

А. А. МАКАРЕНКОВА, І. В. СТАРОВОЙТ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИХРОВОЇ ПОДАЧІ ПОЛІМЕРУ В ТУРБУЛЕНТНИЙ ПРИМЕЖОВИЙ ШАР

Представлені результати експериментальних досліджень ефективності розробленого авторами способу вихрової подачі полімерів, що знижують гідродинамічний опір і псевдозвукові гідродинамічні шуми в турбулентному примежовому шарі моделі – подовженого тіла обертання, що обтікається. Новизна пристрою полягає в тому, що полімеру, що подається в примежовий шар, надають разом з подовжньою швидкістю і додаткову кругову швидкість. Даний пристрій інтенсифікує дифузію концентрованого розчину полімеру, що вводиться. Встановлено, що при введенні розчинів поліетиленоксиду в примежовий шар моделі, за допомогою запропонованого пристрою, було отримано зниження гідродинамічного опору на 60 %, а гідродинамічних шумів до 14 дБ, що показує високу ефективність запропонованого пристрою вихрової подачі знижувати опір та шуми. У роботі наведена фізична модель, в якій показано, що полімери впливають безпосередньо на внутрішню область примежового шару. Це призводить до потовщення в'язкого підшару і зменшення в ньому інтенсивності вихрових структур. Внаслідок цього, процес міграції вихорів з в'язкого підшару в зовнішню область примежового шару, сповільнюється. Все це зменшує турбулізацію примежового шару, тим самим призводить до зниження гідродинамічного опору та шумів.

Ключові слова: вихрова подача, полімери, гідродинамічний опір, турбулентний гідродинамічний шар, додаткова окружна швидкість, гідродинамічні шуми, концентрація, питома витрата.

А. А. МАКАРЕНКОВА, И. В. СТАРОВОЙТ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРОВОЙ ПОДАЧИ ПОЛИМЕРА В ТУРБУЛЕНТНЫЙ ПРИГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ

Представлены результаты экспериментальных исследований эффективности разработанного авторами способа вихровой подачи полимеров, снижающих гидродинамическое сопротивление и псевдозвуковые гидродинамические шумы в турбулентном пограничном слое модели – обтекаемого удлиненного тела вращения. Новизна устройства заключается в том, что при подаче полимера в пограничный слой, сообщается одновременно продольная скорость и дополнительная окружная. Данное устройство интенсифицирует диффузию вводимого концентрированного раствора полимера. Установлено, что при введении растворов полиэтиленоксида в пограничный слой модели, с помощью предложенного устройства, было получено снижение гидродинамического сопротивления на 60 %, а гидродинамических шумов до 14 дБ, что указывает на высокую эффективность предложенного устройства вихровой подачи снижать сопротивление и шуми. В работе представлена физическая модель, в которой показано, что полимеры оказывают влияние непосредственно на внутреннюю область пограничного слоя. Это приводит к утолщению вязкого подслоя и уменьшению в нем интенсивности вихревых структур. Вследствие этого, процесс миграции вихрей из вязкого подслоя во внешнюю область пограничного слоя замедляется. Все это уменьшает турбулизацию пограничного слоя, тем самым приводит к снижению гидродинамического сопротивления и шумов.

Ключевые слова: вихревая подача, полимеры, гидродинамическое сопротивление, турбулентный гидродинамический слой, дополнительная окружная скорость, гидродинамические шуми, концентрация, удельный расход.

A. A. MAKARENKOVA, I. V. STAROVOIT

INVESTIGATION OF VORTEX FEEDING OF POLYMER INTO THE TURBULENT BOUNDARY LAYER

The results of the experimental studies of the efficiency of the method of vortex feeding of polymers developed by the authors are presented. The novelty of the device lies in the fact that when the polymer is fed into the boundary layer, the longitudinal velocity and the additional circumferential velocity are reported simultaneously. It has been established that with the introduction of polyethylene oxide solutions into the boundary layer of the model, using the proposed device, a reduction in hydrodynamic resistance by 60% and hydrodynamic noise up to 14 dB were obtained, which indicates the high efficiency of the proposed vortex feed device to reduce resistance and noise. The paper presents a physical model that shows that polymers affect directly the inner region of the boundary layer. This leads to a thickening of the viscous sublayer and a decrease in the intensity of vortex structures in it. As a result, the process of migration of vortices from the viscous sublayer to the outer region of the boundary layer slows down. All this reduces the turbulence of the boundary layer, thereby leading to a decrease in hydrodynamic resistance and noise.

Key words: vortex feeding, polymers, hydrodynamic resistance, turbulent hydrodynamic layer, additional circumferential speed, hydrodynamic noise, concentration, specific flow rate.

Вступ. В 1948 році Томс В. А. [1] виявив, що додавання *високомолекулярного полімеру* у концентрацією $\sim 10^{-5}$ г/см³ в потік рідини в трубі призводить до істотного зниження *гідродинамічного опору* (ГДО). Експериментальні та теоретичні дослідження, виконані до теперішнього часу, підтвердили ефективність даного явища та його практичну цінність. Додавка полімерів в рідину, що транспортується трубопроводами, (нафтопродукти, теплоносії, хімічні сполуки та інші рідкі середовища) дозволяє знижувати їх ГДО до 85 % [2] і зменшує енерговитрати. Інтерес до цього ефекту також виявляють розробники підводних об'єктів, оскільки введення полімерів у *турбулентний примежовий шар* (ТПШ) призводить до зниження ГДО та *гідродинамічних шумів* (ГДШ) [3, 4].

Зокрема, у роботі [4] повідомляється про зниження ГДШ на поверхні обтічника гідроакустичної станції підводного човна при введенні полімерів у примежовий шар, що підвищує ефективність її роботи. Дослідженнями було виявлено, що здатність полімерів знижувати ГДО та ГДШ у ТПШ, залежить від типу полімеру, молекулярної маси, просторової молекулярної структури, а також від способу подачі його розчинів у примежовий шар обтічного тіла [5 – 6]. Це питання досить складне і важливе з практичної цінності при введенні полімерів у ТПШ підводних об'єктів, що рухаються. Подачу полімерних розчинів можна здійснювати двома способами. Перший – це введення слабо концентрованого розчину з в'язкістю близькою до в'язкості води, безпосередньо в в'язкий підшар ТПШ, де полімери призводять до стабілізації вихрових процесів в ньому і, зрештою, до знижен-

ня опору. У цьому випадку потрібно вводити в ТПШ великі обсяги розчинів полімерів, що ускладнює процес приготування їх у об'єкті. Другий метод передбачає введення в ТПШ концентрованого в'язкого розчину полімеру в прилежувальний шар, у такий спосіб, при якому розчин вводиться через щілину на обтічну поверхню тіла. В даному випадку витрата полімеру значно менша. При подачі полімеру через щілину, в'язкість якого перевищує в'язкість води в сотні разів, призводить до підвищення ГДС і ГДШ поблизу місця введення, оскільки $\tau_w = v \partial u / \partial t$, при цьому $\tau_w \sim \alpha P$, де τ_w – дотична напружка тертя на обтічній поверхні, P – середньоквадратичне значення пульсацій тиску (*псевдозвукові шуми*) у загальній смузі частот, α – коефіцієнт Крайхнена [7]. Все це зменшує ефект зниження ГДО і ГДШ.

Одним із способів усунення цього небажаного явища може бути підвищення дифузії полімерів ТПШ, яка зменшує його в'язкість і концентрацію до рівнів, що приводять до зниження ТПШ і ГДО. У роботі [8] було досліджено подачу полімерів за допомогою *шнекової форсунки*, встановленої в носовій критичній точці тіла. При подачі полімерного розчину форсункою йому надається разом з поздовжньою додаткова кругова швидкість, яка прискорює процес дифузії розчину. Застосування цього способу підвищення дифузії дозволило знизити ГДО на 54 %, а ГДШ на 8 – 10 дБ в діапазоні високих частот 10 – 12 кГц. Встановлення форсунки в критичній точці обтічного тіла, небажано, оскільки це порушує роботу *гідроакустичних антен*. Запропонований пристрій вихрового введення полімерів дозволяє усунути небажані явища і може бути рекомендований для використання його на підводних об'єктах. У цій статті наведено результати експериментальної перевірки ефективдромеханікової подачі полімерів у ТПШ обтічної моделі.

Методика досліджень. Експериментальні дослідження ефективності вихрового щілинного пристрою були виконані при поданні розчинів *поліетиленоксиду (ПЕО)* в ТПШ подовженого тіла обертання. Гідродинамічна труба, перетином 350×350 мм та довжиною робочої ділянки 2000 мм, забезпечувала швидкість потоку 10 м/с. Модель (подовжене тіло обертання, діаметром 100 мм при подовженні $L/d = 14$) розміщувалася в робочій ділянці труби (рис. 1).

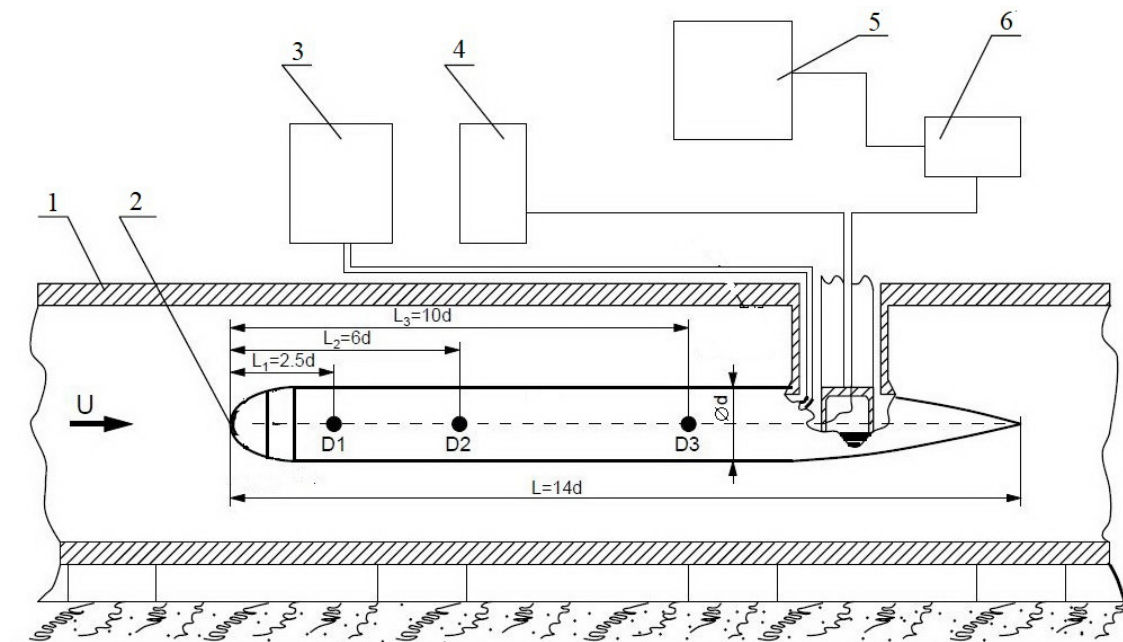


Рис. 1 – Розміщення моделі в гідродинамічній трубі, де: гідродинамічна труба – 1, модель – 2, система подачі полімерів – 3, системи тензометрії і реєстрації шумів – 4, 5, підсилювач сигналів – 6.

Передня частина моделі – це напівеліпсоїд з осьовим співвідношенням 1:4, середня, найбільш протяжна частина – циліндр, а кормова – параболоїд обертання. У передній частині моделі був встановлений кільцевий турбулізатор діаметром 3,0 мм, що генерує ТПШ. За ним, на відстані 60 мм, розташовувалась кільцева щілина, шириною 1 мм, з кутом введення 15° до поверхні, що обтікається.

Пристрій вихрової подачі було встановлено всередині моделі. Схема пристрою вихрової подачі полімерів ТПШ зображена на рис. 2. Пристрій складається з трубопроводів – 1, що забезпечують введення розчинів полімерів в кільцеву камеру закручування – 2 і кільцевої щілини – 3. Введення розчинів полімерів у камеру закручування здійснювалося через тангенціально розташовані в ній отвори. За рахунок відцентрових сил у камері закручування, виникає обертальний рух, що призводить до появи в рідині, поряд з поздовжньою, кругової швидкості.

кості. Розчин полімеру з камери закручування подається в щілину з поздовжньою та круговою швидкістю. Додаткова кругова швидкість сприяє підвищенню дифузії полімеру в прилеговому шарі.

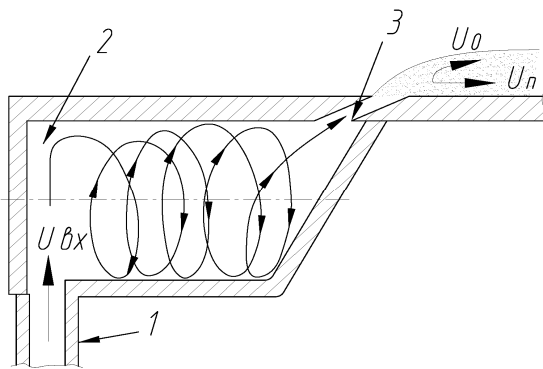


Рис. 2 – Пристрій вихрового вводу полімерів в щілину.

де m^2 – площа моделі, що обтікається, і на яку подається розчин полімеру.

Гідродинамічні шуми реєструвалися трьома мініатюрними п'єзокерамічними гідрофонами діаметром 1,5 мм, які встановлені врівень з обтічною поверхнею. Розташування гідрофонів на поверхні моделі показано на рис. 1. Зареєстровані шуми посилювалися та записувалися. Спектральна обробка шумів була виконана спектроаналізатором фірми «Брюль і К'єр». Ефективність вихрового пристрою подачі полімерів на спектральні рівні гідродинамічних шумів оцінювалися залежно від $\Delta P = 20 \cdot lq \cdot (P_n - P)$, де P_n – спектральні рівні шумів при подачі розчину полімеру, P – спектральні рівні шумів при подачі чистої води.

Результати досліджень. Як було зазначено вище, метою цих досліджень було визначення ефективності дії вихрового пристрою введення полімерів у ТПШ на зниження ГДО та ГДШ. Отримані в процесі досліджень результати представлені на рис. 3 та рис. 4. Розглянемо їх докладніше. Встановлено, що величина зниження ГДО моделі при вихровому введенні полімеру залежить від питомої витрати. Її підвищення від 0,3 до 1,4 кг/м²·с призводить до зниження ГДС від 30 % до 60 %. Збільшення питомої витрати більше, ніж на 1,4 кг/м²·с знижує ефективність ГДО. Для порівняння відзначимо, що при подачі крізь щілину полімеру, з такою ж питомою витратою, зниження ГДО становило 54 % [7]. На рис. 3 крива 1 відповідає введенню полімеру за допомогою вихрового пристрою, а крива 2 – введенню крізь щілину.

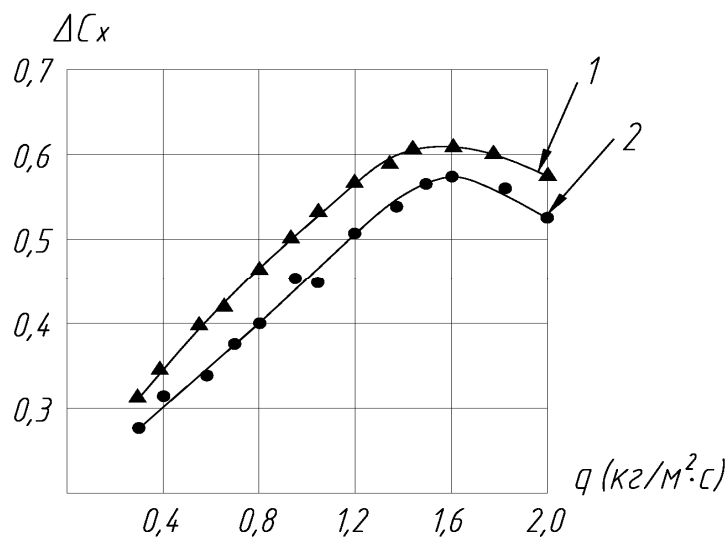


Рис. 3 – Залежність гідродинамічного опору від питомої витрати полімеру.

Розглянемо та оцінимо ефективність вихрової подачі полімерів на ГДШ моделі, що реєструються гідрофонами D1, D2, D3 (рис. 4). Встановлено, що введення полімеру за допомогою вихрового пристрою призводить до зміни спектральних складових рівнів ГДШ на поверхні моделі. На рис. 4 представлені різниці рівнів спектральних складових шумів при подачі полімерів та чистої води. Негативному значенню ΔP відповідає зниження рів-

ня спектральних складових ГДШ, а позитивному – підвищення. На рис. 4 наведена залежність різниці спектральних складових рівнів від частоти, зареєстрованих гідрофонами $D1$, $D2$ та $D3$, при якому було отримано максимальне зниження ГДС на 60 %. Номери кривих на малюнку відповідають номерам гідрофонів. В результаті досліджень виявлено, що шуми, які реєструються гідрофоном $D1$, розташованому поблизу місця введення, істотно відрізняються від шумів, що реєструються $D2$ і $D3$. Гідродинамічні шуми, що реєструються $D1$, показали збільшення спектральних складових рівнів до 4 дБ в діапазоні низьких частот 40 – 120 Гц, і в той же час, на високих частотах спостерігалось зниження рівнів спектральних складових до 6 дБ в діапазоні 9 – 12 кГц. Це пов'язано з тим, що $D1$ розташований поблизу місця введення, де в ТПШ подається висококонцентрований в'язкий розчин полімеру. Для порівняння вкажемо [8], що при щільній подачі, гідрофон $D1$ зареєстрував значно більш високе збільшення гідродинамічних шумів.

З віддаленням від місця введення полімерів в ТПШ, спектральні рівні знижуються в усьому діапазоні частот (на низьких від 3 – 5 дБ, а на високих частотах до 10 – 14 дБ). Все це вказує на ефективність запропонованого вихрового пристрою, який, на нашу думку, інтенсифікує процес дифузії полімерного розчину, що вводиться з його допомогою, і отримання в ТПШ концентрації, яка забезпечує високе зниження ГДО і ГДШ.

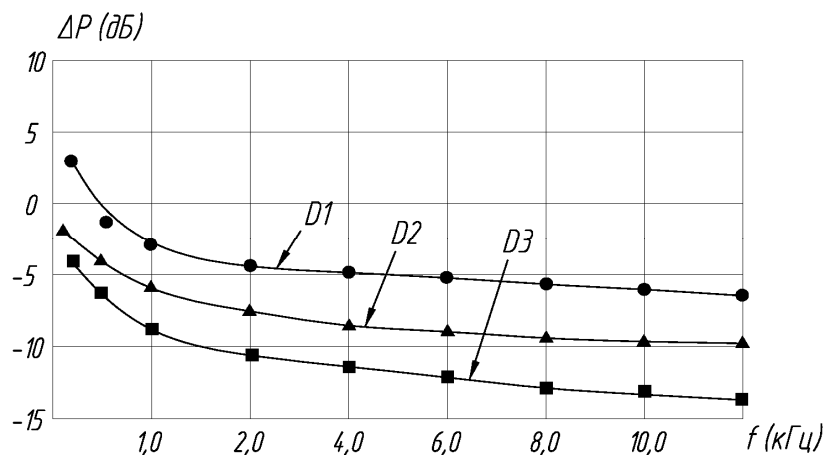


Рис. 4 – Залежність рівня спектральних складових шумів від місця введення полімерів на обтічній поверхні в ТПШ.

Таким чином, подача полімеру, за допомогою вихрового пристрою ТПШ моделі, в порівнянні з щільним введенням [7], підвищує ефект зниження ГДО на 6 %, а ГДШ на 6 – 8 дБ. У результаті проведених досліджень можна рекомендувати для зниження ГДО і ГДШ застосування вихрової подачі в ТПШ перспективних підводних об'єктів. Для більш детального розуміння дії полімерів у примежовому турбулентному шарі розглянемо його структуру. Як відомо, ТПШ можна поділити на внутрішню та зовнішню області. Внутрішня область (в'язкий підшар), товщиною 10 – 12 % від товщини примежового шару, яка безпосередньо прилягає до поверхні тіла. У цій зоні відбувається зародження короточасних, високоінтенсивних, вихрових структур (джерел високочастотних шумів), які при своєму русі вниз по потоку мігрують у зовнішню область примежового шару, де вони, руйнуючись, турбулізують зовнішню область. Молекули полімеру, потрапляючи у внутрішню область примежового шару, під дією зсувної напруги утворюють ниткоподібні довготривалі та менш інтенсивні протяжні вихори. Це зменшує перенесення їх у зовнішню область, тому відбувається детурбулізація ТПШ [9 – 11]. Крім цього, вихрові структури при взаємодії з молекулами полімерів збільшують товщину в'язкого підшару, що призводить до зменшення дотичних напруг, які визначають опір обтікання, а також вони знижують генерацію шумів. Однак, висока в'язкість концентрованого розчину поблизу місця введення призводить до деякого підвищення ГДО та ГДШ. Це пов'язано з тим, що дотична напруга, як було зазначено вище, залежить від кінетичної в'язкості та рівня спектральних складових середньоквадратичного значення пульсації тиску (шумів). Щоб отримати прийнятні ефекти зниження ГДО і ГДШ, необхідно суттєво прискорити процес дифузії ТПШ. Запропонована вихрова подача полімерів на обтічну поверхню забезпечує цей процес.

Висновки: 1. Встановлено, що використання запропонованого вихрового пристрою подачі полімерів дозволяє знижувати ГДО до 60 %, а ГДШ на 14 дБ у діапазоні високих частот 10 – 16 кГц.

2. Висока ефективність та простота конструкції пристрою вихрової введення полімерів у турбулентний примежовий шар дозволяють рекомендувати його до застосування у швидкісних підводних об'єктах.

Список літератури

1. Toms B. A. Some observations on the flow of liner polymer solutions through straight tubes at large Reynolds numbers // Proc. of Int. Cong. On Rheology. – North Holland, 1948. – V.2. – P. 135 – 141.
2. Симоненко А. П., Асланов П. В., Дмитренко Н. А. Снижение турбулентного трения в водных растворах смесей гидродинамически-

- активных полимеров и поверхностно-активных веществ // Вестник Донецкого Национального университета. Серия Г : Технические науки. – 2018. – №4, 2018. – С. 79 – 93.
3. Грешилов Е. М., Евтушенко А. В., Лямшев Л. М. Гидродинамические шумы и эффект Томса // Акустический журнал. – 1975. – Том. XXI. – Вып. 3. – С. 396 – 404.
 4. Дронов Б. Ф., Барбонель Б. А. Исследовательская подводная лодка – лаборатория проекта 1710 // Гангут. Научно-популярный сборник статей по истории флота и судостроения. – 1998. – Вып. 14, 1998. – С. 128 – 136.
 5. Ворopaев Г. А., Димитриева Н. Ф. Безимпульсная локальная подача раствора полимеров в турбулентный пограничный слой // Прикладная гидромеханика. – 2014. – Том 16. – №1, 2014. – С. 26 – 34.
 6. Voropaev G. A., Dimitrieva N. F. Simulation of the turbulent – energy redistribution in a diluted polymer solution // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – January, 2013. – vol. 86. – no. 1. – P. 131 – 144. <https://doi.org/10.1007/s10891-013-0813-3>.
 7. Kraichnan R. H. Pressure fluctuations in turbulent flow over a flat plate // JASA. – 1956. – vol. 28. – № 3. – P. 378 – 390. <https://doi.org/10.1121/1.1908336>.
 8. Воскобойник В. А., Гринченко В. Т., Макаренко А. П. Снижение гидродинамических шумов растворами высокомолекулярных полимеров // Акустический журнал. – 2007. – Том 10. – №2. – С. 33 – 42.
 9. Ptasiński P. K., Nieuwstadt F. T. M., Van den Brule B.H.A.A., Hulsen M. A. Experiments in turbulent pipe flow with polymer additives at maximum drag reduction // Flow, Turbulence Combust. – 2001. – 66. – № 2. – P. 159 – 182. <https://doi.org/10.1023/A:1017985826227>.
 10. White C. M., Somandepalli V. S. R., Mungal M. G. The turbulence structure of drag reduced boundary layer flow // Exp. Fluids. – 2004. – 36. № 1. – P. 62 – 69. <http://dx.doi.org/10.1007/s00348-003-0630-0>.
 11. Brasseur J. G., Robert A., Collins L. R. Fundamental physics underlying polymer drag reduction, from homogeneous DNS turbulence with the FENE-P model // 2nd International Symposium on Seawater Drag Reduction, 23 – 26 May 2005. – Busan, Korea, 2005. – P. 1 – 11.

References (transliterated)

1. Toms B. A. Some observations on the flow of liner polymer solutions through straight tubes at large Reynolds numbers. *Proc. of In. Cong. On Rheology*. North Holland, 1948, vol. 2, pp. 135–141.
2. Simonenko A. P., Aslanov P. V., Dmitrenko N. A. Snizhenie turbulentnogo treniya v vodnykh rastvorakh smesey gidrodinamicheski-aktivnykh polimerov i poverkhnostno-aktivnykh veshchestv [Reduction of turbulent friction in the water solutions of mixtures of hydrodynamic active polymers and surface active substances]. *Vestnik Donetskogo Natsional'nogo universiteta. Seriya G : Tekhnicheskie nauki* [Bulletin of the Donetsk National University. Series G : Technical sciences]. 2018, no. 4, 2018, pp. 79–93.
3. Greshilov E. M., Evtushenko A. V., Lyamshev L. M. Gidrodinamicheskie shумы i effect Tomsa [Hydrodynamic noises and Thoms effect]. *Akusticheskiy zhurnal* [Acoustical journal]. 1975, vol. XXI, no. 3, pp. 396–404.
4. Dronov B. F., Barbonel' B. A. Issledovatel'skaya podvodnaya lodka – laboratoriya proekta 1710 [Research submarine –laboratory project 1710]. *Gangut. Nauchno-populyarnyy sbornik statey po istorii flota i sudostroyeniya* [Gangut. Popular science collection of articles on the history of the fleet and shipbuilding]. 1998, vol. 14, 1998, pp.128–136.
5. Voropaev G. A., Dimitrieva N. F. Bezimpul'snaya lokal'naya podacha rastvora polimerov v turbulentnyy pogranichnyy sloy [Pulseless local feeding of polymer solution in turbulent boundary layer]. *Prikladnaya gidromekhanika* [Applied hydromechanics]. 2014, vol. 16, no. 1, 2014, pp. 26–34.
6. Voropaev G. A., Dimitrieva N. F. Simulation of the turbulent – energy redistribution in a diluted polymer solution. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. January, 2013, vol. 86, no. 1, pp. 131–144. <https://doi.org/10.1007/s10891-013-0813-3>.
7. Kraichnan R. H. Pressure fluctuations in turbulent flow over a flat plate. *JASA*. 1956, vol. 28, no. 3, pp. 378 – 390. <https://doi.org/10.1121/1.1908336>.
8. Voskoboynik V. A., Grinchenko V. T., Makarenkov A. P. Snizhenie gidrodinamicheskikh шумов rastvorami vysokomolekulyarnykh polimerov [Reduction of hydrodynamic noises by solutions of high molecular weight polymers]. *Akustichnyy visnyk* [Acoustical bulletin]. 2007, vol. 10, no. 2, pp. 33–42.
9. Ptasiński P. K., Nieuwstadt F. T. M., Van den Brule B.H.A.A., Hulsen M. A. Experiments in turbulent pipe flow with polymer additives at maximum drag reduction. *Flow, Turbulence Combust.* 2001, 66, no. 2, pp. 159–182. <https://doi.org/10.1023/A:1017985826227>.
10. White C. M., Somandepalli V. S. R., Mungal M. G. The turbulence structure of drag reduced boundary layer flow. *Exp. Fluids*. 2004, vol. 36, no. 1, pp. 62–69. <http://dx.doi.org/10.1007/s00348-003-0630-0>.
11. Brasseur J. G., Robert A., Collins L. R. Fundamental physics underlying polymer drag reduction, from homogeneous DNS turbulence with the FENE-P model. *2nd International Symposium on Seawater Drag Reduction, 23 – 26 May 2005*. Busan, Korea, 2005, pp. 1–11.

Надійшла (received) 17.04.2023

Відомості про авторів / Сведения об авторах / Information about authors

Макаренко Анастасія Анатоліївна – кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу гідродинамічної акустики, Інститут гідромеханіки НАН України, м. Київ; тел.: (093) 461-76-61; e-mail: maaorama@gmail.com.

Макаренко Анастасія Анатольевна – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник отдела гидродинамической акустики, Институт гидромеханики НАН Украины, г. Харьков; тел.: (093) 461-76-61; e-mail: maaorama@gmail.com.

Makarenkova Anastasiia Anatoliivna – PhD of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher, Department of Hydrodynamic Acoustics, Institute of Hydromechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv; tel.: (093) 461-76-61; e-mail: maaorama@gmail.com.

Старовойт Інна Валеріївна – кандидат фізико-математичних наук, науковий співробітник відділу гідродинамічної акустики, Інститут гідромеханіки НАН України, м. Київ; тел.: (044) 371-65-24; e-mail: inna-mail@ukr.net.

Старовойт Інна Валерьевна – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник отдела гидродинамической акустики, Институт гидромеханики НАН Украины, г. Киев; тел.: (044) 371-65-24; e-mail: inna-mail@ukr.net.

Starovoit Inna Valeryivna – PhD of Physical and Mathematical Sciences, researcher at the Department of Hydrodynamic Acoustics, Institute of Hydromechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv; tel.: (044) 371-65-24; e-mail: inna-mail@ukr.net.