



Іскович-Лотоцький Р. Д.

Обертюх Р. Р.

Поліщук О. В.

*Вінницький  
національний  
технічний  
університет*

УДК 62-523.3

## МЕТОДИКА ПРОЕКТНОГО РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ПРИВОДУ ВІБРАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

*В работе проведен анализ влияния частотных, силовых, габаритных характеристик и параметров электродвигателей на соответствующие характеристики проектируемых приводов. Для упрощения проведения проектных расчетов в статье предложена блок-схема алгоритма усовершенствованной методики расчета электромеханической части гидроимпульсных приводов. Предложенный алгоритм расчета может быть использован специалистами при проектировании гидроприводов с известными закономерностями изменения нагрузки на главном валу электромеханической части этих приводов.*

*The analysis of influence of frequency, power and overall descriptions and parameters of electric motors is in-process conducted on the proper descriptions of the designed drives. For simplification of leadthrough of project calculations blok-skhem of algorithm of the improved method of calculation of electromechanics part of gidraulic impulse drives is offered in the article. The algorithm of calculation is offered can be utilized specialists at planning of gidraulic drives with the known conformities to the law of change of loading on the main billow of electromechanics part of these drives.*

Основними параметрами необхідними для проектного розрахунку електромеханічної частини гідроімпульсного приводу вібраційного обладнання з гідроімпульсним приводом (розрахункова схема приводу наведена на рис.1), значення яких визначено експериментально чи аналітично і, відповідно, має бути витримане конструктивними параметрами приводу для забезпечення його стабільної та надійної роботи, є:

- робочі тиски спрацювання віброзбудувача приводу  $p_1, p_2$ , МПа;

- частота імпульсних навантажень пресованого матеріалу  $f$ , Гц;

- циклограма зміни тиску в акумулювальному об'ємі приводу;

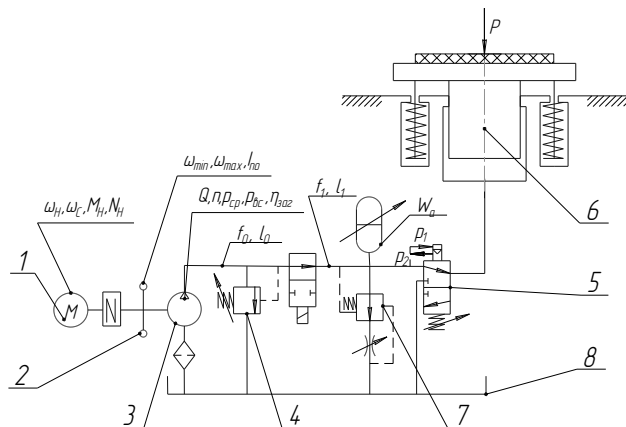
- загальний ККД електромеханічної частини приводу  $\eta_{заг}$ ;

- довжини та площі поперечного перерізу гідроліній акумулювального об'єму;

- максимальний об'єм гідроакумулятора приводу  $W_{атах}$ , м<sup>3</sup>;

- максимальний об'єм гідроциліндра приводу  $W_{цтах}$ , м<sup>3</sup>;

- допустимий коефіцієнт нерівномірності руху ротора електродвигуна [δ] [3,4].



**Рис. 1. Розрахункова схема електромеханічної системи ІВМ:**  
1 — електродвигун; 2 — муфта з маховиком; 3 — насос; 4 — запобіжний клапан; 5 — вібробуджувач;  
6 — виконавчий гідроциліндр;  
7 — регулятор витрат; 8 — бак;  
P — технологічне зусилля

При виборі електродвигуна приводу необхідно визначити його динамічні та силові характеристики[2], а саме частоту обертання ротора та, відповідно, крутний момент на вихідному валу. Перевагою електродвигунів з частотою обертання вихідного валу  $\approx 750$  об/хв. є значний крутний момент на валу ротора, але в такому разі при проектуванні приводів необхідно використовувати гідронасоси із значною подачею робочої рідини, що мають більші габаритні розміри, і в поєднанні з великими габаритними розмірами власне електродвигунів накладатимуть певні просторові обмеження при компонуванні електромеханічної системи приводу та вимагатимуть підсилення несучої конструкції. В свою чергу двигуни з частотою обертання вихідного валу  $\approx 3000$  об/хв. обмежені у використанні відносно низьким крутним моментом на валу ротора, що з врахуванням значної величини моменту сил опору під час набору тиску в системі гідроімпульсного приводу до величини  $p_1$  спрацювання вібробуджувача викликатиме їх значне перевантаження. Крім того в разі використання електродвигунів з частотою обертання вихідного валу  $\approx 3000$  об/хв. для забезпечення достатньої швидкості набору тиску в акумулювальному об'ємі достатнім буде використання гідронасосів із незначною

подачею, що, в свою чергу значно обмежить силові характеристики приводу. Тому при проектуванні електромеханічної частини гідроімпульсного приводу доцільно використовувати асинхронні електродвигуни з синхронною частотою обертання вихідного валу 1500 об/хв.

Розрахунок необхідної потужності електродвигуна приводу вимагає попереднього визначення повної подачі гідронасоса[1], при виборі якого мають бути враховані частотні параметри робочих режимів проектного вібраційного обладнання з гідроімпульсним приводом. Це необхідно для забезпечення достатньої швидкості набору тиску в акумулювальному об'ємі приводу(при підключенні вібробуджувача за схемою «на вході») чи в загальному об'ємі приводу(при підключенні вібробуджувача за схемою «на виході»). Подачу гідронасоса можна визначити [1]

$$Q_{н1} = p_1 \frac{W_{a.o.}}{t_{н.м} \cdot K_p}, \quad (1)$$

де  $W_{a.o.}$  – акумулювальний об'єм гідроприводу до вібробуджувача;  
 $K_p$  – модуль пружності робочої рідини;  
 $t_{н.м}$  – час набору тиску в гідросистемі приводу.

Для проектних розрахунків до розрахунку доцільно враховувати частину акумулювального об'єму гідроприводу до вібробуджувача та максимальний об'єм гідроакумулятора. При виборі максимально допустимого часу набору тиску  $t_{н.м}$  не слід враховувати тривалість процесів розрядки гідроакумулятора та падіння тиску в системі взявши до розрахунку встановлений технологічно період робочого циклу  $T=1/f$ , що забезпечить додатковий запас «міцності» електромеханічної системи.

Середній тиск на виході з гідронасоса в проектованому приводі можна розраховувати залежно від способу підключення вібробуджувача. У випадку підключення вібробуджувача за схемою «на вході» циклограма зміни тиску буде аналогічна приведеній на рис. 2, а, і середній тиск може бути розрахований

$$p_{ср} = p_1 \left( \frac{1}{f} - (t_1 + t_2) \right) \cdot f + 0.5 f (t_1 + t_2) (p_1 + p_2) \quad (2)$$

При підключенні вібробуджувача за схемою «на виході» циклограма зміни тиску на виході з насоса буде аналогічна приведеній на

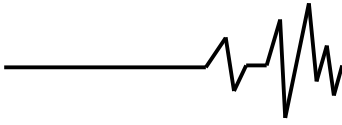


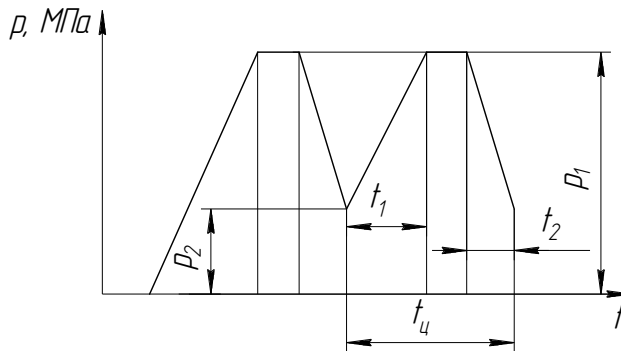
рис. 2, б і середній тиск може бути розрахований за формулою

$$p_{сер} = 0.5(p_1 + p_2) \quad (3)$$

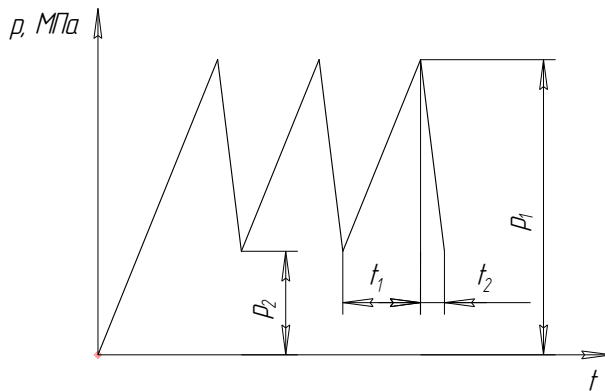
З врахуванням вищенаведеного питома подача гідронасоса приводу визначається

$$q = p_{сер} \frac{W_{a_{max}} + l_0 f_0 + l_1 f_1}{T \cdot K_p \cdot n_{дв}}, \quad (4)$$

де  $n_{дв}$  – частота обертання вала електродвигуна.



а)



б)

**Рис. 2. Циклограми зміни тиску на виході з гідронасоса приводу при підключенні вібробудувача за схемою «на вході» - а) і «на виході» - б)**

В роботі [4] було проведено детальний аналіз роботи електромеханічної системи в умовах нерівномірного навантаження і обґрунтовано необхідність збільшення її інерційних параметрів для забезпечення роботи електродвигуна з коефіцієнтом нерівномірності руху не більше допустимого значення та без перевантажень. Визначення моменту інерції додаткової обертової маси в електромеханічній системі приводу можна здійснити за алгоритмом блок-схема якого наведена на рис. 3, 4.

Позначення в блок-схемі:

$l_1, l_0, l_3, f_1, f_0, f_3$  – довжини і площі перерізу гідроліній в системі гідроімпульсного приводу до вібробудувача;

$t_1, t_2$  – час набору та падіння тиску в гідросистемі приводу;

$\omega$  – кутова швидкість вала електродвигуна;

$u$  – відносна тривалість елементів циклу;

$L$  – момент сил опору на валу електродвигуна;

$M$  – обертовий момент на валу електродвигуна;

$A = B \omega_c^2, B = M_H / (\omega_c^2 - \omega_H^2)$  – постійні коефіцієнти ( $M_H$  – номінальний момент,  $\omega_H$  – номінальна і  $\omega_c$  – синхронна кутові швидкості ротора);

$I_n$  – сумарний момент інерції обертових мас електромеханічної частини гідроімпульсного приводу.

### Висновки

Запропонований алгоритм розрахунку дозволяє одночасно визначити зміну кутової швидкості обертових мас електромеханічної системи, моменту сил опору на валу гідронасоса, що може бути використано при проведенні проектних розрахунків на міцність та надійність елементів приводу. Для реалізації розрахунків згідно алгоритму доцільно використовувати електронно-обчислювальну техніку [3, 4]. Слід відзначити, що запропонована методика може бути використана як для проектних, так і для проведення перевірочних розрахунків. Оскільки запропонований алгоритм дозволяє проводити розрахунки і для гідроімпульсних приводів з підключенням вібробудувача по схемі «на виході», його також можна використовувати для гідроприводів інших типів, що мають циклічний режим зміни робочих навантажень, який описується відповідними циклограмами зміни робочого тиску на виході з гідронасоса.

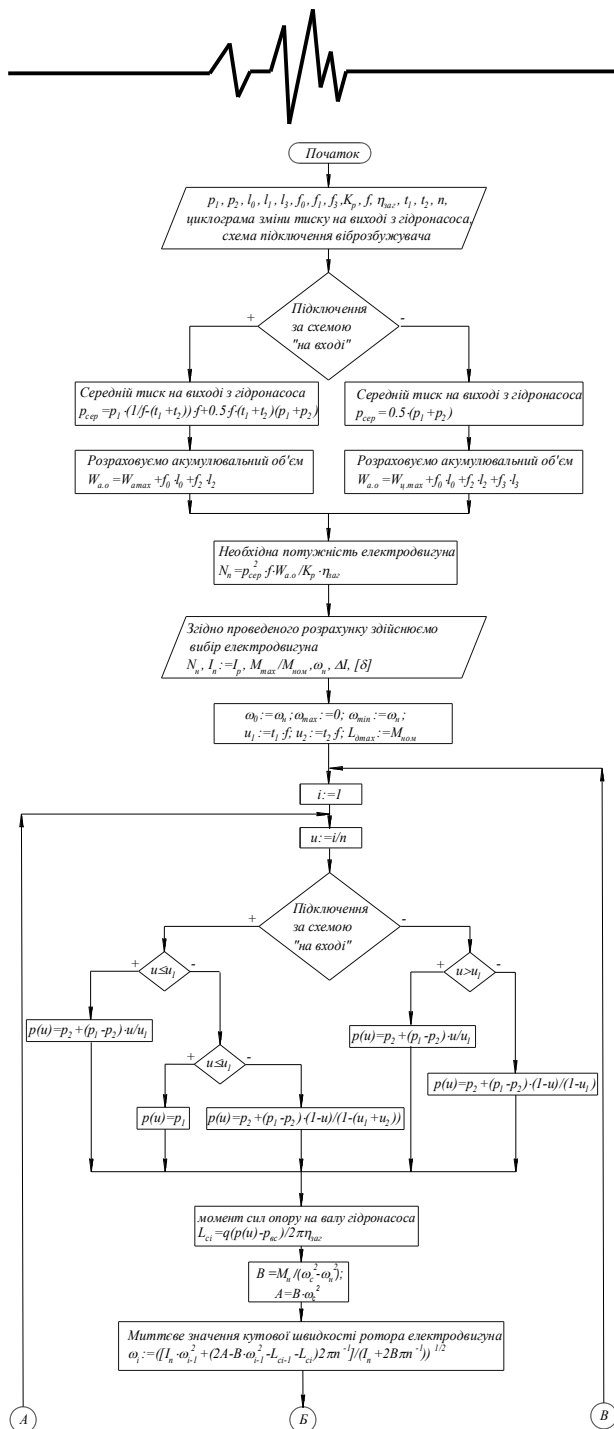


Рис. 3. Блок-схема алгоритму розрахунку електромеханічної частини гідроімпульсного приводу

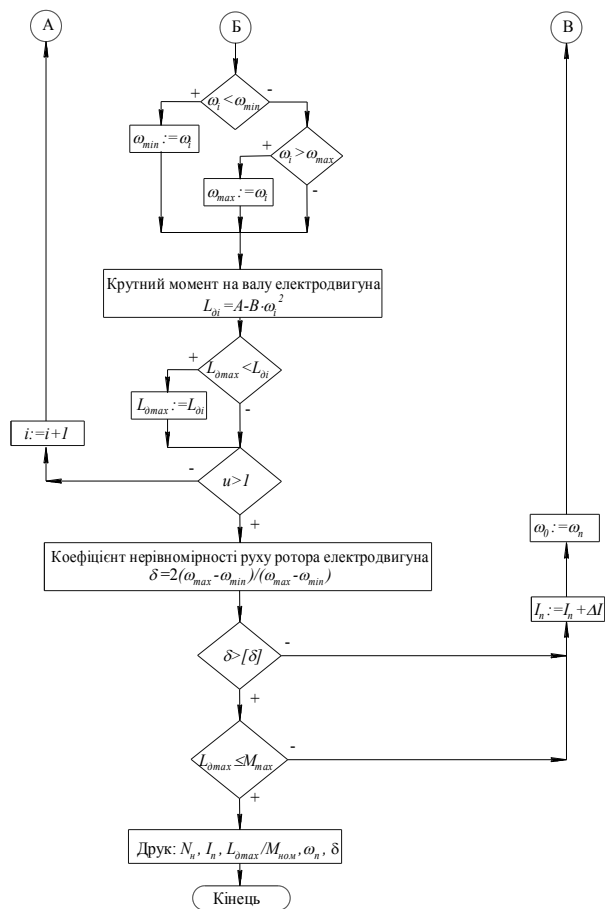


Рис. 4. Блок-схема алгоритму розрахунку електромеханічної частини гідроімпульсного приводу

Література

1. Искович-Лотоцкий Р. Д. Основы теории расчёта та розробка процесів і обладнання длі віброударного пресування. Монографія. / Искович-Лотоцкий Р. Д. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. — 338 с.
2. Справочник по электрическим машинам: в 2 Т. / [Под общ. ред. И.П. Крылова и Б.К. Клокова.] — М.: Энергоатомиздат, 1988. — Т.1. — 1988. — 456 с.
3. Искович-Лотоцкий Р.Д. Особенности расчета электромеханических параметров привода импульсных вибропрессов-молотов/ Искович-Лотоцкий Р.Д., Обертюх Р.Р., Мохнатюк А.И. — Вестник машиностроения, 1991, № 8. — С. 24—27.
4. Искович-Лотоцкий Р.Д. Дослідження роботи гідроімпульсного приводу вібраційного обладнання / Искович-Лотоцкий Р.Д., Обертюх Р.Р., Поліщук О.В. — Вісник ВПІ, 2008, № 2. — С. 71 —75.