

# ВПЛИВ ВЕЛИЧИН ТЕХНОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ПОДАЧІ НАСОСА НА ХВИЛЬОВІ ПРОЦЕСИ В ДОВГІЙ НАПІРНІЙ ЛІНІЇ ГІДРОПРИВОДУ ПОСТУПАЛЬНОГО РУХУ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

З використанням методу імітаційного моделювання в середовищі MATLAB Simulink проведені дослідження гідроприводу поступального руху з довгою напірною гідролінією для виявлення впливу технологічного навантаження і подачі насоса на характер хвильових процесів.

**Ключові слова:** гідропривід поступального руху, довга напірна гідролінія, математична модель, середовище MATLAB Simulink, технологічне навантаження, подача насоса, хвильові процеси.

## Abstract

Using the method of simulation modeling in the environment of MATLAB Simulink studies hydraulic translational motion with long pressure lines to identify the impact of technological TION-loading, and the nature of the pump wave processes.

**Keywords:** hydraulic drive of forward motion, long pressure hydroline, mathematical model, calculable structure, environment of MATLAB Simulink, process load, pump feed, wave processes.

## Вступ

В деяких гідрофікованих машинах виконавчі органи знаходяться на значній відстані від насосної станції. Така конструкція машини може спричинити хвильові процеси в напірній гідролінії. В деяких випадках значні коливання тиску зменшують довговічність трубопроводів, гідроагрегатів, рукавів високого тиску та їх фітінгів тощо.

Результати дослідження хвильових процесів в гідроприводах машин висвітлені в роботах авторів [1 – 3]. В будівельних машинах і машинах для агропромислового та лісозаготівельного комплексів можуть відбуватися різкі зміни технологічного навантаження і подачі робочої рідини у гідродвигун виконавчого органу. Тому, на думку авторів цього дослідження, виявлення впливу вищезгаданих факторів на появу і перебіг хвильових процесів в гідроприводі є актуальним. Таким чином, метою роботи є виявлення впливу ступінчастої зміни величин технологічного навантаження і подачі насоса на характер хвильових процесів в довгих напірних лініях гідроприводів.

## Результати досліджень

Дослідження проводились за допомогою математичного моделювання в середовищі MATLAB Simulink. Розрахункова схема гідроприводу з довгою напірною гідролінією, припущення, за яких розроблялась математична модель, рівняння математичної моделі, прийняті в цих рівняннях позначення наведені в роботі [4].

Структурна схема математичної моделі досліджуваного гідроприводу і обчислювальна структура для імітаційного моделювання в програмному наведені в роботі [5].

Дослідження проводилось за таких незмінних параметрів гідроприводу:  $W_n = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $W_y = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $f_p = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ;  $d_m = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ;  $b = 2000 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}$ ;  $F_y = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ ;  $\beta = 0,625 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{Н}$ ;  $\delta_m = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ;  $\rho = 912 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $\mu = 0,79$ ;  $\xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \xi_4 = \xi_5 = \xi_6 = \xi = 3 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3 \cdot \text{с}$ ;  $n = 6$ .

Інші параметри варіювались з метою виявленням їх впливу на характер хвильових процесів.

На рис. 1 і рис. 2 показані отримані імітаційним моделюванням приклади графіків часових характеристик хвильових процесів у напірній магістралі гідроприводу. Хвильові процеси, в даному випадку, спричинені збуреннями у вигляді ступінчастої зміни технологічного навантаження  $T$  від 0 до 5 кН за сталої

подачі насоса 60 л/хв. (рис. 1) і ступінчастою зміною подачі насоса  $Q_H$  від 30 л/хв. до 120 л/хв. за сталого технологічного навантаження 5 кН (рис. 2). Порівняння графіків показує, що тривалість хвильового процесу і частота коливань не залежать від характеру збурення (ступінчастої зміни  $T$  чи  $Q_H$ ).

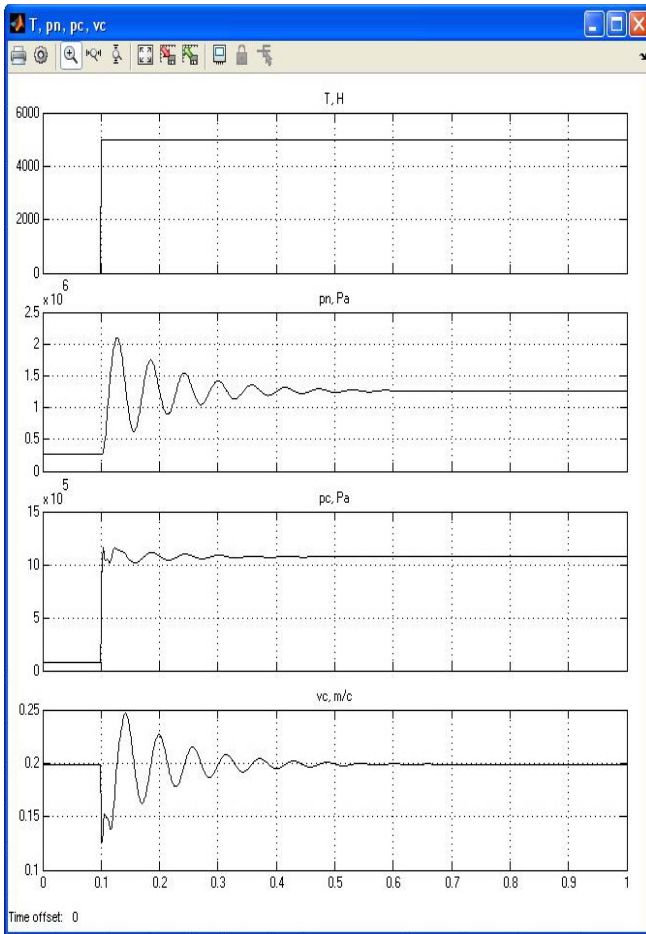


Рис. 1. Перехідний процес, спричинений ступінчастою зміною технологічного навантаження  $T$  від 0 до 5 кН: зверху вниз — технологічне навантаження  $T$ ; тиск на виході насоса  $p_n$ ; тиск в гідроциліндрі  $p_ц$ ; швидкість руху об'єкта керування  $v$

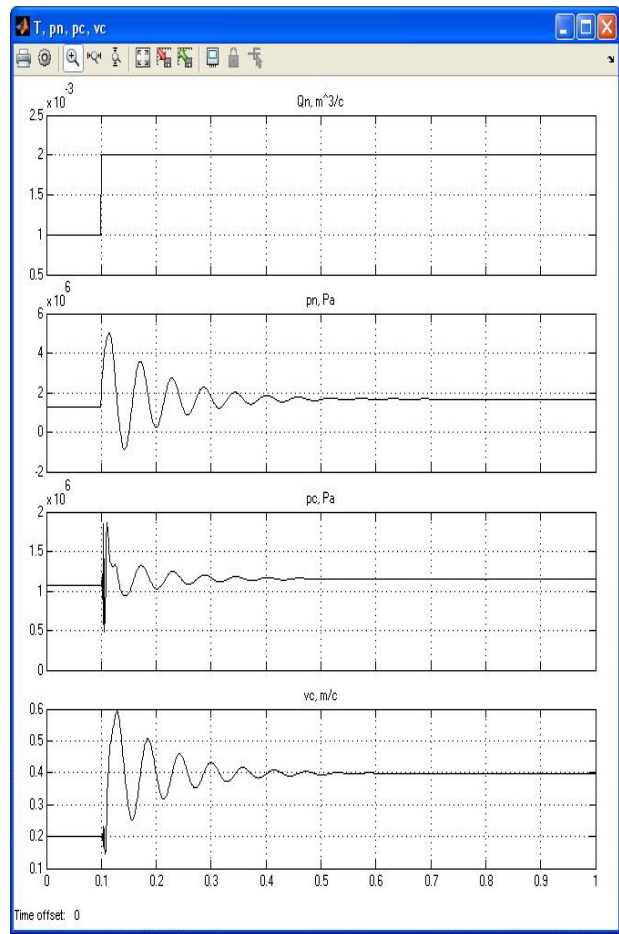


Рис. 2. Перехідний процес, спричинений ступінчастою зміною подачі насоса від 30 л/хв. до 120 л/хв: зверху вниз — подача насоса  $Q_H$ ; тиск на виході насоса  $p_n$ ; тиск в гідроциліндрі  $p_ц$ ; швидкість руху об'єкта керування  $v$

На рис. 3 показаний графік залежності максимальної амплітуди коливань тиску на виході насоса від величини технологічного навантаження  $T$ . У даному імітаційному експерименті перехідний процес спричинявся ступінчастою зміною подачі насоса від 20 л/хв до 80 л/хв. З графіка видно, що величина технологічного навантаження не впливає на максимальну амплітуду коливань тиску. На рис. 4 показаний графік залежності максимальної амплітуди коливань швидкості робочої рідини в кінцевій ділянці гідролінії від величини технологічного навантаження  $T$ . Очевидно, що величина технологічного навантаження не впливає і на максимальну амплітуду коливань швидкості робочої рідини.

Досліджувався вплив величини стрибка технологічного навантаження на максимальну амплітуду коливань тиску на виході насоса ( $A_{\max}(p_n)$ ). В реальній машині такий стрибок може виникати, коли робочий орган, наприклад ківш екскаватора, врізається в ґрунт. В імітаційному експерименті нижнє граничне значення технологічного навантаження становило 0 кН. Верхнє граничне значення змінювалось від 2,5 кН до 60 кН. Графік отриманої залежності показаний на рис. 5. З графіка видно, що величина  $A_{\max}(p_n)$  прямо пропорційна величині стрибка  $\Delta T$  технологічного навантаження. Досліджувався також вплив величини стрибка  $\Delta T$  на максимальну амплітуду коливань швидкості робочої рідини в кінцевій ділянці гідролінії. Графік отриманої залежності показаний на рис. 6. Очевидно, що максимальна амплітуду коливань швидкості робочої рідини також прямо пропорційно залежить від величини стрибка технологічного навантаження.

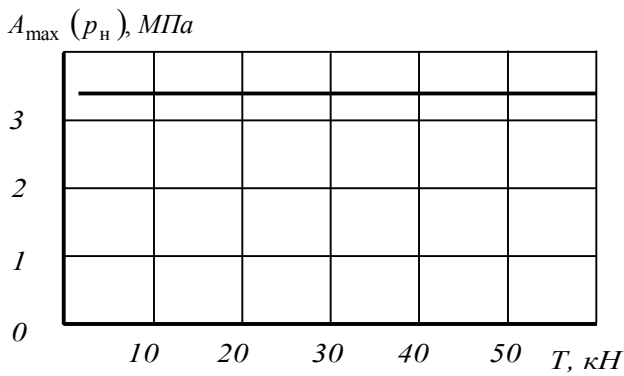


Рис. 3. Вплив величини технологічного навантаження  $T$  на максимальну амплітуду коливань тиску на виході насоса (перехідний процес спричинений ступінчастою зміною подачі насоса від 20 до 80 л/хв.)

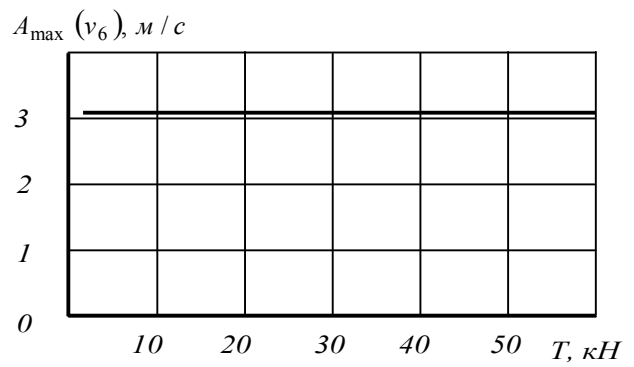


Рис. 4. Вплив величини технологічного навантаження  $T$  на максимальну амплітуду коливань швидкості руху робочої рідини на виході напірної гідролінії (перехідний процес спричинений ступінчастою зміною подачі насоса від 20 до 80 л/хв.)

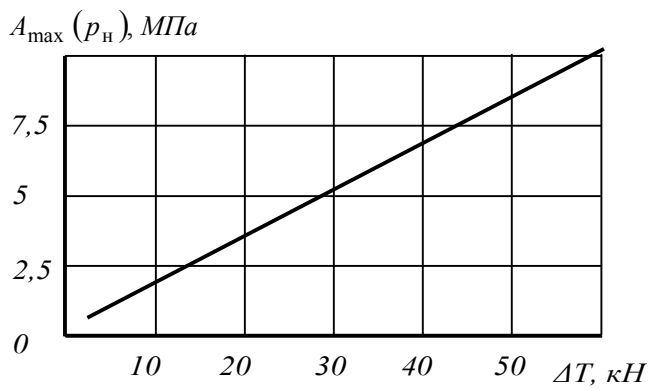


Рис. 5. Вплив величини стрибка технологічного навантаження  $\Delta T$  на максимальну амплітуду коливань тиску на виході насоса

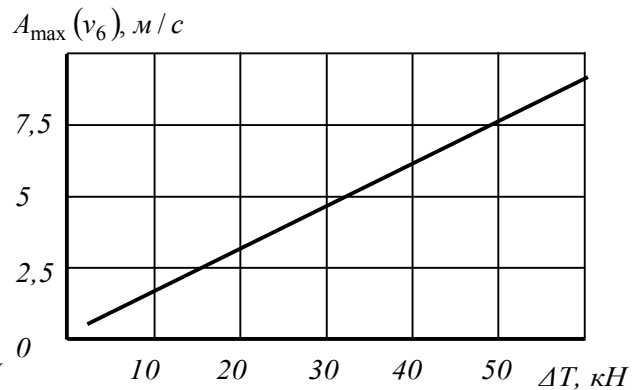


Рис. 6. Вплив величини стрибка технологічного навантаження  $\Delta T$  на максимальну амплітуду коливань швидкості руху робочої рідини на виході напірної гідролінії

Проведені дослідження впливу величини стрибка подачі насоса  $\Delta Q_H$  на максимальну амплітуду коливань тиску на виході насоса  $A_{\max}(p_H)$  і на максимальну амплітуду коливань швидкості робочої рідини в кінцевій ділянці гідро лінії. Нижнє граничне значення подачі насоса складало 20 л/хв. Верхнє граничне значення змінювалось від 30 л/хв. до 80 л/хв. З графіка (рис. 7) видно, що величина  $A_{\max}(p_H)$  прямо пропорційна величині стрибка  $\Delta Q_H$  подачі насоса. Максимальна амплітуда коливань швидкості робочої рідини також прямо пропорційно залежить від величини стрибка подачі насоса (рис. 8).

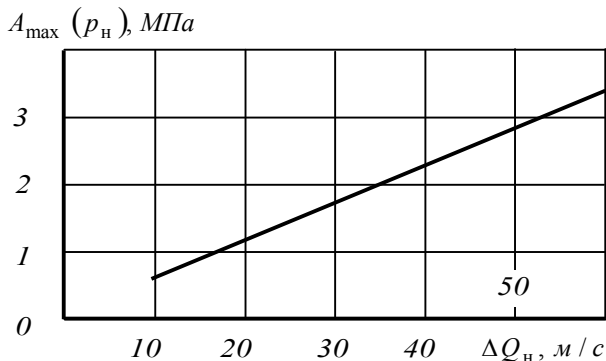


Рис. 7. Вплив величини стрибка подачі насоса  $\Delta Q_H$  на максимальну амплітуду тиску на виході насоса (перехідний процес спричинений ступінчастою зміною подачі насоса)

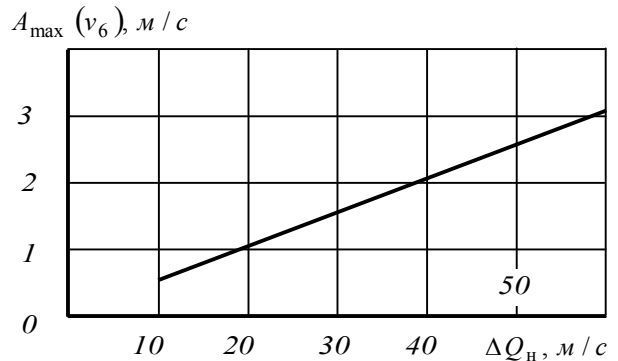


Рис. 8. Вплив величини стрибка подачі насоса  $\Delta Q_H$  на максимальну амплітуду швидкості робочої рідини на виході напірної гідролінії (перехідний процес спричинений ступінчастою зміною подачі насоса)

## Висновки

В результаті проведення імітаційних досліджень гідроприводу поступального руху з довгою напірною гідро лінією встановлено, що:

- 1) величина усталеного технологічного навантаження в хвильовому процесі не впливає на максимальну амплітуду коливань тиску і на максимальну амплітуду коливань швидкості робочої рідини;
- 2) максимальна амплітуда коливань тиску і максимальна амплітуда коливань швидкості робочої рідини прямо пропорційні величині стрибка технологічного навантаження;
- 3) максимальна амплітуда коливань тиску і максимальна амплітуда коливань швидкості робочої рідини прямо пропорційні величині стрибка подачі насоса.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Попов Д. Н. Нестационарные гидромеханические процессы / Д. Н. Попов – М. : Машиностроение, 1982. – 240 с.
2. Навроцкий К. Л. Комбинированный метод расчета волновых процессов в длинных гидролиниях объёмных гидроприводов / К. Л. Навроцкий // Вестник машиностроения. – 1982. – № 2. – С. 42–49.
3. Тарко Л. М. Переходные процессы в гидравлических механизмах / Л. М. Тарко. – М. : Машиностроение, 1973. – 163 с.
4. Математична модель для імітаційного дослідження в середовищі MATLAB Simulink гідролічного приводу поступального руху з довгою напірною гідролінією / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, С. В. Репінський [та ін.] // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – № 3. – С. 108–115.
5. Моделювання гідроприводу поступального руху з довгою напірною гідролінією / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, С. В. Репінський, О. В. Черноволик // Тези доповідей II-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Гідро- та пневмоприводи машин», м. Вінниця, 15-16 листопада 2016 р. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – С. 156–159.

**Дерібо Олександр Володимирович** — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail:deriboov@ukr.net;

**Дусанюк Жанна Павлівна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця;

**Репінський Сергій Володимирович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Deribo Oleksandr** — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Professor of the Department of Technologies and Automation of Machine-building, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail:deriboov@ukr.net;

**Dusaniuk Zhanna** — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Technologies and Automation of Machine-building Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

**Repinskyi Serhii** — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Technologies and Automation of Machine-building Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.