не дозволяють отримати потрібної частоти робочого органу, або створюють тільки вібраційний режим. Ускладнення в отриманні високої частоти імпульсів полягає в тому, що робоча рідина виконує керуючий вплив на робочий орган через механічну передачу, як правило це поршень-бойок, який діє на робочий орган через шток і потребує допоміжної операції – повернення робочого органу у вихідне положення. Розглянемо структурну схему імпульсної гідросистеми та графік залежності подачі в часі на кожній ділянці елемента структурної схеми.

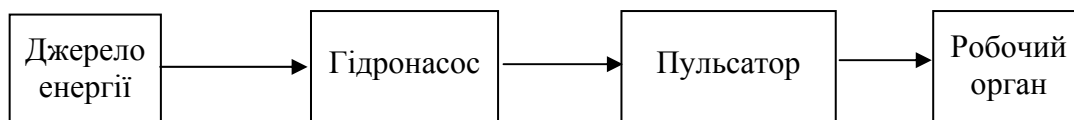


Рис. 3. Структурна схема імпульсної гідросистеми

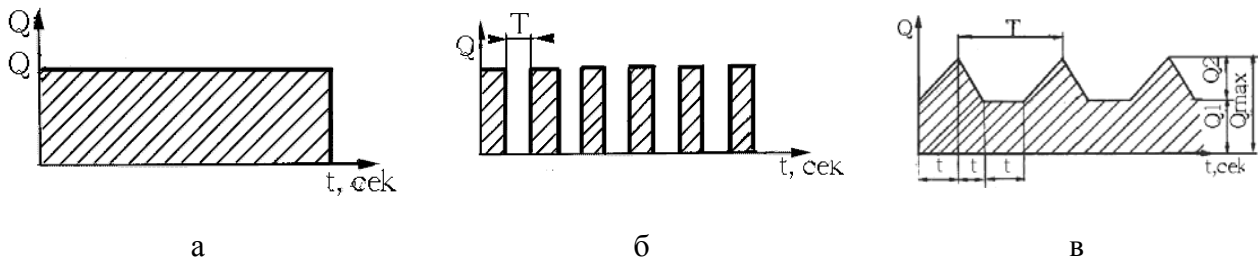


Рис. 4. Графік залежності подачі робочої рідини в часі:
а) насос; б) теоретична пульсатора; в) практична пульсатора

Як видно з запропонованої схеми, до пульсатора подача рідини має постійне значення. Включення в схему пульсатора дозволяє отримати подачу зі зміною свого значення в часі, що в свою чергу визначає імпульсний рух вихідної ланки системи. Питання полягає в тому, наскільки точно відповідає теоретичний закон подачі робочої рідини практичному [3]. Зрозуміло, що зображений закон подачі робочої рідини після пульсатора (рис. 4, б) має ідеалізований характер. Насправді неможливо отримати миттєвий приріст значення подачі так само, як її миттєве спадання. Тож на рис. 4, в запропоновано практичний графік залежності подачі рідини до вихідної ланки в часі. Таку подачу можливо отримати декількома шляхами [1, 4]:

- накладання потоку рідини з малою амплітудою та великою частотою на потік з постійною подачею. В цьому випадку перший потік виконує керуючу роль;
- короткочасне замикання та розмикання магістралі.

Перший метод обмежує своє використання внаслідок необхідності створення декількох потоків робочої рідини, що ускладнює конструкцію системи і, до того ж, не дає потрібного ефекту.

Другий метод потребує застосування принципово нових елементів, які б здійснювали керування а точніше короткочасне перекриття потоку робочої рідини в системі.

На сьогоднішній день на практиці в якості пульсатора використовують клапан-пульсатори та відповідно схеми їх приводу, що зображені на рис. 5.

Найчастіше на практиці використовується клапан-пульсатор, що зображений на рис. 5, е.

Диференціальне рівняння для періоду відкриття клапана має вид:

$$m\ddot{h} = F_{\Pi} p_1 - F_1 p_2 - A\dot{h} - B(\dot{h})^2 - R,$$

де m – маса клапана; h, \dot{h}, \ddot{h} – відповідно шлях клапанів та перша і друга похідні від шляху; F_{Π} – розрахункова площа клапана, на яку діє тиск підйому клапана; p_1 – тиск в гідросистемі; F_1 – розрахункова площа клапана з боку клапана I каскаду; p_1 – тиск в над клапанній порожнині; A, B – постійні рівнянь.

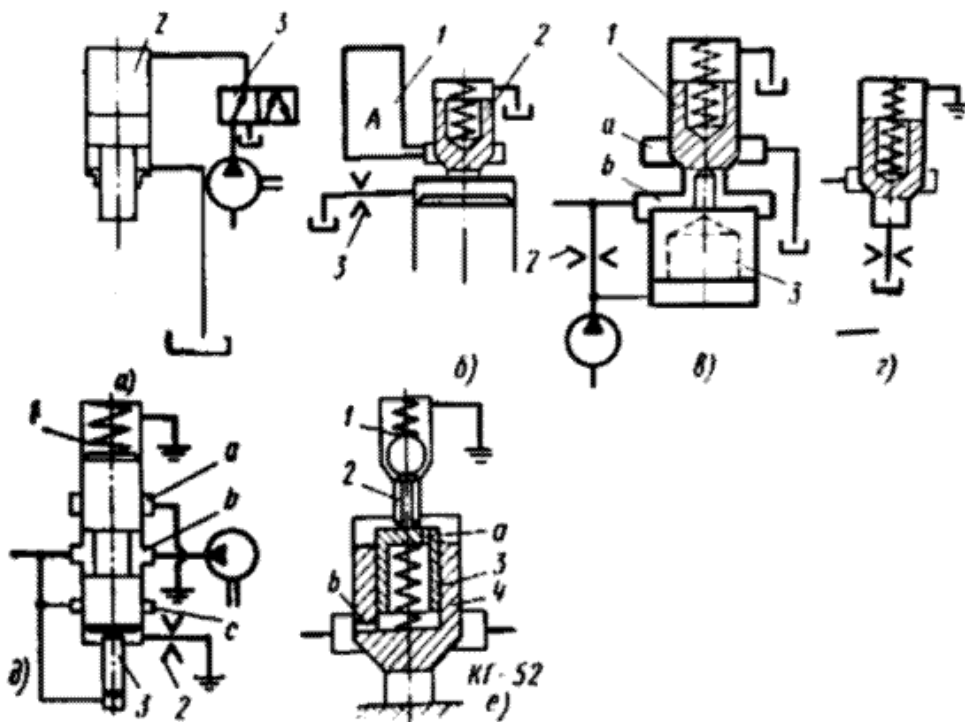


Рис. 5. Схема керування робочими органами різними клапанами-пульсаторам

Тиск в клапані $p_1 > p_K$ визначається податливістю системи, а продуктивність насосу з урахуванням рідини [7], що надходить через клапанну щілину на злив:

$$p_1 = \frac{(Q_H - k\lambda h\sqrt{p_1 - p_c})t}{W\beta},$$

де k - коефіцієнт дроселювання в клапанній щілині; λ - показник, що характеризує зміну площі щілини, відкритої на злив при русі золотника; t - час.

Період повного циклу клапана:

1. відкриття клапана I каскаду;
2. розгін клапану II каскаду;
3. рух клапана до положення, при якому вся подача насосу надходить в бак через клапан II каскаду;
4. робота клапана під налажувальним тиском.

Час спрацювання клапану включає перші три складові періоду повного циклу:

час підйому $t_1 = 0,004$ с;

час розгону $t_2 = 0,00021$ с;

$$\text{час відкриття } t_3 = \frac{h_{II} F_1}{k_I f_I \sqrt{p_K + 0,5\Delta p}},$$

де h_{II} - висота підйому; k_I - коефіцієнт дроселювання витрат через клапан I каскаду; f_I - переріз прохідного отвору; p - тиск статичної настройки клапана; Δp - збільшення тиску в системі.

Тому очевидно, що для збільшення швидкодії клапана-пульсатора потрібно збільшувати габаритні розміри самого клапана; з іншого боку зменшення часу спрацювання обмежується допустимим значенням тиску в системі.

Широке використання таких клапанів [5] в гідросистемах з метою утворення імпульсної подачі робочої рідини до робочого органу обмежується внаслідок ряду недоліків:

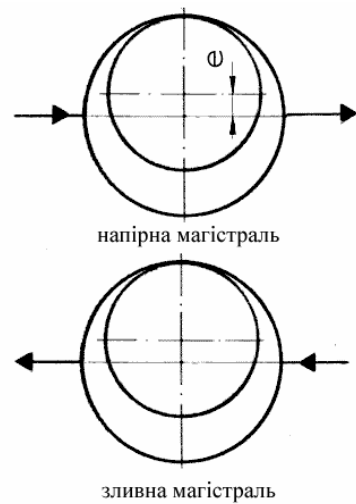


Рис. 6. Схема розподільникового пристрою

робочого органу. Тут в якості пульсатора виступає розподільник, що відкриває та закриває прохідний отвір в залежності від положення золотника. Схематично принцип дії такого розподільника зображено на рис. 6. Золотник примусово обертається в отворі розподільника, а перекриття входного та вихідного отворів відбувається завдяки ексцентриситету з яким виготовлено золотник. Така конструкція розподільника дозволяє отримувати подачу як з імпульсним сигналом, так і з постійним її значенням. Період імпульсного сигналу залежить від частоти обертання приводного валу золотника, а амплітуда – від ексцентриситету золотника. Для того, щоб під час перекриття прохідного отвору в напірній магістралі не відбувалося явище кавітації, зливна магістраль під'єднується до розподільника і перекривається симетрично напірній.

Як альтернативне рішення створення імпульсної подачі пропонується використання гідросхеми (рис. 7) з використанням в якості пульсатора керованого розподільника. Відмінною якістю такої гідросистеми є саме імпульсна подача на відміну від статичної та вібраційної.

Список літератури

1. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика: Справочное пособие. - М.: Машиностроение, 1971.
2. Ветров Ю. А. Машины для земляных работ. К.: Вища школа, 1976.
3. Матвеев И. Б. Гидропривод машин ударного и вибрационного действия, М.: Машиностроение, 1974.
4. Пелевін Л. Є. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи, - К, 1999.
5. Попов Д. Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. - М.: Машиностроение, 1987.
6. Станевський В. П. Совершенствование рабочего процесса землеройных машин. - К.: Вища школа, 1984.
7. Федорець В. О. Гідроприводи та пневмоавтоматика. - К.: Вища школа, 1995.

1. Він має перебільшені розміри. Конструкція ускладнюється тим, що перехідних перерізах складно використовувати простий пружинний пристрій регулювання тиску, який використовується у всіх звичайних клапанах.

2. Коли подача насосу направлена в бак, він працює з небажаним збільшенням тиску.

3. Габарит клапана перебільшений, так як штовхач повинен діяти на пружину клапана при меншому тиску.

4. Сили тертя, що виникають при контакті поверхонь, не дозволяють точно регулювати величину амплітуди та збільшують величину швидкодії.

Вказані недоліки були взяті до уваги і запропоновано

принципово новий підхід до створення імпульсної подачі робочої рідини до

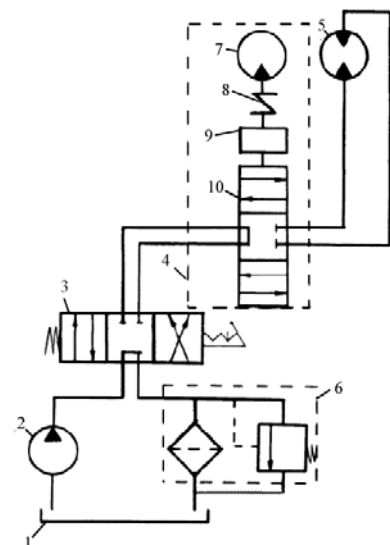


Рис. 7. Гідропривід з імпульсною подачею: 1-бак; 2-насос; 3-попередній розподільник; 4-блок пульсатора; 5-робочий орган; 6-запобіжний клапан; 7- допоміжний двигун; 8-муфта; 9-редуктор; 10-пульсатор