

Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / В. І. Кравчук, М. І. Грицишина, С. М. Коваль. – К.: Аграрна наука, 2004, - 396 с. **5.** Воробьёв С. А. Земледелие / С. А. Воробьёв, А. Н. Кашианов, А. Б. Ликов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 527 с. **6.** Кленин Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочего процесса, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н. И. Кленин, В. А. Сакун. – М.: Колос, 1980. – 671 с. **7.** Кравчук В. Н. Использование стрелчатых лап, разработанных по условиям минимального угла резания и деформации / В. Н. Кравчук, В. Т. Голобородько, Л. Г. Николаев // Вестник Харьковского Технического университета сельского хозяйства «Механизация сельскохозяйственного производства», ХГТУСХ, 2000. – 384 с. **8.** Погорелый Л. В. Инженерные методы испытаний сельскохозяйственных машин / Л. В. Погорелов. – К.: Техника, 1992, 176 с. **9.** Василенко В. В. Расчет рабочих органов почвообрабатывающих машин / В. В. Василенко. - Воронеж: ВГУ, 1991. – 228 с. **10.** Авдеев М.В. Технология ремонта машин и оборудования / М. В. Авдеев. – М.: Агропромиздат, 1986. – 247 с.

Поступила в редколлегию 03.09.2013

УДК 621.9

Технологический процесс обработки почвы рабочими органами сельскохозяйственных машин / Семчук Г. И., Мазур Н. И., Канивец А. В., Беловод А. И., Дудников А. А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.8-11. – Бібліогр.: 10 назв.

У статті дається наукове завдання, напрямна на розгляд технологічного процесу обробки ґрунту культиваторними лапами, напрям на обґрунтування оптимальних параметрів культиваторних лап, спрямована на підвищення їх довговічності з використанням ефективних технологій при їх зміцненні.

Даний аналіз стану питання і обґрунтовано вплив параметрів ґрунтообробних робочих органів на їх зносостійкість, направлення на зниження тягового зусилля.

Ключові слова: Культиваторні лапи, технологічний процес, ґрунт, довговічність, зміцнення.

The article gives a scientific task, the guide to the process of tillage cultivator feet, the direction of the justification of the optimal parameters tines, aimed at improving their durability using efficient technologies in their hardening. The analysis of the status of the problem and proved the influence of parameters of tillage work on their endurance, aimed at reducing traction.

Keywords: Cultivator paws, technological process, soil, durability, hardening.

УДК 665.9

М. С. СВИНАРЕНКО, канд. техн. наук, доц., ХНУАБ, Харків

ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ МОДУЛІВ РУХУ ЗА ЇХ УЗАГАЛЬНЕНИМИ МАТЕМАТИЧНИМИ МОДЕЛЯМИ

Запропоновано узагальнену математичну модель робочого процесу гідравлічних модулів руху (ГМР) використання якої дозволить пришвидшити розробку математичних моделей таких модулів. Встановлений взаємозв'язок між параметрами переміщення вихідної ланки виконавчого механізму модуля руху, переміщенням запірно-регулюючого елемента (ЗРЕ) гідроапарата керування і силою керування ЗРЕ.

Ключові слова: гідравлічний модуль, математична модель, методика проектування, гідроциліндр, характеристики.

Вступ і постановка проблеми. Гідравлічні системи завдяки своїм відомим перевагам знайшли широке застосування в сучасних системах технологічного обладнання та мобільних машин. Так за даними Європейського комітету з гідравліки та пневматики прогнозований річний приріст світового виробництва гідрообладнання до 2020 року становитиме 6,5 % [1]. Стратегічним напрямком у

© М. С. СВИНАРЕНКО, 2013

розвитку об'ємного гідроприводу є зниження його габаритів і металоємності при одночасному зростанні питомої потужності. При цьому сучасною тенденцією проектування і виробництва промислового обладнання та машин є використання блочно модульного принципу.

Для сучасних об'ємних гідроагрегатів такими модулями є модулі руху. Блочно-модульний підхід до проектування об'ємних гідроагрегатів дозволяє проводити їх декомпозицію, зменшити кількість ступенів вільності, отримати ієрархічну структуру, провести структурний синтез та спростити схемну реалізацію за рахунок мінімізації внутрішніх зворотних зв'язків, які можна отримати з інформаційної моделі, використовувати типові модулі при їх побудові. У загальному випадку, модулі руху об'ємних гідроагрегатів містять виконавчий механізм, апаратуру керування, датчики зворотного зв'язку. Використання узагальнених математичних моделей при проектуванні таких модулів руху дозволяє проводити їх синтез базуючись на єдиних методологічних підходах, отримати пристрої з бажаними характеристиками. Враховуючи вище викладене розроблення методики проектування ГМР за їх узагальненими моделями є актуальним науково-технічним завданням, що і є метою даної статті.

Аналіз літературних джерел. Розрахунку та проектуванню гідравлічних елементів і систем, розробці математичних моделей їх робочих процесів присвячені роботи: Башти Т.М., Гаминіна Н.С., Абрамова Е.И., Андренка П.М., Зайончковського Г.Й., Лур'є З.Я., Raymonda E.T. [2 – 7] й інших. В наведених в них математичних моделях гідравлічних систем та апаратів розглядаються конкретні конструктивні рішення гідравлічних систем та апаратів. В даних роботах не розглядається узагальнена математична модель робочого процесу ГМР. Аналіз науково-технічної літератури виявив, що відсутні єдині підходи, щодо до розроблення математичних моделей гідравлічних модулів руху. Ряд припущень, які приймаються при їх розробці, не цілком обґрунтовані. В зв'язку з вищевикладеним нами була поставлена задача, виходячи з єдиних методологічних принципів розробити узагальнену математичну модель ГМР та методику розрахунку та проектування яка дозволяє встановити взаємозв'язок між параметрами переміщення вихідної ланки виконавчого механізму модуля руху, переміщенням ЗРЕ гідроапарата керування і силою керування ЗРЕ.

Узагальнена математична робочого процесу ГМР. Зазвичай при розробленні таких моделей приймають наступні припущення: корпуса виконавчих механізмів, гідроапаратів та магістралей – абсолютно жорсткі, а їх пружні властивості враховуються модулем об'ємної пружності робочої рідини (РР); пружини працюють в межах де їх характеристики лінійні та не відбувається відрив їх кінців від поверхонь контакту; початковими ділянками трубопроводів та каналів нехтують; у гідравлічному модулі відсутні: витоки, кавітація, гідравлічний удар і виконується умова нерозривності РР; швидкість звуку в РР є сталою та значно більшою за швидкість руху РР; РР – ньютонівська, а її течія ізотермічна. Проводять декомпозицію ГМР та у залежності від конструктивних рішень окремих його елементів розробляють їх математичні моделі. Для пришвидшення розробки яких нами пропонується використовувати узагальнену математичну модель.

Узагальнена математична модель гідравлічного елемента містить рівняння: руху рухомих елементів

$$m_{pe} \ddot{x}_{pe} = F_{кер}(t) - F_{\Delta p}(t) - F_{пр\Sigma}(t) - F_{гд}(t) - F_{тр}(t); \quad (1)$$

нерозривності

$$q_{гс}(t) = q_1(t) + q_{ст}(t) + q_{пер}(t); \quad (2)$$

витрати через місцеві опори та канали

$$q(t) = f(Re, A, \Delta p, \rho, t); \quad (3)$$

обмеження переміщення рухомих елементів

$$0 < x_{ре}(t) \leq x_{ре\max}; \quad (4)$$

зміни стану РР

$$T_a = const, \quad \rho(t) = f(p, T_a, t). \quad (5)$$

У рівняннях (1) – (5) $m_{ре}$ – маса рухомих елементів; t – час; $x_{ре}(t)$ і $x_{ре\max}$ – відповідно переміщення рухомих елементів і його максимальне значення; $F_{кер}(t)$, $F_{\Delta p}(t)$, $F_{пр\Sigma}(t)$, $F_{гд}(t)$ і $F_{тр}(t)$ – відповідно сили керування, перепаду тиску на рухомому елементі, сумарна пружин, гідродинамічна і тертя; P і Δp – відповідно тиск і перепад тиску; $q_{гс}(t)$, $q_1(t)$, $q_{ст}(t)$ і $q_{пер}(t)$ – відповідно витрата в гідросистемі (на вході в гідравлічний модуль руху), виконавчому механізмі, стиску РР і перітікань; Re – число Рейнольца; A – площа щілини, отвору або каналу; $\rho(t)$ – густина РР; T_a – абсолютна температура.

Зазвичай температуру T_a приймали рівною її середньому значенню, а густину РР $\rho(t)$ визначають залежно від її газовмісту та зміни тиску в гальмівній системі літака за залежністю з статті [8].

Зазначимо, що розрахунок сил, які входять до рівняння (1), проводять у відповідності до конструктивної схеми елемента за відомими з літературних джерел аналітичними залежностями, наприклад роботи [9].

При використанні в якості виконавчого механізму одноштокового гідроциліндра (ГЦ), його математична модель складається з рівнянь руху штока ГЦ разом з приведеними до нього масами рухомих частин

$$m\ddot{y} = A_1 p_1(t) - A_2 p_2(t) - F_{тер}(t) - F_{нав}(t); \quad (6)$$

витрати РР в лівій (безштоковій) і правій (штоковій) порожнині ГЦ

$$\left. \begin{aligned} q_1(t) &= A_1 \dot{y} + \frac{W_{ноп} + A_1 \dot{y} dp_1(t)}{E_{пр} dt}, \\ q_2(t) &= A_2 \dot{y} - \frac{W_{шт} - A_2 \dot{y} dp_2(t)}{E_{пр} dt} \end{aligned} \right\}; \quad (7)$$

- обмеження переміщень поршня ГЦ

$$y < y(t) \leq y_{\max}. \quad (8)$$

У рівняннях (6) – (8): m – маса штока ГЦ разом з приведеними до нього масами рухомих частин; y – переміщення штока ГЦ; A_1 і A_2 – відповідно площі безштокової і штокової порожнин ГЦ; $p_1(t)$ і $p_2(t)$ – відповідно тиск у без штокової і штоковій порожнинах ГЦ; $F_{тер}(t)$ і $F_{нав}(t)$ – відповідно сили тертя, яку розраховуємо згідно залежності з статті [10], і сила зовнішнього навантаження; $W_{ноп}$ і $W_{шт}$ – відповідно об'єми безштокової і штокової порожнин ГЦ; $E_{пр}$ – приведений модуль об'ємної

пружності РР, у якому модуль об'ємної пружності РР з врахуванням вмісту повітряної фази, тиску та температури визначали за формулою з статті [8];

В разі використання в якості виконавчого механізму гідромотора використовують його математичну модель наведену в [7].

Математичну модель ГМР отримують з'єднуючи математичні моделі окремих її елементів математичними моделями трубопроводів та каналів. Для цього можна використовувати їх математичні моделі у зосереджених параметрах, за Т- чи Г-подібними схемами [11].

Слід зазначити, що конструктивні та робочі параметри ГМР, такі як діаметр умовного проходу каналів та трубопроводів, геометричні розміри ГЦ і маса його рухомих частин, номінальне значення тиску живлення й інші, вибирають з ряду відповідного ДСТУ.

Методика розрахунку та проектування ГМР. Вважаємо, що у початковий момент часу запірно-регулюючий елемент гідроапарату керування знаходиться у нейтральному положенні і швидкість поршня, тиск в порожнинах ГЦ та витрата РР дорівнюють нулю. Приймаємо приведену масу до штока ГЦ постійною. Обмежуємо максимальне значення тиску у штоковій порожнині ГЦ $p_{2\max} \leq p_2^*$, де p_2^* визначають з умови міцності ГЦ.

1. Задаємо початкові умови: $y(0) = y_0$; $\dot{y}(0) = 0$; $\ddot{y}(0) = 0$; $q_1(0) = 0$; $q_2(0) = 0$. Приймаємо, що також дорівнюють нулю переміщення, швидкість та прискорення запірно-регулюючий елемент гідроапарату керування.

2. У відповідності до заданого алгоритму функціонування ГМР задавали закон руху штока ГЦ $y(t) = y_0 + f_y(t)$.

3. Диференціюючи $y(t)$ отримали $\dot{y}(t)$. Підставляючи отримані значення $\dot{y}(t)$ у рівняння (7) отримали закон зміни витрати в порожнинах ГЦ.

4. Підставляючи отриманий закон зміни витрати в порожнинах ГЦ у рівняння (3) та задаючись законом зміни площі дроселюючої щілини гідроапарата $A_{щ}(t) = f_A(x_{pe})$ отримують закон зміни положення ЗРЕ в часі – $x_{pe}(t)$.

5. Диференціюючи значення $x_{pe}(t)$ отримали \dot{x}_{pe} і \ddot{x}_{pe} . Підставляючи отримані значення \dot{x}_{pe} і \ddot{x}_{pe} у рівняння (1) та розв'язуючи його відносно $F_{кер}(t)$ отримуємо зміну в часі силу керування ЗРЕ гідроапарата керування.

Таким чином знайдено взаємозв'язок між параметрами переміщення вихідної ланки виконавчого механізму ГМР, переміщенням ЗРЕ гідроапарата керування і силою керування ЗРЕ. Слід зазначити, що розроблена методика проектування ГМР має універсальний характер.

Висновки. Запропоновано узагальнену математичну модель робочого процесу гідравлічних модулів руху використання якої дозволить пришвидшити розробку математичних моделей таких модулів. Розроблена методика проектування гідравлічних модулів руху за їх узагальненими математичними моделями яка дозволяє прискорити створення і впровадження нових та модернізованих модулів з бажаними динамічними та статичними характеристиками. Встановлений взаємозв'язок між параметрами переміщення вихідної ланки виконавчого механізму модуля руху, переміщенням ЗРЕ гідроапарата керування і силою керування ЗРЕ.

Список літератури: 1. *Свешников В. К.* Где настоящее встречается с будущим. Выставка «Интердрайв-2012» [Текст] / *В. К. Свешников:* электронный ресурс // режим доступа: <http://www.konstruktor.net/pogrobnee-elekt/items>. 2. *Башта Т. М.* Гидравлический привод летательных аппаратов / *Т. М. Башта* – М.: Машиностроение, 1967. – 495 с. 3. *Гамынин Н. С.* Гидравлический привод систем управления / *Н. С. Гамынин* – М.: Машиностроение, 1972. – 376 с. 4. *Абрамов Е. И.* Проектирование систем управления летательных аппаратов / *Е. И. Абрамов, Г. Й. Зайончковский* – К.: НАУ, 2005. – 188 с. 5. *Лурье З. Я.* Динамические характеристики линеаризованной модели следящего рулевого привода / *З. Я. Лурье, И. А. Солдатенков, И. Г. Лищенко* // Промислова гідравліка і пневматика. – 2008. – № 3 (21). – С. 51 – 55. 6. *Raymond E. T., Chenoweth C. C.* Aircraft Flight Control Actuation System Design: Published Society of Automotive Engineers Inc. – Warren dale, USA, 1993. – 242 p. 7. *Андренко П. М.* Проектирование гидроагрегатов обертання: монографія / *П.М. Андренко, І. П. Гречка, М. С. Свиноаренко.* НТУ «ХП». – Х.: Видавництво «НТМТ», 2013 – 148 с. 8. *Лурье З., Федоренко И.* Исследование рабочего процесса мехатронного гидроагрегата системы смазки металлургического оборудования с учетом характеристик двухфазной жидкости // MOTROL: Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin. – 2010. – Vol. 12 С. 10 – 25. 9. *Лурье З. Я.* Метод расчета гидродинамической силы на осциллирующем запорно-регулирующем элементе гидроаппарата / Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин: междунар. науч.-технич. конф., 17-19 ноябр. 2010 г.: сборник докладов / *З. Я. Лурье, П. Н. Андренко* – Минск, БНТУ, 2010. С. 47 – 53. 10. *Korzeneniowski R.* Identyfikacja sil tarcia w serwonapedzie elektropneumatycznym [Текст] / *R. Korzeneniowski, J. Pluta* // International scientific-technical conference HYDRAULIC AND PNEUMATICS '2005. – Wroclaw, 2005. – P. 283 – 292. 11. *Скляревский О. М.* Об'ємний гідропривід: [навч. посіб.] / *О. М. Скляревский* // – Запоріжжя: ЗНТУ, 2001. – 212 с.

Надійшла до редколегії 18.09.2013

УДК 665.9

Проектирование гидравлических модулей руху за їх узагальненими математичними моделями / Свиноаренко М. С. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.11-15. – Бібліогр.: 11 назв.

Предложена математическая модель рабочего процесса гидравлических модулей движения применение которой, позволит ускорить разработку математических моделей таких модулей. Установлена взаимосвязь между параметрами перемещения выходного звена исполнительного механизма модуля движения, перемещением запорно-регулирующего элемента (ЗРЭ) гидроаппарата управления и силой управления ЗРЭ.

Ключевые слова: гидравлический модуль, математическая модель, методика проектирования, гидроцилиндр, характеристики.

A mathematical model of workflow modules hydraulic motion the use of which will accelerate the development of mathematical models of such modules. The relationship between the parameters of the output displacement of the actuator module-level movement, moving shutoff element (ZRE) decoupler control and power management ZRE.

Keywords: hydraulic module, a mathematical model, the method of design, hydraulic cylinder specifications.

УДК 621.08.45

А. П. НИКОЛАЕНКО, канд. техн. наук, доц., Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, Луганск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВИБРАЦИОННЫХ СТАНКОВ С U-ОБРАЗНОЙ ФОРМОЙ КОНТЕЙНЕРА

В работе представлено математическое моделирование движения U-образного контейнера вибрационного станка, с целью нахождения оптимального положения вибровозбудителя относительно контейнера и предложена усовершенствованная конструкция станка.

Ключевые слова: вибрационная обработка, циркуляционное движение, вибрационный станок, оптимальная конструкция, производительность.

© А. П. НИКОЛАЕНКО, 2013