

- мостових переходів // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво – К.: НТУ, 2010. – Вип.
11. 79. – С. 3 – 26.
 12. Славінська О.С. Дослідження гідродинамічних процесів у відкритих зависених потоках у зоні впливу мостових переходів // Зб. наук. праць. — Донецьк: ДонІЗТ, 2010. – Вип. 43 – С. 198 –211.
 13. Андреев О.В. Проектирование мостовых переходов.- М.: Транспорт, 1980. 215с.
 14. Федотов Г. А. Изыскание и проектирование мостовых переходов. - М.: Изд. Центр «Академия», 2005. – 304 с.
 15. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1969.– 742 с.
 16. Гаев Е.А., Никитин И.К. Гидродинамика потока при наличии легко проницаемой шероховатости. Ламинарный режим // Гидромеханика. – 1982. – В.45. – С. 65 - 73.
 17. Савенко В.Я., Славинская Е.С. Моделирование процессов развития внутренних течений с учетом анизотропии открытых турбулентных потоков. – К.:НТУ, 2004. – 176 с.

УДК 532.542

А.М. КРАВЧУК, докт. техн. наук, **О.Я. КРАВЧУК**.

ВПЛИВ КУТА ВІДДІЛЕННЯ (ПРИЄДНАННЯ) РІДИНИ ВЗДОВЖ ШЛЯХУ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКУ В НАПІРНОМУ ПЕРФОРОВАНОМУ ТРУБОПРОВОДІ

На основі виконаних експериментальних і теоретичних досліджень приведена методика визначення розрахунку величини кута відділення (приєднання) рідини φ в перфорованих трубопроводах

На основании выполненных экспериментальных и теоретических исследований приведена методика определения величины угла отделения (присоединения) жидкости φ в перфорированных трубопроводах

Based on completed experimental and theoretical resources method of definition of the angle of separation coasts (adjunction) φ in perforated pipelines was carried out.

Як відомо, рух рідини в перфорованому трубопроводі відбувається зі змінною витратою вздовж шляху. В розподільчому трубопроводі витрата за його довжиною, за рахунок витікання частини рідини з труби, зменшується вздовж шляху $\left(\frac{dQ}{dx} < 0\right)$. У збірному трубопроводі, за рахунок втікання рідини в трубу, витрата вздовж шляху збільшується $\left(\frac{dQ}{dx} > 0\right)$.

Рух рідини для випадку трубопроводу постійного діаметра, який працює при змінній витраті звичайно описують диференціальним рівнянням у вигляді, запропонованому Г.А.Петровим [1]

$$dh + (2 - m) \frac{VdV}{g} + dh_f = 0. \quad (1)$$

$m = \frac{U_0 \cos \varphi}{V}$ - проекція швидкості руху від'єднуваної (приєднуваної)

витрати U_0 на вісь основного потоку (рис.1);

V – середня в перерізі труби швидкість руху рідини;

h_f - втрати напору на гідравлічне тертя;

φ - кут, під яким відбувається від'єднання (приєднання) струминки рідини від основного потоку.

Схеми роботи трубопроводів, які працюють зі змінною витратою вздовж шляху приведені на рис.1.

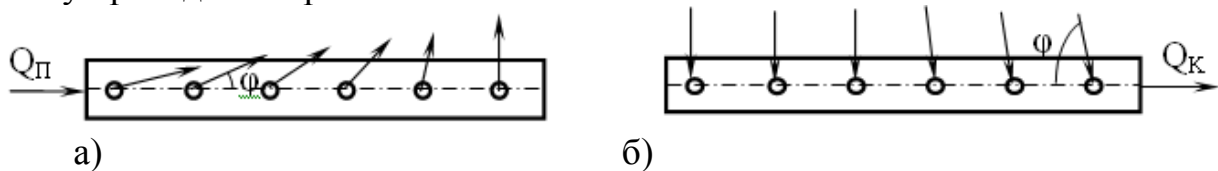


Рис.1. Схеми витікання рідини з розподільчого (а) і надходження в збірний (б) трубопровід.

тут Q_n, Q_k - витрата, відповідно, в початковому і кінцевому перерізі трубопроводу.

Диференціальне рівняння (1) відрізняється від рівняння Бернуллі в диференціальній формі, яке характеризує рух рідини з постійною витратою в трубі із суцільними стінками, наявністю додаткового коефіцієнта m при другому члені.

На сьогоднішній день дискусійним є питання, яким за величиною приймати значення останнього коефіцієнта. Так спеціалісти по проектуванню і розробці систем вентиляції вважають, що при розрахунках цих систем слід приймати $m=1$. Спеціалісти по проектуванню систем водопостачання і водовідведення більш точним вважають значення $m=0$.

Якщо розглянути випадок $U_0 = V$, тобто коли швидкості руху змінюваних витрат і середні швидкості потоку в перерізах рівні, величина коефіцієнта m буде повністю визначатись величиною кута φ , а саме: 1) при $\varphi=0$, $m=1$; 2) при $\varphi = \frac{\pi}{2}$, $m=0$.

В першому граничному випадку другий член рівняння (1) буде враховувати тільки зміну швидкісного напору за довжиною труби і залежність

(1) прийме вигляд рівняння Бернуллі. В другому - вихідна залежність (1) набуває вигляду, який запропоновано Г.А. Петровим.

Для визначення характеру зміни величини кута витікання або втікання рідини за довжиною перфорованого трубопроводу нами на експериментальному аеродинамічному стенді була проведена серія спеціальних вимірювань. Робочою рідиною при цьому служило повітря. Схема аеродинамічного стенду приведена на рис.2.

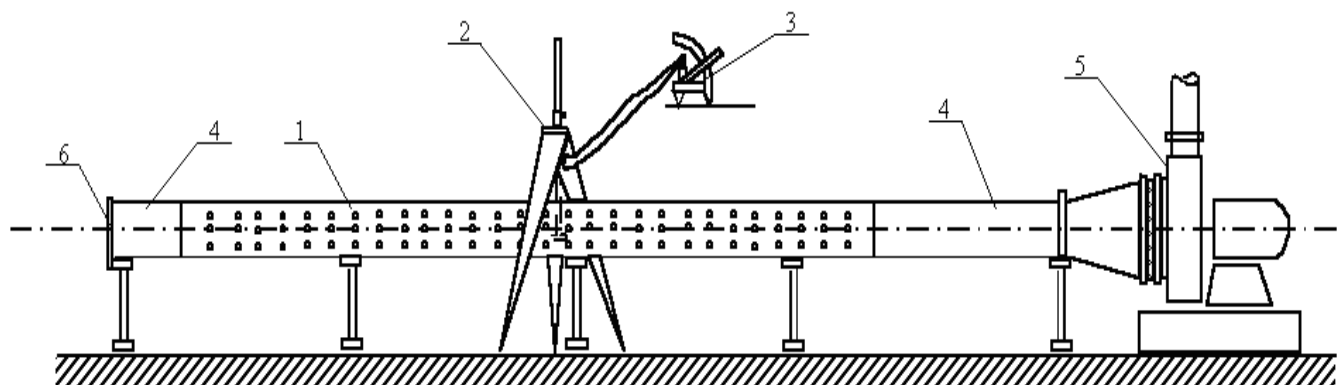


Рис.2. Схема аеродинамічної експериментальної установки.
1. Досліджуваний трубопровід. 2. Координатник з вимірювальною трубкою. 3. Мікроманометр. 4. Суцільна ділянка труби. 5. Вентилятор з електродвигуном. 6. Заглушка.

Як дослідний зразок використовувався сталевий електрозварний трубопровід $D = 159 \times 4,5$ мм, загальною довжиною $L = 4,0$ м. При цьому довжина робочої перфорованої частини складала $l = 3,0$ м. Дійсний діаметр труби визначався до свердління отворів, шляхом заповнення її водою з наступним визначенням об'єму останньої. В результаті дійсний внутрішній діаметр склав 150,2 мм. Перфорація в трубі улаштовувалась у вигляді отворів діаметром $d_o = 0,003$ м, з кроком $\Delta l = 0,03$ м, по 8 отворів в кожному поперечному перерізі (всього 800 отворів). В процесі роботи діаметр отворів збільшувався (спочатку $d_o = 0,006$ м, потім $d_o = 0,009$ м). Отвори розміщувалися по твірній трубопроводу перпендикулярно його повздовжній вісі. Вимірювання профілю осереднених швидкостей і характеру п'єзометричної лінії здійснювались в 10 спеціально обладнаних створах, розташованих через 0,5 і 0,25 м.

Тиск і розрідження в робочому трубопроводі забезпечувались центробіжним вентилятором марки Ц 4-70 № 3,2, який був встановлений на нерухомий монолітний фундамент. З метою виключення передачі вібрації від вентилятора на трубу, остання з'єднувалась з ним за допомогою гнучкої вставки. Крім того, трубопровід був прокладений на опорах, під які встановлювались спеціальні ізолюючі прокладки. В залежності від експерименту, який проводився, кінець трубопроводу міг бути або заглушеним, або відкритим.

Аналіз отриманих експериментальних даних, а також даних інших авторів, наприклад, [1, 2] показав, що в загальному випадку кут φ є змінною величиною вздовж перфорованого трубопроводу і залежить як від конструктивних, так і від гідравлічних характеристик системи, а саме

$$\varphi = \psi(\delta, d_o, V, U_o), \quad (2)$$

тут δ - товщина стінок трубопроводу; d_o – діаметр отворів перфорації.

З представленого виразу видно, що характер проходу рідини через отвір залежить від співвідношення між товщиною стінки трубопроводу і діаметром отвору $\frac{\delta}{d_o}$. Також значну роль відіграє форма кромки цих отворів, яка визначає умови протікання бічного потоку.

Безумовно, на величину кута від'єднання (приєднання) окремих струминок від основної течії буде також впливати наявність транзитного потоку в каналі. Для випадку від'єднання рідини – це відділення струминок від потоку, що рухається, для приєднання – їх втікання в потік, що має певну швидкість.

Як свідчать результати експериментальних досліджень, в розподільчих і збірних трубопроводах ситуація носить суттєво відмінний характер.

В розподільчих трубах, при від'єднанні рідини, в початкових перерізах кут φ близький до 0, в кінці трубопроводу $\varphi = \frac{\pi}{2}$. В збірних трубах, при приєднанні рідини, в початкових перерізах кут φ близький до $\frac{\pi}{2}$, в кінці трубопроводу він дещо зменшується (рис.1).

Як показали результати експериментальних вимірювань, в збірних перфорованих трубопроводах кут приєднання струминок рідини до основного потоку змінювався несуттєво в межах $\varphi = (90^\circ - 70^\circ)$. Причому, на більшій частині довжини труби забезпечувалося значення $\varphi = \frac{\pi}{2}$ і тільки на кінцевих ділянках мало місце його зменшення до 70° . Окрім того, зміна кута приєднання струминок до основного потоку мала місце тільки для труб з відносно тонкими стінками і великими діаметрами отворів, у яких співвідношення товщини стінки до діаметра отвору перфорації ($\frac{\delta}{d_o}$) було менше ніж 0,4. В цілому ж, оцінюючи вплив зміни кута приєднання рідини вздовж трубопроводу на основні гідравлічні характеристики потоку, слід визнати його несуттєвим і в розрахунках збірних перфорованих трубопроводів приймати $\varphi = \frac{\pi}{2}$.

На відміну від збірних, в розподільчих трубах зміна кута від'єднання носить більш складний характер. Окремі результати його вимірювань в безрозмірному вигляді приведені на рис.3.

З графіків на рис.3(а,б) слідує:

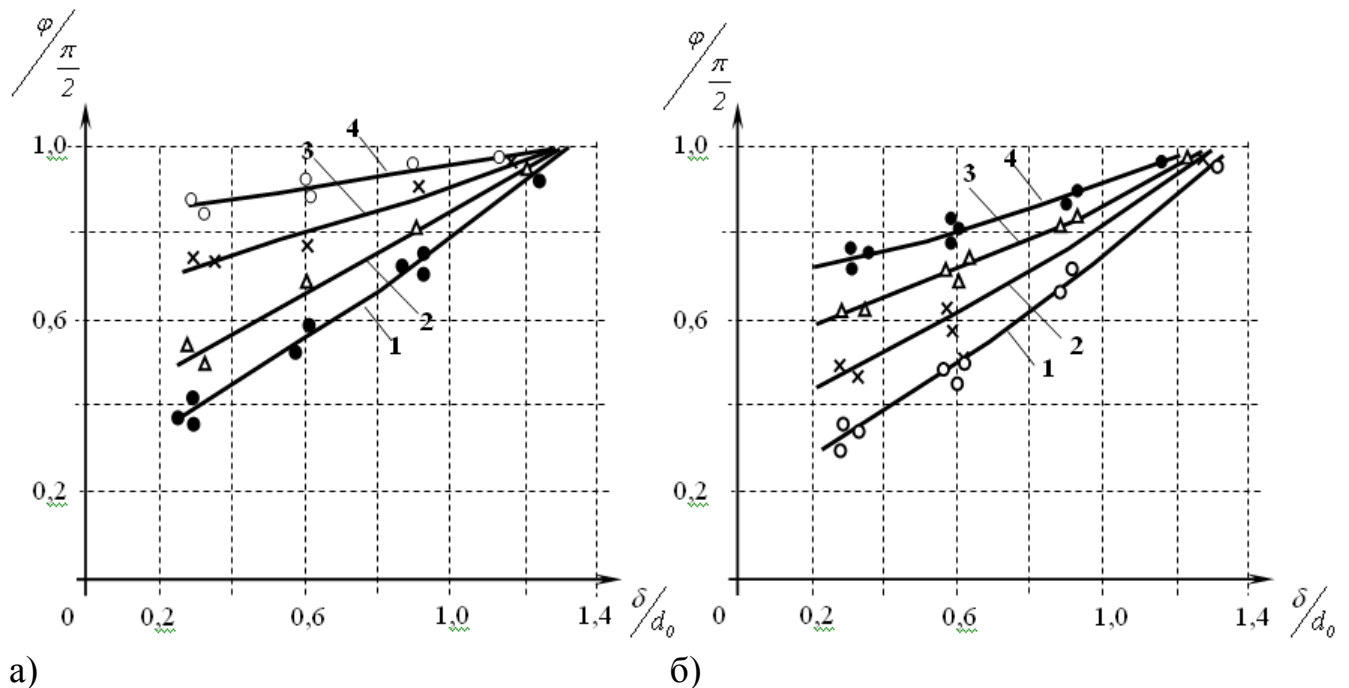


Рис.3. Графіки залежності кута від'єднання від відносної товщини стінок трубопроводу при:

а) величині конструктивного параметра:

1. $f=2,14$; 2. $f=1,39$; 3. $f=0,72$; 4. $f=0,187$.

б) співвідношення швидкостей відділяемого і основного потоків:

1. $\frac{U_o}{V}=0,3$; 2. $\frac{U_o}{V}=0,7$; 3. $\frac{U_o}{V}=1,5$; 4. $\frac{U_o}{V}=2,5$.

збільшення відношення товщини стінки труби до діаметра отвору перфорації ($\frac{\delta}{d_0}$) понад 1,33 [2], призводить до того, що відділення струминок рідини від основного потоку буде здійснюватись тільки під кутом $\varphi = \frac{\pi}{2}$;

при однакових значеннях співвідношення $\frac{\delta}{d_0}$, збільшення величини конструктивного параметра $f = \frac{n\omega_o}{\Omega}$ викликає відповідне зменшення φ і, навпаки:

зменшення величини $\frac{U_o}{V}$, призводить до зменшення кута відділення витікаючих струминок рідини. Також показано, що в кінці розподільчого трубопроводу, який працює без транзиту (наявність в кінцевому перерізі

заглушки або закритої засувки), призводить до збільшення співвідношення $\frac{U_o}{V} \rightarrow \infty$. При цьому завжди в цих перерізах $\varphi = \frac{\pi}{2}$.

В результаті обробки і аналізу, отриманих в представленій роботі і в роботах інших дослідників експериментальних даних, нами пропонується така емпірична залежність для визначення кута від'єднання рідини φ за довжиною розподільчих трубопроводів, а саме

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \left\{ 1 - \left[1 - \frac{x'}{pf} - \frac{\delta}{1,33d_o} \left(1 - \frac{x'}{pf} \right) \right] n \right\} \quad (3)$$

або

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \left\{ 1 - \left[1 - \frac{x}{pl} - \frac{\delta}{1,33d_o} \left(1 - \frac{x}{pl} \right) \right] n \right\} \quad (4)$$

де

$$p = 0,5 \left(1 + \frac{\bar{Q}_{тр}}{\bar{Q}_n} \right) + 0,16f \left(1 - \frac{\bar{Q}_{тр}}{\bar{Q}_n} \right); \quad n = 0,28 + 0,3f. \quad (5)$$

Тут $\frac{\bar{Q}_{тр}}{\bar{Q}_n}$ - відношення відносної транзитної витрати до відносної витрати в початковому перерізі (для даної труби постійна величина, завжди менше одиниці).

У випадку відсутності транзиту вираз (4) суттєво спрощується

$$p = 0,5 + 0,16f \quad (6)$$

У виразі (2) величини x' змінюються у межах $0 \leq x' \leq pf$. Приймається, що при $pf \leq x' \leq f$ кут $\varphi = \frac{\pi}{2}$. Значення конструктивного параметра знаходиться в межах $0 \leq f \leq 2,4$.

В наведених залежностях використані такі безрозмірні змінні:

$$\bar{Q}_n = \frac{Q_n}{\Omega \sqrt{2gh_n}}; \quad \bar{Q}_{mp} = \frac{Q_{mp}}{\Omega \sqrt{2gh_n}}; \quad \bar{f} = \frac{\mu_p \alpha_n l}{\Omega}; \quad \bar{x} = \frac{\mu_p \alpha_n x}{\Omega};$$

$$x' = \frac{\alpha_n x}{\Omega}; \quad \bar{y} = \bar{f} - \bar{x}; \quad y = f - x'.$$

До переваг представлених залежностей, у порівнянні з існуючими, слід віднести те, що вони враховують змінність кута φ за довжиною каналу.

Перелік посилань

1. Петров Г.А. Гидравлика переменной массы. // Изд.-во Харьковского университета. - Х.: 1964. - 224 с.
2. Егоров А.И. Гидравлика напорных трубчатых систем в водопроводных очистных сооружениях.
3. - М.:Стройиздат, 1984. – 95 с.
4. Кравчук А. М. Расчет перфорированных распределительных трубопроводов произвольной длины // Науковий вісник будівництва, ХДТУБА.- 2002. Вип. 20. С. – 72-78.

УДК 600-699 68

О.М. ЯХНО, док. техн. наук, **А.Н. МУРАЩЕНКО**, **А.П. ГУБАРЕВ**,
док. техн. наук,

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ПРИВОДА МЕХАНИЗАЦИИ КРЫЛА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ЖИДКОСТИ

Статья посвящена анализу и обоснованию проблемы влияния температуры на работу систем гидроприводов самолетов. Рассмотрена гидравлическая система, её конструкция и принцип работы. В статье проведено определение реологических свойств и коэффициента гидравлического сопротивления для гидравлических элементов при изменении температурных условий эксплуатации авиационных и машиностроительных масел. Предложено способ проверки системы на работоспособность агрегатов в зависимости от выбора рабочих жидкостей для различных условий эксплуатации. Это позволит достичь стабильности и эффективности работы, что очень важно для всех видов транспорта, в особенности, если это относится к авиации.

Стаття присвячена аналізу і обґрунтуванню проблеми впливу температури на роботу систем гідроприводів літака. Розглянуто гідралічна система, її конструкція і принцип роботи. У статті проведено визначення реологічних властивостей і коефіцієнта гідралічного опору для гідралічних елементів при зміні температурних умов експлуатації авіаційних і машинобудівних масел. Запропоновано спосіб перевірки системи на працездатність агрегатів залежно від вибору робочих рідин для різних умов експлуатації. Це дозволить досягти стабільності і ефективності роботи, що дуже важливо для всіх видів транспорту, особливо, якщо це відноситься до авіації.

This article analyzes the rationale and problems of temperature influence on the work of hydraulic systems of aircraft. We consider about the hydraulic system, her design and operation principle. In the article is viding the definition of the rheological properties and the coefficient of hydraulic resistance for the hydraulic elements when the temperature conditions of operation of aircraft and machine oils changes. There is represent a method for testing the system on the performance of units depending on the choice of working fluids for different operating conditions. This allows