

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРАХУНКУ СУМАРНИХ ВТРАТ ТИСКУ В ТРУБОПРОВОДІ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Розглянуто алгоритм та розроблено комп'ютерну програму, яка призначена для автоматизованого швидкого і точного розрахунку втрат тиску рідини по довжині та в місцевих гідравлічних опорах при русі рідини в трубопроводі. Програма може бути корисна інженерам, студентам для розрахунків у сфері «Гідравліки, гідродинаміки та гідроприводу».

**Ключові слова:** гідропривод, гідравлічні опори, втрати напору, втрати тиску, режими руху рідини, алгоритм, комп'ютерна програма.

### Abstract

An algorithm is considered and a computer program is developed for automated fast and accurate calculation of fluid pressure losses along the length and in local hydraulic resistances during fluid movement in the pipeline. The program can be useful for engineers, students for calculations in the field of hydraulics, hydrodynamics and hydraulic drive.

**Keywords:** hydraulic power drive, hydraulic resistance, head loss, pressure loss, fluid motion modes, algorithm, computer program.

### Вступ

Рух в'язкої рідини в гідроприводі супроводжується втратами напору, обумовленими гідравлічними опорами. Визначення втрат напору і, відповідно, втрат тиску в гідроприводі є одним із головних питань практично будь-якого гідравлічного розрахунку [1–5].

*Мета роботи* – розробка прикладної комп'ютерної програми для гідравлічного розрахунку втрат тиску в трубопроводі, що дозволяє автоматизувати процес розрахунку та скоротити його час.

### Результати дослідження

З точки зору розрахунку втрати напору при русі в'язкої рідини зручно розділити на два види:

- втрати на тертя по довжині  $h_{mp}$ , що залежать у загальному випадку від довжини та розмірів поперечного перерізу трубопроводу, його шорсткості, в'язкості рідини, швидкості течії;
- втрати в місцевих гідравлічних опорах  $h_m$  – коротких ділянках трубопроводів, в яких відбувається зміна швидкості за величиною або за напрямом.

$$h_n = h_{mp} + \sum h_m \text{ [м]}. \quad (1)$$

Алгоритм гідравлічного розрахунку втрат тиску рідини по довжині та в місцевих гідравлічних опорах при русі рідини в трубопроводі розглянуто в [1–5].

Розроблено блок-схему алгоритму виконання гідравлічного розрахунку втрат тиску в трубопроводі, що показана на рис. 1.

Розроблено комп'ютерну програму для гідравлічного розрахунку втрат тиску в трубопроводі [6], інтерфейс якої показано на рис. 2.

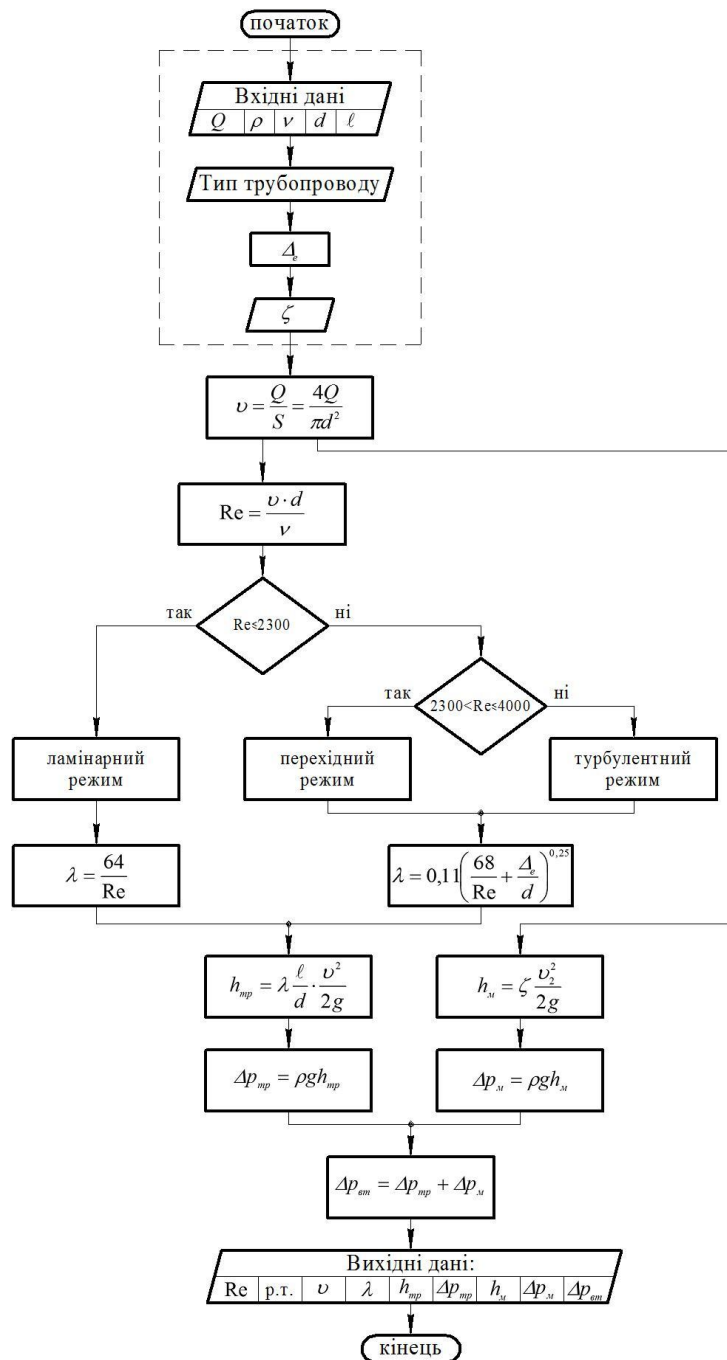


Рис. 1. Блок-схема алгоритму гідравлічного розрахунку втрат тиску в трубопроводі

Після запуску комп'ютерної програми «Гідравлічний розрахунок втрат тиску в трубопроводі» необхідно внести такі вхідні дані: витрату рідини, густину рідини, кінематичну в'язкість рідини, діаметр трубопроводу, довжину трубопроводу, середнє значення еквівалентної шорсткості стінок трубопроводу за типом трубопроводу та сумарний коефіцієнт місцевого гідравлічного опору.

На виході отримуються дані про: число Рейнольдса, режим течії (ламіна́рний, перехідний, турбулентний), середню швидкість руху рідини в трубопроводі, втрати напору по довжині, втрати тиску по довжині, втрати напору в місцевих гідравлічних опорах, втрати тиску в місцевих гідравлічних опорах та сумарні втрати тиску в трубопроводі.

За допомогою розробленої програми проведено розрахунки і отримано залежності втрат тиску в місцевих опорах  $\Delta p_m$  від сумарного коефіцієнту місцевого гідравлічного опору  $\zeta$  для різних витрат  $Q$  в трубопроводі (витрати  $Q$  в трубопроводі відповідають подачам різних типорозмірів шестеренних насосів – НШ10, НШ16, НШ32, НШ50, НШ100) (рис. 3).

Гідравлічний розрахунок втрат тиску в трубопроводі

**Вхідні дані**

Введіть витрату рідини ( Q )  л/хв

Введіть густину рідини ( ρ )  кг/м<sup>3</sup>

Введіть кінематичну в'язкість рідини ( ν )  ×10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с

Введіть діаметр трубопроводу ( d )  м

Введіть довжину трубопроводу ( L )  м

Еквівалентна шорсткість стінок трубопроводу ( Δε )

Виберіть тип трубопроводу   мм

Врахувати втрати енергії на подолання місцевих опорів

Введіть сумарний коефіцієнт місцевого гідравлічного опору ( ζ )

**Вихідні дані**

Число Рейнольдса ( Re )

Режим течії

Швидкість руху рідини в трубопроводі ( v )  м/с

Коефіцієнт гідравлічного тертя ( λ )

Втрати напору по довжині ( h<sub>тр</sub> )  м

Втрати тиску по довжині ( Δp<sub>тр</sub> )  Па

Втрати напору на подолання місцевих гідравлічних опорів ( h<sub>м</sub> )  м

Втрати тиску на подолання місцевих гідравлічних опорів ( Δp<sub>м</sub> )  Па

Сумарні втрати тиску в трубопроводі ( Δp<sub>вТ</sub> )  Па

Рис. 2. Інтерфейс комп'ютерної програми для гідравлічного розрахунку втрат тиску в трубопроводі

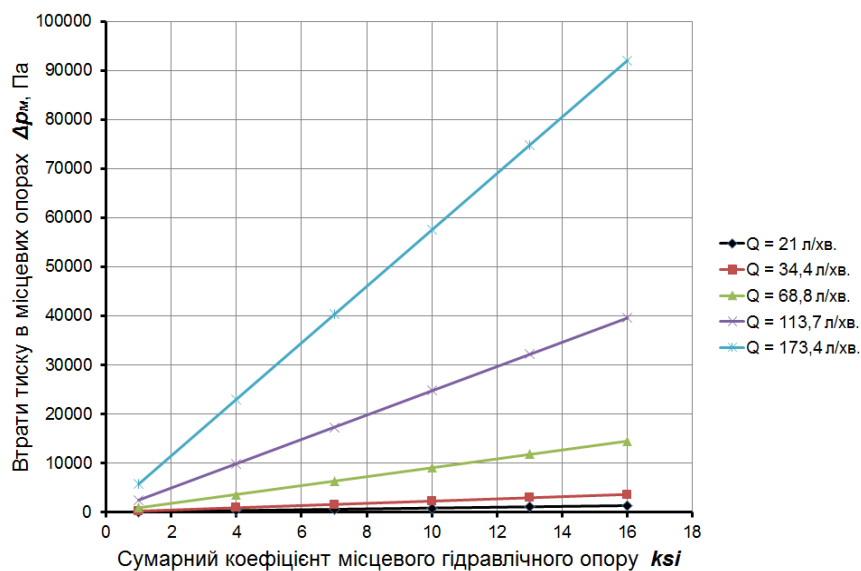


Рис. 3. Залежності втрат тиску в місцевих опорах  $\Delta p_m$  від сумарного коефіцієнту місцевого гідравлічного опору  $\zeta$  для різних витрат  $Q$  в трубопроводі

На рис. 4 представлено залежності втрат тиску по довжині (на тертя)  $\Delta p_{тр}$  від довжини  $\ell$  трубопроводу для різних витрат  $Q$  в трубопроводі. Очевидно, що зі збільшенням довжини трубопроводу  $\ell$  втрати напору і, відповідно, тиску  $\Delta p_{тр}$  також збільшуються. Найбільш похила ця характеристика при  $Q = 173,4$  л/хв. Це пояснюється тим, що при цій витраті збільшується середня швидкість руху рідини в трубопроводі  $v$  і ламінарний режим руху рідини переходить у турбулентний, відповідно, втрати тиску по довжині  $\Delta p_{тр}$  суттєво збільшуються.

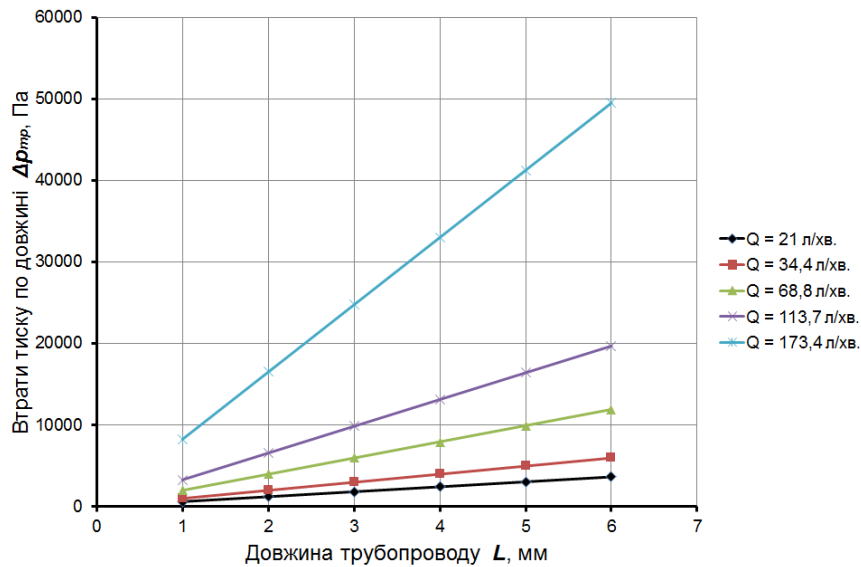


Рис. 4. Залежності втрат тиску по довжині  $\Delta p_{тр}$  від довжини  $\ell$  трубопроводу для різних витрат  $Q$  в трубопроводі

На рис. 5 представлено залежності втрат тиску по довжині (на тертя)  $\Delta p_{тр}$  від діаметра  $d$  трубопроводу для різних витрат  $Q$  в трубопроводі. Отримані залежності свідчать, що при збільшенні діаметру  $d$  трубопроводу втрати тиску по довжині  $\Delta p_{тр}$  зменшуються, оскільки зменшується середня швидкість руху рідини в трубопроводі  $v$ .

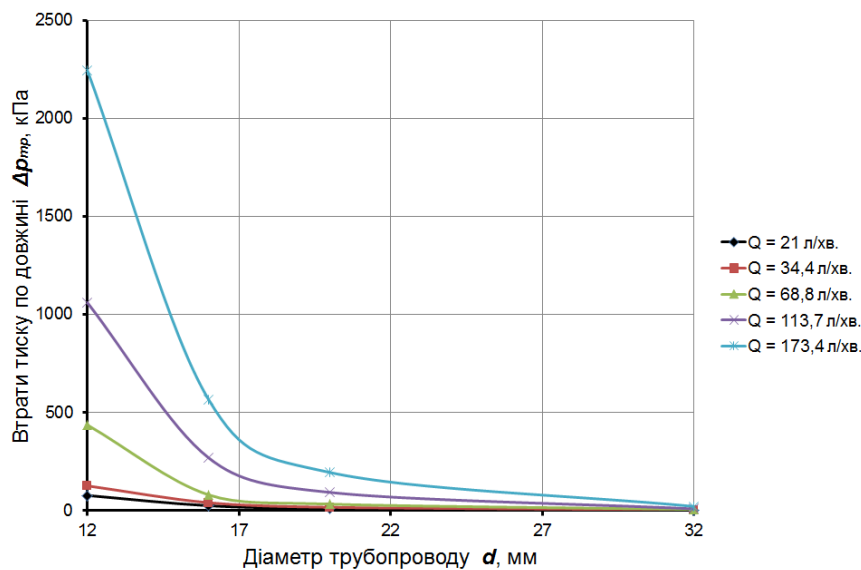


Рис. 5. Залежності втрат тиску по довжині  $\Delta p_{тр}$  від діаметра  $d$  трубопроводу для різних витрат  $Q$  в трубопроводі

## Висновки

1. Розроблено алгоритм та блок-схему гідравлічного розрахунку сумарних втрат тиску в трубопроводі.

2. Розроблено комп'ютерну програму «Гідравлічний розрахунок втрат тиску в трубопроводі», яка призначена для розрахунку втрат тиску в трубопроводі по довжині та в місцевих гідравлічних опорах за заданими початковими даними витрати, густини та кінематичної в'язкості рідини, діаметра та довжини трубопроводу, типу трубопроводу та сумарного коефіцієнта місцевого гідравлічного опору з врахуванням залежності коефіцієнта гідравлічного тертя від режиму руху рідини та рекомендаційних норм. Програма має зручний інтерфейс, містить набір довідникових даних і може бути корисна інженерам, студентам для розрахунків у сфері «Гідравліки, гідродинаміки та гідроприводу».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : Учебник для машиностроительных вузов. 2-е изд., перераб. / Башта Т. М., Руднев С. С., Некрасов Б. Б. и др. М. : Машиностроение, 1982. 423 с.
2. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика : підручник / Федорець В. О., Педченко М. Н., Струтинський В. Б. та ін.; за редакцією Федоря В. О. Київ : Вища шк., 1995. 463 с.
3. Вакина В. В., Денисенко И. Д., Столяров А. Л. Машиностроительная гидравлика. Примеры расчетов. К. : Вища школа. Головное изд-во, 1986. 208 с.
4. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи. Курсове проектування для студентів напрямів підготовки 6.050502 – «Інженерна механіка», 6.050503 – «Машинобудування» : навчальний посібник / Буренніков Ю. А., Козлов Л. Г., Пурдик В. П., Репінський С. В. Вінниця : ВНТУ, 2014. 238 с.
5. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи, гідропневмоавтоматика : лабораторний практикум / Буренніков Ю. А., Дерібо О. В., Козлов Л. Г., Пурдик В. П., Репінський С. В. Вінниця : ВНТУ, 2016. 100 с.
6. Репінський С. В., Подоляк В. А. Комп'ютерна програма «Гідравлічний розрахунок втрат тиску в трубопроводі». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 68763. К. : Державна служба інтелектуальної власності України. Зареєстр. 24.11.2016.

**Кобиланська Юлія Сергіївна** – студент групи ІПМ-21м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця;

**Малюшко Артем Віталійович** – студент групи ІПМ-21м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Науковий керівник: **Репінський Сергій Володимирович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [repinskyisv@gmail.com](mailto:repinskyisv@gmail.com).

**Kobylianska Yuliia S.** – Student of the Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

**Maliushko Artem V.** – Student of the Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Supervisor: **Repinskyi Serhii V.** – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [repinskyisv@gmail.com](mailto:repinskyisv@gmail.com).