

УДК 629.353:629.4.023.14-82

ДО УДОСКОНАЛЕННЯ ГІДРОПРИВОДА ПІДЙОМНОГО МЕХАНІЗМУ САМОСКИДНОГО КУЗОВА

А.М. Божок, доцент

Подільський ДАТУ

Наведено принципову схему та описано роботу удосконаленого гідропривода підйомного механізму самоскидного кузова, а також результати його дослідження.

Проблема. Для піднімання самоскидних кузовів автомобілів-самоскидів, самоскидних причепів та інших підйомно-транспортних засобів (ПТЗ), завдяки малій масі і об'єму, що приходяться на одиницю переданої потужності, високому ККД і простоти ручного керування, знайшли широке застосування гідроприводи. Від їх швидкості і характеру переходів процесів піднімання-опускання кузова в значній мірі залежать тривалість простоїв під розвантаженням, роботоздатність і ефективність використання ПТЗ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі [1, 2] підйомні механізми з гіdraulічним циліндром (ГЦ) або з дволанковими здвоєнimi телескопічними циліндрами, штоки яких діють на платформу (кузов). Шестеренчастий насос, який нагнітає масло із бака до циліндрів, приводиться в дію від двигуна внутрішнього згоряння ПТЗ через коробки зміни передач, відбору потужності і карданну передачу. В залежності від установки крана ручного керування здійснюється піднімання, зупинка в будь-якому положенні або опускання кузова.

Однак недоліком відомих підйомних механізмів є низькі динамічні показники, обумовлені пропорційною залежністю висування штоків від тиску масла в ГЦ, що, через інерційність рухомих мас на початку піднімання, створює в кінематичних парах і деталях приводу значні зусилля, а далі, після відризу кузова, забезпечує малу швидкість його руху. Це викликає потребу в створенні міцних матеріалоємних підйомних механізмів, призводить до сповільнення процесу розвантаження і неінтенсивного зсування вантажів, а також простоювання ПТЗ і недовикористання закладених в них потенціальних можливостей.

© А.М. Божок.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 94. 2010.

Мета дослідження. Виявити можливості удосконалення гідропривода підйомних механізмів шляхом автоматичного керування режимами підйому і опускання самоскидного кузова.

Результати досліджень. Покращити показники переходних процесів піднімання і опускання кузова можна шляхом введення в закон керування гідроприводом корегуючих сигналів пропорційних як змінюванню тиску подачі масла в ГЦ, так і швидкості (першій похідній) від її змінювання [3, 4]. Для фізичної реалізації таких законів керування необхідно в конструкцію ГЦ залисти інтегручу, диференціючу і підсумовуючу динамічні ланки [3, 4]. Принципово новий (Патент України № 48451) гідропривод з такими функціональними можливостями був розроблений на кафедрі “Трактори, автомобілі та енергетичні засоби” Подільського державного аграрно-технічного університету (ПДАТУ, м. Кам'янець-Подільський).

На рис. 1 зображена принципова схема удосконаленого гідроприводу механізму підйому самоскидного кузова, який містить корпус 1, нерухомо закріплений на рамі 21 ПТЗ. Корпус 1 виконаний порожнистим, циліндричним, усередині якого установлені: в середній частині перегородка 18, в нижній — рухомий поршень 2, а у верхній — підпружинений рухомий поршень 17 зі штоком 15 і зворотною пружиною 16, що впирається одним торцем в поршень, а протилежним — у регулювальну гайку 14, установлену на різьбі у корпусі 1. Поршень 2 через тягу 3 з'єднаний із середньою частиною підсумовуючого важеля 12, один кінець якого

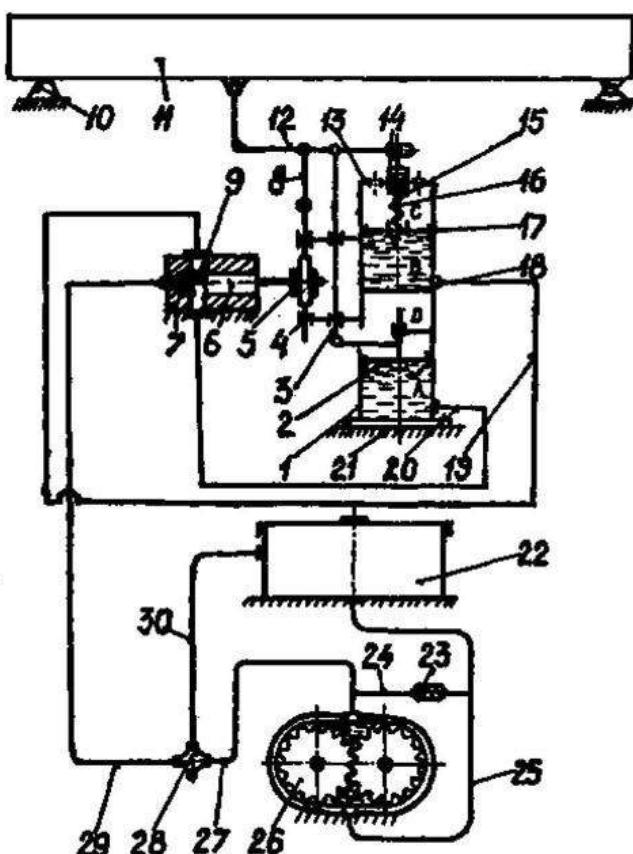


Рис. 1. Принципова схема удосконаленого гідропривода: 1, 7 — корпуси; 2, 17 — поршні; 3, 8 — тяги; 4 — зубчаста рейка; 5 — зубчасте колесо; 6 — плунжер; 9 — дросель; 10 — упор; 11 — кузов; 12 — підсумовуючий важіль; 13 — кришка; 14 — гайка регулювальна; 15 — шток; 16 — пружина; 18 — перегородка; 19, 20, 24, 25, 27, 29, 30 — гідролінії; 21 — рама; 22 — бак; 23 — клапан перепускний; 26 — насос масляний; 28 — кран

зв'язаний зі штоком 15, а другий кінець — з самоскидним кузовом 11 ПТЗ, який шарнірно з'єднаний з рамою 21 і фіксується на упорі 10.

До підсумовуючого важеля 12 через тягу 8 шарнірно приєднана зубчаста рейка 4, яка знаходиться в постійному зачепленні із зубчастим колесом 5, жорстко зв'язаним із плунжерем 6 з осьовим і двома радіальними отворами, в одному з яких розміщений дросель 9. Плунжер 6 установлений в корпусі 7, який зв'язаний із гідролініями 19, 20, 29.

Гіdraulічний привод включає бак 22 для масла, сполучений гідролініями 25, 30 з краном ручного керування 28 та масляним насосом 26 і обвідну гідролінію 24 масляного насоса 26 з перепускним клапаном 23.

Масло із насоса 26 може поступати в порожнину "A" двома шляхами: через гідролінію 29 та канал в корпусі 7, осьовий отвір і дросель 9 плунжера 6 і гідролінію 20, а також через канал в корпусі 7, осьовий і радіальний отвір плунжера 6 і гідролінію 20. В порожнину "B" масло поступає також двома шляхами: через гідролінію 29 і канал в корпусі 7, осьовий і радіальні отвори плунжера 6 і гідролінію 19, а також через гідролінію 29, канал в корпусі 7, осьовий отвір і дросель 9 плунжера 6 і гідролінію 19.

Стравлювання стисненого повітря із порожнини "C" здійснюється через отвори в кришці 13, а із порожнини "D" — через отвір в корпусі 1, між ним і тягою 3.

У першій фазі перехідного процесу піднімання кузова 11 порожнина "B" з насосом сполучена безпосередньо, а порожнина "A" — через дросель, в якій тиск масла зростає повільніше ніж у порожнині "B". В результаті поршень 17 буде переміщатися догори з дещо більшою швидкістю, ніж поршень 2, переміщаючи разом з собою один кінець важеля 12 на дещо більшу величину, ніж його середня частина, зв'язана з поршнем 2. Від такого перекосу важеля 12 кузов 11 ПТЗ, зв'язаний з його другим кінцем, буде підніматися з певним сповільненням. Отже, в першій фазі піднімання, коли сили інерції великі, має місце віднімання двох переміщень, тобто результативне переміщення кузова буде складатися із переміщення, обумовленого змінюванням тиску в ГЦ, мінус переміщення, обумовлене швидкістю (першій похідній) змінювання в ньому тиску.

В кінці першої фази перехідного процесу піднімання кузова, після здолання його сили інерції, від важеля 12 через тягу 8, зубчасту рейку 4 і колесо 5 плунжер 6 повертається, і автоматично переводить гідропривод із режиму віднімання переміщення, пропорційного першій похідній від змінювання тиску масла в нагнітальних гідролініях, в режим

його додавання. Тоді, із-за наявності дроселя 9, тиск масла в порожнині “A” і поршень 2 буде переміщатися разом з тягою 8 і середньою точкою важеля 12 з дещо більшою швидкістю, ніж поршень 17 разом зі штоком 15 і одним кінцем важеля 12. Від зворотного перекосу важеля 12 кузов 11 буде підніматися уже з додатковим прискоренням. Отже, в другій фазі піднімання, коли сили інерції зменшені, два переміщення додаються, і результативне переміщення кузова вже буде складатися із переміщення, обумовленого змінюванням тиску масла в ГЦ, плюс переміщення, обумовлене швидкістю (першій похідній) змінювання в ньому тиску.

Після розвантаження кузова гідропривод у зворотному порядку автоматично забезпечить спочатку швидке, а при наближенні до упора сповільнене його опускання.

При різкому змінюванні вхідного сигналу (тиску) $X_{\text{вх}}$, вихідний сигнал (переміщення кузова) $X_{\text{вих}}$ в першій фазі перехідного процесу, буде рівний

$$X_{\text{вих}} = X_{1\text{вих}} + X_{2\text{вих}} - X_{3\text{вих}}, \quad (1)$$

де $X_{1\text{вих}}$, $X_{2\text{вих}}$, $X_{3\text{вих}}$ — вихідні сигнали, відповідно переміщення поршня 17 від поступання масла в порожнину B, поршня 2 — в порожнину A і додаткове — від різниці швидкостей руху фланців 2 і 17.

З врахуванням коефіцієнтів підсилення складових $X_{\text{вих}}$ і $X_{\text{вх}}$, рівняння (1) матиме вигляд

$$K_1 X_{\text{вх}} + K_2 X_{\text{вх}} = X_{1\text{вих}} + X_{2\text{вих}} - X_{3\text{вих}}, \quad (2)$$

де K_1 і K_2 — коефіцієнти підсилення гідропривода по каналу поступання масла в порожнини A і B.

Додаткове переміщення $X_{3\text{вих}}$, спричинене силою гіdraulічного демпфування, зрівноважується силою пружини 16

$$X_{3\text{вих}} C_{\text{пр}} - \nu(dX_{1\text{вих}}/dt - dX_{2\text{вих}}/dt) = 0, \quad (3)$$

де $C_{\text{пр}}$ — жорсткість пружини, ν — коефіцієнт гіdraulічного демпфування; $dX_{1\text{вих}}/dt$ і $dX_{2\text{вих}}/dt$ — поступальна швидкість руху поршнів 2 і 17.

Із (3) з врахуванням, що швидкість поршня 2 в порівнянні з поршнем 17 мала і нею можна знехтувати, знаходимо

$$X_{3\text{вих}} = \frac{\nu}{C_{\text{пр}}} \cdot \frac{dX_{1\text{вих}}}{dt}. \quad (4)$$

З урахуванням (4) вираз (2) набуде вигляду

$$K_1 X_{\text{вх}} + K_2 X_{\text{вх}} = X_{2\text{вих}} + X_{1\text{вих}} - \frac{\nu}{C} \cdot \frac{dX_{1\text{вих}}}{dt}. \quad (5)$$

Вихідний сигнал формується переміщенням поршнів 2 і 17. Згрупувавши останніх два члени правої частини (5) з першим членом лівої, одержимо зворотну аперіодичну ланку з диференціальним рівнянням

$$K_1 X_{\text{вх}} = X_{1\text{вих}} - \frac{\nu}{C} \cdot \frac{dX_{1\text{вих}}}{dt}, \quad (6)$$

з якого передаточна функція його матиме вигляд

$$W_a'(p) = \frac{K_1}{1 - Tp}, \quad (7)$$

де K_1 — коефіцієнт підсилення зворотної аперіодичної ланки; $T = \nu/C$ — постійна часу ланки, що характеризує її інтегруючі властивості; $d = d/dt$ — оператор перетворення Лапласа.

Перший член правої з другим членом лівої частини (5) утворюють підсилювальну ланку з рівнянням

$$K_2 X_{\text{вх}} = X_{2\text{вих}}, \quad (8)$$

і передаточною функцією

$$W_n'(p) = K_2, \quad (9)$$

де K_2 — коефіцієнт підсилення ланки.

Із (5–9) випливає, що гідропривод в першій фазі перехідного процесу є інтегруючою ланкою, утвореною паралельним з'єднанням аперіодичної і підсилювальної ланок. Структурна схема такого з'єднання представлена на рис. 2a, з якої передаточна функція утвореної ланки набуде такого вигляду

$$W'(p) = W_a'(p) + W_n'(p) = \frac{K_1}{1 - Tp} + K_2 = K \frac{T_1 p - 1}{T_1 p - 1}, \quad (10)$$

де $K = K_1 + K_2$ — загальний коефіцієнт підсиленої ланки; $T_1 = (K_2 T) / (K_1 + K_2)$ — постійна часу утвореної ланки, що характеризує її диференціальні властивості.

З одержаної передаточної функції диференціальне рівняння руху ланки матиме вигляд

$$\frac{T dX_{\text{вих}}}{dt} - X_{\text{вих}} = K \left[T_1 \frac{dX_{\text{вх}}}{dt} - X_{\text{вх}} \right]. \quad (11)$$

Вираз (11) є диференціальне рівняння інтегрально-диференціальної ланки з переважаючими властивостями інтегруючої, перехідний процес якої при стрибкоподібному змінюванні вхідного сигналу $X_{\text{вих}}$ набуде наступного вигляду,

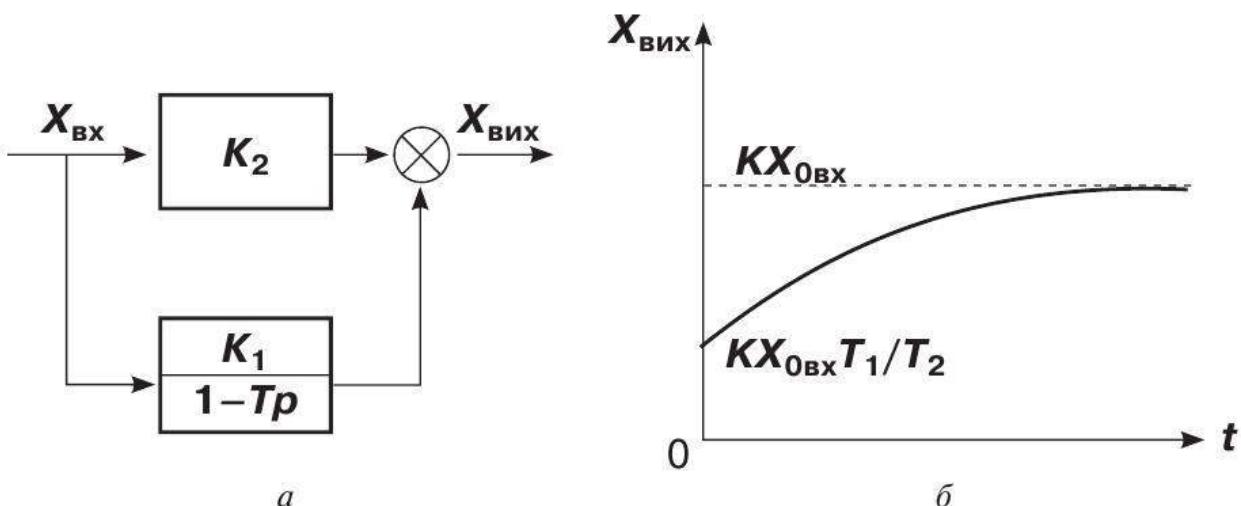


Рис. 2. Утворення інтегруючої ланки: *а* — структурна схема; *б* — перехідний процес

$$X_{\text{вих}} = KX_{0_{\text{вих}}} \left[1 + \left(\frac{T_1}{T} - 1 \right) e^{\frac{t}{T}} \right], \quad (12)$$

представленому на рис. 2б.

У другій фазі перехідного процесу в гідроприводі підйомного механізму відбувається зворотна взаємодія вихідних сигналів. При цьому передаточні функції ланок матимуть вигляд:

$$\text{аперіодичної} \quad W_a''(p) = \frac{K_1}{1 + Tp}; \quad (13)$$

$$\text{підсилювальної} \quad W_{\Pi}''(p) = K_2. \quad (14)$$

А утворена паралельним їх з'єднанням динамічна ланка є диференціальною, структурна схема якої зображена на рис. 3а. Із схеми передаточна функція утвореної ланки буде наступного вигляду

$$W''(p) = W_a''(p) + W_{\Pi}''(p) = \frac{K_1}{1 + Tp} + K_2 = K \frac{T_1 p + 1}{Tp + 1}. \quad (15)$$

Відповідно одержаній передаточній функції диференціальне рівняння ланки матиме вигляд

$$\frac{T dX_{\text{вих}}}{dt} + X_{\text{вих}} = K \left[T_1 \frac{dX_{\text{вх}}}{dt} + X_{\text{вх}} \right]. \quad (16)$$

Цей вираз є диференціальним рівнянням теж інтегрально-диференціальної ланки, але вже з переважаючими властивостями диференціючої, перехідний процес якої представиться аналогічно у вигляді

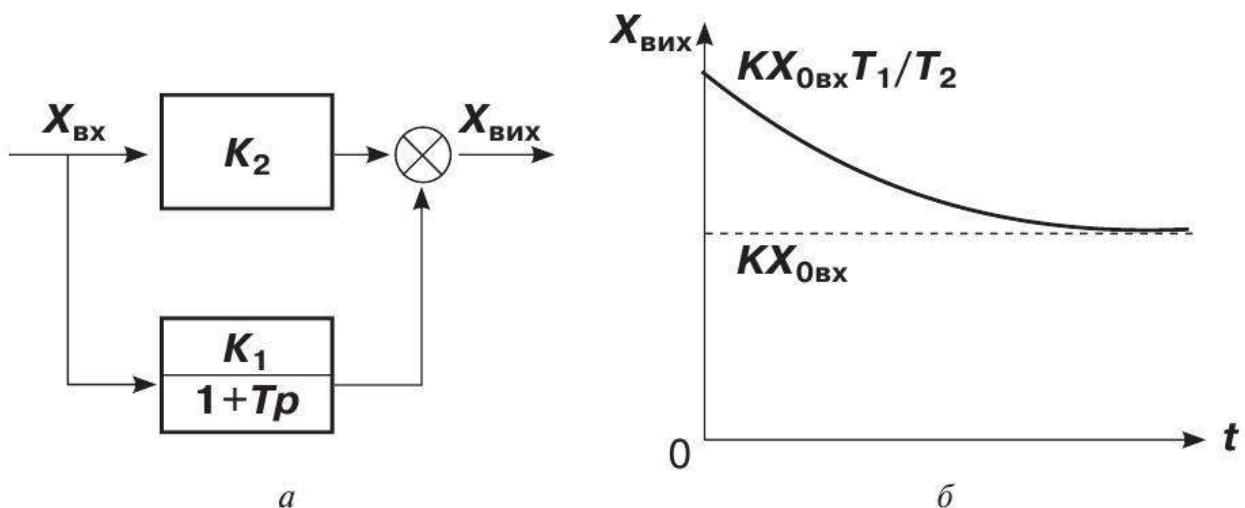


Рис. 3. Утворення диференціюючої ланки: *a* — структурна схема; *б* — переходний процес

$$X_{\text{вих}} = KX_{0\text{вх}} \left[1 + \left(\frac{T_1}{T} - 1 \right) e^{-\frac{t}{T}} \right], \quad (17)$$

а графічно на рис. 3б.

Оскільки переходний процес піднімання самоскидного кузова двофазний, загальна передаточна функція удосконаленого гідропривода буде мати наступний вигляд

$$W(p) = K \frac{(T_1 p - 1)(T_1 p + 1)}{(Tp - 1)(Tp + 1)}. \quad (18)$$

Отже, одержаний вираз є передаточною функцією удосконаленого гідропривода підйомного механізму як інтегрально-диференціальної ланки з комбінованими властивостями. При певних відносних величинах T , T_1 і K ланка може набувати як інтегруючих, так і диференціальнích динамічних властивостей.

Висновки. Для покращення динамічних показників роботи механізму необхідно в закон керування гідроприводом додатково вводити корегуючі сигнали, пропорційні швидкості (першій похідній) від змінювання тиску масла в ГЦ, причому в першій фазі піднімання кузова цю складову віднімати, а в другій фазі — додавати до основного сигналу, пропорційного змінювання тиску масла.

Формування корегуючих сигналів здійснювати застосуванням комбінованих інтегрально-диференціальних ланок з інтегруючими властивостями у першій фазі і диференціюючими — в другій фазі переходного процесу піднімання кузова.

Автоматичне перенастроювання комбінованої ланки з режиму інтегрування на диференціювання і навпаки виконувати за вихідними сигналами гідропривода, діючи на регулювальний дросель, який кінематично повинен бути зв'язаний із плечем підсумовуючого важеля, з'єднаним з кузовом ПТЗ.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Анохин В.И. Отечественные автомобили. Изд. 2-е, исправлен. и дополнен. — М.: Машиностроение, 1964. — 780 с.
 2. Родичев В.А., Родичева Г.И. Тракторы и автомобили. Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1987. — 320 с.
 3. Иващенко И.И. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем. Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1978. — 736 с.
 4. Васильев Д.В., Чуич В.Г. Системы автоматического управления. — М.: Высшая школа, 1967. — 420 с.
 5. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся Вузов. — М.: Наука, Главная редакция физ.-мат. лит-ры, 1981. — 720 с.
-

К УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ГИДРОПРИВОДА ПОДЪЕМНОГО МЕХАНИЗМА САМОСВАЛЬНОГО КУЗОВА

Приведена принципиальная схема и описана работа усовершенствованного гидропривода подъемного механизма самосвального кузова, а также результаты его исследования.

IMPROVEMENT OF A HYDRAULIC DRIVE OF THE ELEVATING MECHANISM IN A DUMP BODY

Basic diagram is presented, and operations of an advanced hydraulic drive of the elevating mechanism in a dump body as well as results of its research are described.