

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-268-4-88-93>

УДК 621.22:621.694

## ВПЛИВ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИХОРОКАМЕРНОГО НАСОСУ

Роговий А.С., Нескорожений А.О.

## INFLUENCE OF THE MEASURING INSTRUMENT ON THE CHARACTERISTICS OF THE VORTEX CHAMBER PUMP

Rogovyi A.S., Neskorozenyi A.O.

*При проведенні верифікації важливим є питання відповідності картин течії, отриманих експериментально і чисельним моделюванням, особливо якщо вплив вимірювальної апаратури на потік є істотним. Тому актуальною стає задача встановлення впливу вимірювального інструменту на параметри течії в гідравлічній машині. Автори даної роботи чимало часу досліджують нові струминні насоси, названі вихорокамерними насосами. Ці насоси дозволяють використовувати переваги струминної техніки і лопатевих насосів на основі обертання потоку всередині вихорової камери. Течії в вихорових камерах є одними з найскладніших течій в гідроаеродинаміці, тому вплив вимірювальних приладів на потік може бути дуже значним. У даній роботі на основі чисельного вирішення рівнянь Рейнольдса проведено порівняння картин течії у вихорокамерному насосі з вимірювальним інструментом різного діаметру і без нього.*

**Ключові слова:** вихорокамерний насос, вимірювальний інструмент, чисельне моделювання, характеристики, вимірювання швидкості

**Вступ.** На сьогоднішній день аерогідромеханіка розвивається в трьох основних напрямках: теоретичний, експериментальний і обчислювальний. Кожний з трьох напрямків має свої особливості і використовується практично всіма дослідниками при вирішенні будь-яких проблем гідрогазодинаміки [1]. Часто всі три напрямки тісно переплетені внаслідок необхідності експериментальної перевірки як теоретичних, так і обчислювальних результатів. Однак, під час експериментальних досліджень часто виникає проблема впливу вимірювальної апаратури на об'єкт вимірювання, зокрема на течію рідини або газу в замкнених або відкритих просторах [2].

Збурення потоку вимірювальними приладами змушує дослідників вибирати оптичні методи дослідження [3]. Але, ці методи значно збільшують вартість експериментальних досліджень, внаслідок високої вартості вимірювальної апаратури оптичного типу. З іншого боку, використовуючи контактні

способи вимірювання швидкості потоку такі як трубки Піто, термоанемометри дослідник повинен бути впевнений в тому, що результати вимірювання дійсно можна порівнювати з результатами розрахунків і вплив апаратури на параметри течії мінімальний.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

Дослідженню методик аерогідромеханічних експериментів присвячена досить велика кількість робіт [3-6]. Зазвичай ці методики не враховують вплив інструменту вважаючи його незначним, або таким, що уникнути спотворень неможливо. З іншого боку, очевидно, що вплив інструменту залежить від характеру течії рідини. У прямолінійних потоках, задача обтікання циліндричних і сферичних тіл вирішена в багатьох роботах [7-9] чисельним, аналітичним і експериментальним шляхом. Дослідники приходять до висновку про значний можливий вплив на кінематичні характеристики потоку. Однак, на інтегральні характеристики, такі як втрати тиску, вплив вимірювальної апаратури можна досить легко розрахувати на основі визначення коефіцієнта втрат на місцевих опорах [10].

Втратам енергії, а також обтіканню циліндрів в криволінійних потоках, подібних потокам в вихорокамерних насосах [11], присвячене вкрай мала кількість досліджень. Вихорокамерні насоси (ВКН) – це насоси, в яких робочий процес реалізований на основі комбінування робочих процесів відцентрового і прямоточного струминного насосів [12]. Струминні насоси мають низькі показники енергоефективності перекачування, що спонукає шукати шляхи поліпшення ККД струминної техніки [13] шляхом пошуку можливих комбінацій робочих процесів і використання відцентрової сили [14].

Дослідження гідродинамічних особливостей течії в ВКН є актуальною проблемою внаслідок того, що ВКН мають більш високі показники ефективності перекачування сипучих матеріалів в порівнянні з прямоточними струминними насосами [15] і

значно більш високі показники надійності і довговічності в порівнянні з відцентровими насосами [16].

**Метою роботи** є дослідження впливу вимірювального інструменту на характеристики течії в вихорокамерних насосах, а також порівняння результатів, одержуваних при вимірах, з параметрами незбуреного потоку. Прогнозування можливої помилки експерименту дозволить коректно вибрати розмір вихрової камери насоса для проведення експериментальних досліджень.

**Результати досліджень.** ВКН відноситься до насосів струминного типу і володіє всіма основними перевагами струминної техніки: високі показники надійності і довговічності, можливість перекачування практично будь-яких середовищ. Підвищення ККД перекачування ВКН, в порівнянні з прямоточними струминними насосами, реалізовано за рахунок використання відцентрової сили. Таким чином, використовуються позитивні властивості відцентрового і струминного насосів. Використання відцентрової сили призводить до створення вакууму поблизу осі обертання потоку в вихровій камері і підвищенню надлишкового тиску на периферії камери. Взагалі кажучи, існує дві різні конструкції ВКН, що реалізують два різних робочих процеси: викид середовища через осьовий дренажний канал і всмоктування потоків, що перекачуються через два осьових канали. У даній роботі розглянуто ВКН з другим робочим процесом. Особливості впливу вимірювального інструменту на течію в ВКН очікуються приблизно однаковими. Передбачається, що висновки, зроблені щодо співвідношення розміру вимірювального інструменту і розміру вихрової камери або осьових каналів не залежатимуть від того, який саме робочий процес реалізує ВКН. Конструктивні особливості і характеристики насоса можна знайти в роботах [11, 12, 14-17].

Методологія досліджень складалася з двох етапів: 1) моделювання течії в модельному насосі; 2) порівняння характеристик течії, а також значень швидкості і тиску в точках установки вимірювального інструменту.

Математичне моделювання течії засноване на CFD-дослідженнях (computational fluid dynamics). У даній роботі математична модель складалася з рівнянь Нав'є-Стокса осереднених за Рейнольдсом, рівняння нерозривності і рівнянь SST-моделі (Shear Stress Transport) турбулентності. Математична модель в даній статті не приведена, але її можна знайти в роботах [11, 16, 18]. Похибки визначення вакууму, що виникають поблизу осі обертання мінімізовані застосуванням поправки на кривизну ліній струму і обертання потоку [18-20].

Для розрахунку математичної моделі застосовувався пакет прикладних програм OpenFoam [21].

Верифікація пакета програм, математичної моделі течії в ВКН проведена в роботах [11, 16] на основі порівняння результатів розрахунку з експериментальними даними.

Розрахунки проводилися в стаціонарній і не-стаціонарній постановках. Число Куранта-Фрідріхса-Леві встановлювалося не більше 0,5. Використовувався метод контрольних обсягів і PISO-алгоритм (Pressure Implicit with Splitting of Operators), чисельні схеми другого порядку. Розрахунок закінчувався в разі досягнення нев'язань рівнянь значень  $10^{-5}$ . Друга необхідна умова завершення розрахунку – сталість витрати за ітераціями або за часом. Критерій сталості витрати обраний величиною 1%.

Сітка застосовувалася неструктурована, будувалася на основі тетрагональних і призматичних елементів поблизу твердих стінок. Визначення мінімально достатньої сітки здійснено на основі порівняння результатів з чотирма різними сітками: 1, 3, 6 і 12 млн. елементів. Тому що інтегральні результати розрахунку на сітках починаючи з 3 млн. елементів відрізнялися не більше ніж на 1%, вирішено для всіх розрахунків використовувати сітки з 3 млн. елементів. Значення  $u^+$  контролювалося таким, що не перевищує 4 [22].

Граничні умови: вхідний канал – завдавався повний тиск; два осьових канали – відкрита границя з нульовим відносним статичним тиском; вихідний канал – нульовий відносний статичний тиск; тверді стінки – умова прилипання з нульовою швидкістю; вхідний канал, що імітує вимірювальний інструмент – відкрита границя зі статичним тиском, що дорівнював тиску всередині вихрової камери, який визначався в процесі розрахунку. Робоча рідина – вода з густиною  $997 \text{ кг/м}^3$ .

На рис. 1 представлена розрахункова схема ВКН у вигляді твердотільної моделі для розрахунків, а також сітка і особливості подрібнення сітки поблизу встановлення вимірювального інструменту.

Вимірювальний інструмент встановлювався в меридіональній площині в отворі в торцевій кришці насоса на відстані половини радіуса вихрової камери (рис. 1б, г) та на боковій поверхні камери (1в, д). Досліджувався вплив відносного розміру інструменту на характеристики, картини течії і значення швидкості (тиску) в точці вимірювання. Діаметр інструменту відносився до діаметру горла вихрової камери.

Інтенсивність турбулентності задана величиною 5%, згідно роботи [23]. Значення повного тиску на вході задавалось таким, щоб гарантувати турбулентні режими течії з числами Рейнольдса в діапазоні  $Re = 10^3 \dots 10^7$ , що дозволило стверджувати про автономність отриманих режимів роботи насоса.

Досліджені відносні розміри інструменту:  $\bar{d} = 1, 0; 0,75; 0,5; 0,25; 0,125$ . На рис. 2, 3 наведено порівняння картин течії в насосі з інструментом і без в різних площинах (розмір інструменту  $\bar{d} = 0,5$ ). Діаметр віднесено до діаметру горла вихрової камери.

Розподіл швидкостей в вихровій камері із інструментом, розташованим у торцевій верхній стінці характерний для обтікання круглого циліндра (Рис. 2,б).

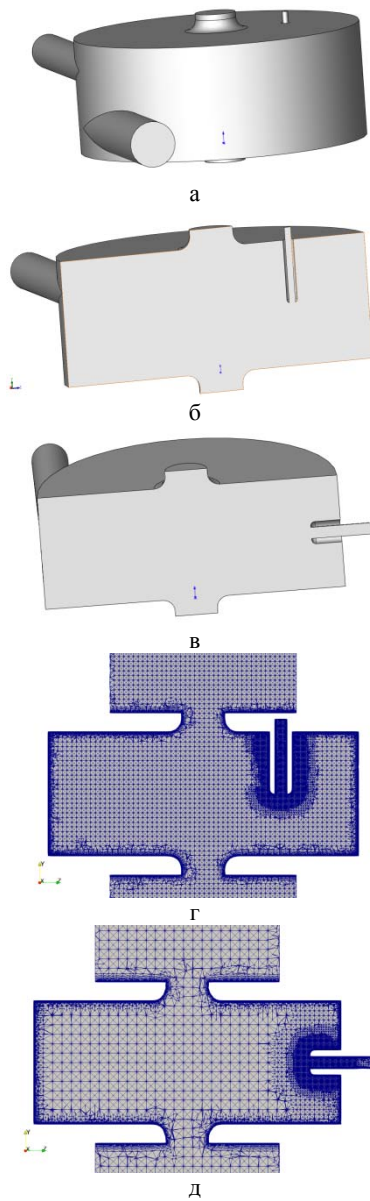


Рис. 1. Розрахункова модель з різним положенням вимірювального інструменту (а, б, в) та сіткове розбиття: г – 5 млн. елементів, д – 3 млн. елементів

Установка вимірювального інструменту в торцевій кришці вихрової камери призводить до зменшення витрати, що всмоктується насосом через нижній осьовий канал (Рис. 3,б). Крім того, помітно дроблення вихору на верхній торцевій кришці, що призводить до невеликого зниження вакууму поблизу осі.

Аналізуючи рис. 2,в та 3,в можна помітити, що розташування вимірюючого інструменту має значний локальний вплив на течію поблизу точки установки: змінюються розподіли тисків та швидкостей. Загальний вплив на енергетичні характеристики насоса наведено в табл. Показники роботи ВКН віднесено до показників роботи ВКН без вимірювального інструменту.

Вимірювання, зроблені за допомогою отворів на торцевих кришках вихрової камери, мають незначний вплив на енергетичні показники роботи насоса. Але погіршення показників знаходиться в межах 5 % в широкому діапазоні зміни відносного діаметру інструменту, що є в межах похибки вимірювання.

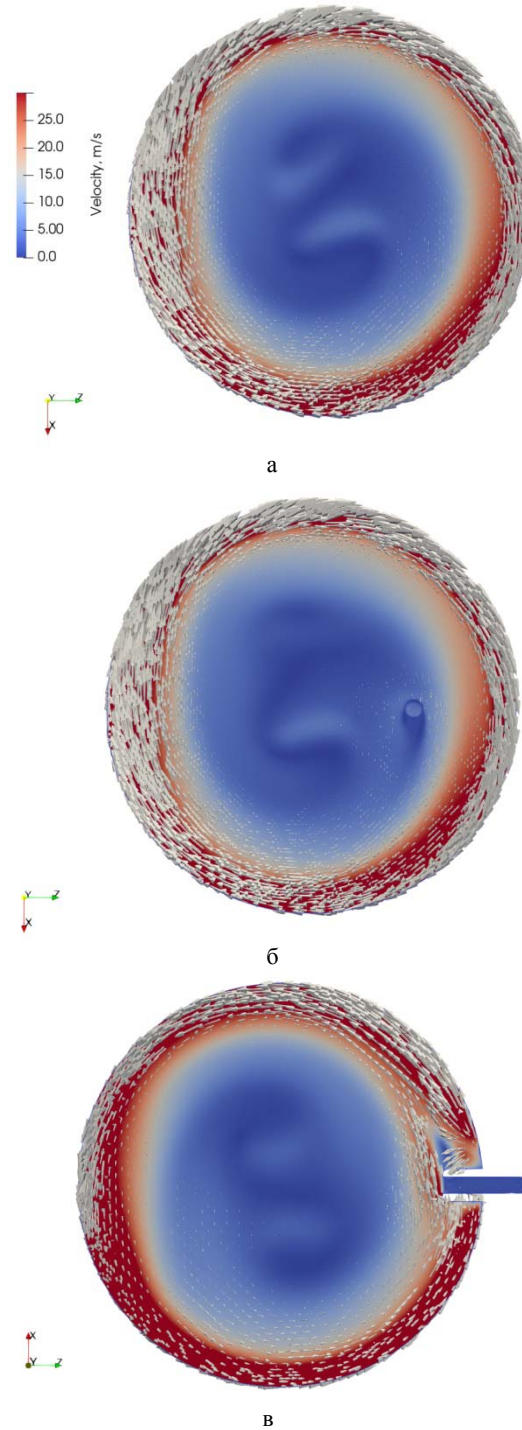


Рис. 2. Розподіл швидкості в насосі в горизонтальній площині, проведеної через середину висоти вихрової камери: а – без інструменту; б – з інструментом в торцевій кришці  $\bar{d} = 0,5$ ; в – з інструментом в бічній поверхні вихрової камери  $\bar{d} = 0,5$

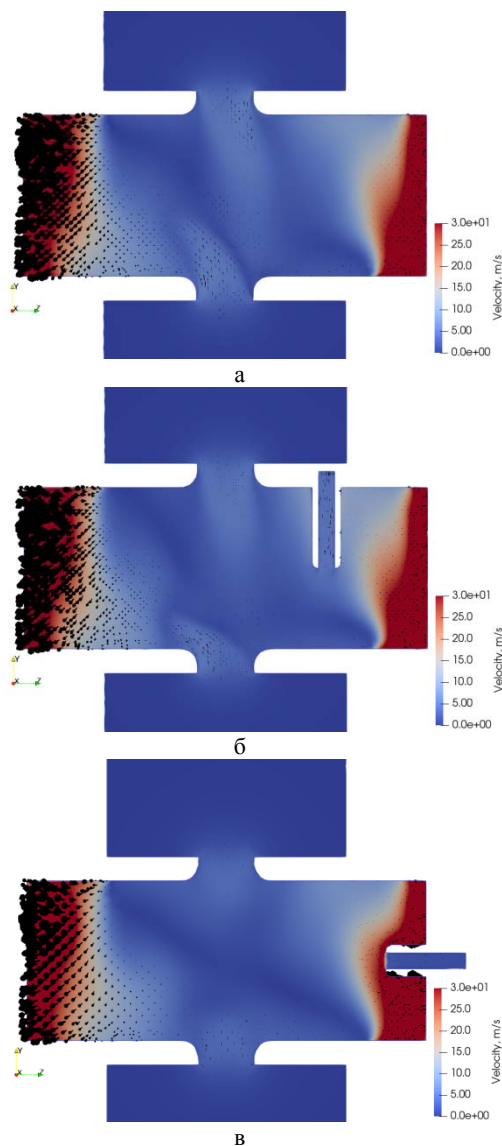


Рис. 3. Розподіл швидкості в насосі

Таблиця

**Вплив інструменту на енергетичні показники роботи ВКН**

Параметр	ККД	Тиск на виході з насосу	Витрата середовища, що перекачується
Без інструменту	1,0	1,0	1,0
Інструмент діаметром $\bar{d} = 0,5$ розташовано на торцевій кришці	0,96	1,0	0,96
Інструмент діаметром $\bar{d} = 0,5$ розташовано на бічній поверхні	0,79	0,92	0,855
Інструмент діаметром $\bar{d} = 1,0$ розташовано на бічній поверхні	0,32	0,76	0,42

Розташування інструменту на бічній поверхні вихрової камери неприпустиме внаслідок значного погіршення енергетичних показників роботи ВКН, що вказує на значні похибки вимірів. Так, використання інструменту з  $\bar{d} = 1,0$  приводить до зниження ККД насосу на 68 %, внаслідок впливу інструменту на течію. Зменшення відносного діаметру інструменту приводить до зменшення збурення потоку, але для того, щоб мінімізувати вплив інструменту необхідно гарантувати відносний розмір інструменту  $\bar{d} < 0,1$ , що досить складно досягти під час експериментальних досліджень та й потребує значного збільшення розміру моделі насоса.

**Висновки.** На основі чисельного моделювання течії в вихорокамерних насосах досліджено вплив вимірювального інструменту на характеристики течії, а також проведено порівняння результатів, одержуваних при вимірах, з параметрами незбуреного потоку. Прогнозування можливої помилки експерименту дозволить коректно вибрати розмір вихрової камери насоса для проведення експериментальних досліджень.

1. Вимірювання зроблені за допомогою отворів на торцевих кришках вихрової камери мають незначний вплив на енергетичні показники роботи насосу у межах 5 % в широкому діапазоні зміни відносного діаметру інструменту.

2. Розташування інструменту на бічній поверхні вихрової камери неприпустиме внаслідок значного погіршення енергетичних показників роботи ВКН, що вказує на значні похибки вимірів.

**Література**

1. Загорулько А.В. Програмний комплекс ANSYS в інженерних задачах: Навчальний посібник. Суми: Вид-во СумДУ, 2008. 201 с.
2. Tu Jiyuan, Guan Heng Yeoh, Chaoqun Liu. Computational fluid dynamics: a practical approach. Butterworth-Heinemann, 2018. 478 p.
3. Повх И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении. Л.: Машиностроение, 1974. 480 с.
4. Voskoboynick V.A., Turick V.N., Voskoboynik O.A., Voskoboynick A.V., Tereshchenko I.A. Influence of the deep spherical dimple on the pressure field under the turbulent boundary layer. In International Conference on Computer Science, Engineering and Education Applications, 2018. pp. 23-32.
5. Evdokimov O.A., Guryanov A.I., Mikhailov A.S., Veretennikov S.V., Stepanov E.G. Experimental investigation of burning of pulverized peat in a bidirectional vortex combustor. Thermal Science and Engineering Progress, 2020. Vol. 18, pp. 100565.
6. Коваленко А.О., Сьомін Д.О., Роговий А.С. Планування та обробка результатів випробувань гідропневмосистем: Навчальний посібник. Луганськ: Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2011. 216 с.
7. Pereira F.S., Eça L., Vaz G., Girimaji S.S. (On the simulation of the flow around a circular cylinder at  $Re=140,000$ . International Journal of Heat and Fluid Flow, 2019. Vol. 76, pp. 40-56.
8. Griani M., Elaskar S., Mirasso A.E. Scale-adaptive simulation of flow around a circular cylinder near a plane

boundary. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 2018, Vol. 11.6, pp. 1477-1488.

9. Zhou Xiao, JinJun Wang, Ye Hu. Experimental investigation on the flow around a circular cylinder with upstream splitter plate. *Journal of Visualization*, 2019. Vol. 22.4, pp. 683-695.
10. Khalatov A.A., Kovalenko G.V., Meyris A.J. Heat transfer at the cross flow of a tube with an artificial asymmetry. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*, 2017, Vol. 39.4, pp. 27-32.
11. Rogovyi A.S. Verification of Fluid Flow Calculation in Vortex Chamber Superchargers. *Автомобильный транспорт*. 2016. Вып. 39. С. 39-46.
12. Роговий, А. С. Концепція створення вихорокамерних нагнітачів та принципи побудови систем на їх основі. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*, 2017. No. 233, С. 168-173.
13. Evdokimov O.A. The influence of the ratio of the diameters of the vortexes and mixing chambers of a vortex ejector on its own characteristics. In *AIP Conference Proceedings*, 2020. Vol. 2211(1), 2020060001.
14. Сьомін Д.О., Роговий А.С., Левашов А.М. Вплив закручення потоку, що перекачується, на енергетичні характеристики вихрекамерних насосів. *Вісник Національного технічного університету ХПІ. Серія: Гідрравлічні машини та гідроагрегати*, 2016. (20), С. 68-71.
15. Роговой А.С. Применение вихрекамерных нагнетателей в гидро- и пневмотранспортных системах. *Вісник НТУУ "КПІ". Серія Машинобудування*, 2016. № 3(78). С.65-70.
16. Сьомін Д.О., Роговий А.С. Вихорокамерні нагнітачі: монографія. Харків, 2017. 204 с.
17. Rogovyi A., Korohodskiy V., Khovanskyi S., Hrechka I., Medvediev Y. Optimal design of vortex chamber pump. In *Journal of Physics: Conference Series*, 2021. Vol. 1741 (1), p. 012018).
18. Rogovyi A., Korohodskiy V., Medvediev Y. Influence of Bingham fluid viscosity on energy performances of a vortex chamber pump. *Energy*, 2021. Vol. 218, pp. 119432.
19. Smirnov P. E., Menter F. R. Sensitization of the SST turbulence model to rotation and curvature by applying the Spalart-Shur correction term. *Journal of Turbomachinery*, 2009, vol. 131, no. 4. 041010. pp. 1-8.
20. Alahmadi Y.H., Nowakowski A.F. Modified shear stress transport model with curvature correction for the prediction of swirling flow in a cyclone separator. *Chemical Engineering Science*. 2016. Vol. 147. pp. 150-165.
21. Huang S., Wei Y., Guo C., Kang W. Numerical Simulation and Performance Prediction of Centrifugal Pump's Full Flow Field Based on OpenFOAM. *Processes*, 2019. Vol. 7(9), 605. pp. 1-11
22. Besagni G., Inzoli F. Computational fluid-dynamics modeling of supersonic ejectors: Screening of turbulence modeling approaches. *Applied Thermal Engineering*. 2016. Vol. 117. pp. 122-144.
23. Han X., Sagaut P., Lucor D. On sensitivity of RANS simulations to uncertain turbulent inflow conditions, *Comput. Fluids*. 2012. Vol. 61. pp. 2-5.
24. Evdokimov, O. A., Piralishvili, S. A., Veretennikov, S. V., Guryanov, A. I. CFD Simulation of a Vortex Ejector for Use in Vacuum Applications. In *Journal of Physics: Conference Series*. 2018. Vol. 1128, No. 1, P. 012127.

## References

1. Zahorul'ko A.V. Prohramnyy kompleks ANSYS v inzhenernykh zadachakh: Navchal'nyy posibnyk. Sumy: Vyd-vo SumDU, 2008. 201 s.
2. Tu Jiyuan, Guan Heng Yeoh, Chaoqun Liu. *Computational fluid dynamics: a practical approach*. Butterworth-Heinemann, 2018. 478 p.
3. Povh I.L. *Ajerodinamicheskij jeksperiment v mashinostroenii*. Leningrad: Mashinostroenie, 1974. 480 s.
4. Voskoboinick V.A., Turick V.N., Voskoboinyk O.A., Voskoboinick A.V., Tereshchenko I.A. Influence of the deep spherical dimple on the pressure field under the turbulent boundary layer. In *International Conference on Computer Science, Engineering and Education Applications*, 2018. pp. 23-32.
5. Evdokimov O.A., Guryanov A.I., Mikhailov A.S., Veretennikov S.V., Stepanov E.G. Experimental investigation of burning of pulverized peat in a bidirectional vortex combustor. *Thermal Science and Engineering Progress*, 2020. Vol. 18, pp. 100565.
6. Kovalenko A.O., Syomin D.O., Rogovyi A.S. Planuvannya ta obrobka rezul'tativ vyprobuvan' hidropnevmosystem: Navchal'nyy posibnyk. Luhans'k: Vyd-vo SNU im. V. Dalya, 2011. 216 s.
7. Pereira F.S., Eça L., Vaz G., Girimaji S.S. (On the simulation of the flow around a circular cylinder at  $Re=140,000$ ). *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 2019. Vol. 76, pp. 40-56.
8. Griioni M., Elaskar S., Mirasso A.E. Scale-adaptive simulation of flow around a circular cylinder near a plane boundary. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 2018, Vol. 11.6, pp. 1477-1488.
9. Zhou Xiao, JinJun Wang, Ye Hu. Experimental investigation on the flow around a circular cylinder with upstream splitter plate. *Journal of Visualization*, 2019. Vol. 22.4, pp. 683-695.
10. Khalatov A.A., Kovalenko G.V., Meyris A.J. Heat transfer at the cross flow of a tube with an artificial asymmetry. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*, 2017, Vol. 39.4, pp. 27-32.
11. Rogovyi A.S. Verification of Fluid Flow Calculation in Vortex Chamber Superchargers. *Automobile Transport*. 2016. Vol. 39. pp. 39-46.
12. Rogovyi A.S. Kontsepsiya stvorennya vykhoro kamernykh nahnitachiv ta pryntsy py pobudovy system na yikh osnovi. *Visnyk Shkhdnoukrayins'koho natsional'noho universytetu imeni Volodymyra Dalya*, 3(233), 2017. S. 168-173.
13. Evdokimov O.A. The influence of the ratio of the diameters of the vortexes and mixing chambers of a vortex ejector on its own characteristics. In *AIP Conference Proceedings*, 2020. Vol. 2211(1), 2020060001.
14. Syomin D.O., Rogovyi A.S., Levashov A.M. Vplyv zakruchennya potoku, shcho perekachuyet'sya, na enerhetychni kharakterystyky vykhre kamernykh nasosiv. *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu KhPI. Seriya: Hidravlichni mashyny ta hidroahrehaty* 2016. (20), S. 68-71.
15. Rogovyi A.S. Primenenie vkhre kamernykh nagnetatelej v gidro- i pnevmotransportnykh sistemah. *Visnyk NTUU "KPI". Seriya Mashynobuduvannya*, 2016. 3(78), S. 65-70.
16. Syomin D.O., Rogovyi A.S. *Vykhoro kamerni nahnitachi*. Monograph. Kharkiv. 2017. 204 s.
17. Rogovyi A., Korohodskiy V., Khovanskyi S., Hrechka I., Medvediev Y. Optimal design of vortex chamber pump.

- In Journal of Physics: Conference Series, 2021. Vol. 1741 (1), p. 012018).
18. Rogoyvi A., Korohodskyi V., Medvediev Y. Influence of Bingham fluid viscosity on energy performances of a vortex chamber pump. *Energy*, 2021. Vol. 218, pp. 119432.
  19. Smirnov P. E., Menter F. R. Sensitization of the SST turbulence model to rotation and curvature by applying the Spalart–Shur correction term. *Journal of Turbomachinery*, 2009, vol. 131, no. 4. 041010. pp. 1-8.
  20. Alahmadi Y.H., Nowakowski A.F. Modified shear stress transport model with curvature correction for the prediction of swirling flow in a cyclone separator. *Chemical Engineering Science*. 2016. Vol. 147. pp. 150-165.
  21. Huang S., Wei Y., Guo C., Kang W. Numerical Simulation and Performance Prediction of Centrifugal Pump's Full Flow Field Based on OpenFOAM. *Processes*, 2019. Vol. 7(9), 605. pp. 1-11
  22. Besagni G., Inzoli F. Computational fluid-dynamics modeling of supersonic ejectors: Screening of turbulence modeling approaches. *Applied Thermal Engineering*. 2016. Vol. 117. pp. 122-144.
  23. Han X., Sagaut P., Lucor D. On sensitivity of RANS simulations to uncertain turbulent inflow conditions, *Comput. Fluids*. 2012. Vol. 61. pp. 2-5.
  24. Evdokimov, O. A., Piralishvili, S. A., Veretennikov, S. V., Guryanov, A. I. CFD Simulation of a Vortex Ejector for Use in Vacuum Applications. In *Journal of Physics: Conference Series*. 2018. Vol. 1128, No. 1, P. 012127.

**Rogoyvi A.S., Neskorozenyi A.O. Influence of the measuring instrument on the characteristics of the vortex chamber pump.**

*Perturbation of the flow by measuring instruments forces researchers to choose optical research methods. However, these methods significantly increase the cost of experimental research, due to the high cost of optical measuring equipment.*

*When conducting verification, it is important to match the flow patterns obtained experimentally and numerically, especially if the impact of measuring equipment on the flow is significant. Therefore, the task of defining the measuring tool influence on the flow parameters in the hydraulic machine becomes relevant. The authors of this paper have been researching new jet pumps called vortex chamber pumps for a long*

*time. These pumps allow you to take advantage of jet technology and centrifugal pumps based on the rotation of the flow inside the vortex chamber. Flows in the vortex chambers are one of the most difficult flows in hydroaerodynamics, so the influence of measuring instruments on the flow can be very significant. In this paper, based on the numerical solution of Reynolds equations, a comparison of flow patterns in a vortex pump with a measuring instrument of different diameters and without it is conducted.*

*The mathematical model consisted of Reynolds-averaged Navier-Stokes equations, SST (Shear Stress Transport) equations of the turbulence model, continuity equations for incompressible fluid flow. The software was verified by comparing the results of experiments with the results of numerical simulations.*

*Measurements made by means of holes on the end caps of the vortex chamber have a negligible effect on the energy performance of the pump within 5% in a wide range of tool relative diameter changes.*

*The tool location at the side surface of the vortex chamber is not allowed due to a significant deterioration of the vortex chamber pumps energy performance, which indicates significant measurement errors.*

*Reducing the tool relative diameter reduces the perturbation of the flow, but in order to minimize the impact of the tool it is necessary to guarantee the tool relative diameter less than 0.1.*

*The installation of the measuring tool in the end cover of the vortex chamber leads to a decrease in the flow rate sucked by the pump through the lower axial channel.*

**Keywords:** vortex chamber pump, measuring instrument, numerical simulation, characteristics, velocity measurement.

**Роговий Андрій Сергійович** – д.т.н., проф., завідувач кафедри гідравлічних машин Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна, e-mail: [asrogovoy@ukr.net](mailto:asrogovoy@ukr.net).

**Нескорозений Артем Олегович** – аспірант кафедри теоретичної механіки та гідравліки ХНАДУ, м. Харків.

Стаття подана 02.05.2021.