

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

*VII Міжнародної науково-практичної
конференції*

**«ІННОВАЦІЙНІ
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**

9-13 вересня 2019 р.



ОДЕСА
2019

Публікуються доповіді, представлені на XVIII Міжнародній науковій конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв» (9 – 13 вересня 2019 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

Доктор техн. наук, професор
Кандидат техн. наук

О.Г. Бурдо
Ю.О. Левтринська
Я.О. Масельська

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

Єгоров <i>Богдан Вікторович</i>	– голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
Бурдо <i>Олег Григорович</i>	– вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
Атаманюк <i>Володимир Михайлович</i>	– Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
Васильєв <i>Леонард Леонідович</i>	– Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н., професор
Гавва <i>Олександр Миколайович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Гумницький <i>Ярослав Михайлович</i>	– Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
Долинський <i>Анатолій Андрійович</i>	– Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАН України
Зав’ялов <i>Владимир Леонідович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Сукманов <i>Валерій Олександрович</i>	– Полтавський університет економіки і торгівлі, д.т.н., професор
Колтун <i>Павло Семенович</i>	– Technident Pty. Ltd., Australia, Dr
Корнієнко <i>Ярослав Микитович</i>	– Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
Малежик <i>Іван Федорович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Михайлов <i>Валерій Михайлович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н., професор
Паламарчук <i>Ігор Павлович</i>	– Національний університет біоресурсів та природокористування України, д.т.н., професор
Снежкін <i>Юрій Федорович</i>	– Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., академік. НАН України
Сорока <i>Петро Гнатович</i>	– Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
Сухий <i>Константин Михайлович</i>	– ДВНЗ "Український державний хіміко-технологічний університет", д.хім.н., професор
Тасімов <i>Юрій Миколайович</i>	– Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
Товажнянський <i>Леонід Леонідович</i>	– Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор, член-кореспондент НАН України
Ткаченко <i>Станіслав Йосифович</i>	– Вінницький національний технічний університет, д.т.н., професор
Черевко <i>Олександр Іванович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н., професор
Шит <i>Михайл Львович</i>	– Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с

СЕКЦІЯ 2.

**ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ
ХІМІЧНИХ І ФАРМАЦЕВТИЧНИХ
ВИРОБНИЦТВ**

8. Naum B. Uriev. Technology of Dispersed Systems and Materials: Physicochemical Dynamics of Structure Formation and Rheology / Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2017. 192 p.
9. Shevchenko Yu.N., Belyaeva O.A. (1997). Perspektivy sozdaniya preparatov sorbcionno-detoksikacionnogo dejstviya na osnove poristyh kremnijorganicheskih matric // Persha nauko-vo-praktichna konferenciya "Biosorbcijni metodi i preparati v profilaktichnij ta likuvalnij praktici". Kiyiv, 10-15.
10. Patent UA №7472 A 29.09.95 MPK S08P 77/58. Gidrogeli metilkremniyevoj kisloti "Enteros-gel-super", yak adsorbent seredno-molekulyarnih metabolitiv ta sposib yih oderzhannya / Shevchenko Yu.M. ta inshi. 29.09.1995. Byul. 4.
11. Rebinder P. A. (1979). Poverhnostnye yavleniya v dispersnyh sistemah. Izbrannye trudy. M.: Nauka, 368.
12. Gricenko O.M., Bucka V.E. ta inshi (1997). Perspektivni kompozicijni preparati z vikoristanniam yak formoutvoryuvacha gidrogelyu metilkremniyevoji kisloti // Persha naukovo-praktichna konferenciya "Biosorbcijni metodi i preparati v profilaktichnij ta likuvalnij praktici". Kiyiv, 21-23.

УДК 532.517; 532.528

ДОСЛІДЖЕННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ В НАСОСАХ РІЗНИХ ТИПІВ

Авдєєва Л.Ю. д-р техн. наук, с.н.с., Макаренко А.А. к.т.н., Жукотський Е.К.,
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

INVESTIGATION OF CAVITATION EFFECTS IN DIFFERENT TYPES OF PUMPS

Avdieieva L. Yu. Dr.Tech.Sc., Senior Research Officer, Makarenko A. A. Ph. D, Zhukotskyi E. K.
Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

Анотація. Насоси широко використовуються в більшості технологічних процесів хімічної і харчової промисловості, в т.ч. для інтенсифікації процесу отримання мікро- і наноемульсій за рахунок ефектів гідродинамічної кавітації. Використання кавітаційних технологій дозволяє збільшити продуктивність технологічних процесів, забезпечити значну економію енерговитрат і високу якість обробки дисперсних систем. Від надійної роботи всього обладнання залежить ефективність проходження технологічних процесів і якість харчових продуктів. Однак, некерована кавітація може призвести до серйозних збоїв в роботі обладнання і навіть руйнування конструкції. В технологічних схемах кавітаційних апаратів використовуються насоси різних типів. При цьому існує велика ймовірність виникнення в насосах негативних кавітаційних ефектів і можливе руйнування поверхонь робочих органів. Найбільшого застосування знайшли динамічні лопатеві і об'ємні (гвинтові або шестеренні) насоси. В роботі представлені результати досліджень виникнення кавітаційних ефектів в динамічному відцентровому і об'ємному шестеренному насосах за зміною електрохімічних показників води в результаті обробки. Встановлено виникнення кавітації в динамічному відцентровому насосі. На прикладі досліджень температурних показників, а також величини рН і електропровідності показано зміну фізичних і хімічних властивостей середовища викликаних пульсаціями і спаданням кавітаційних бульбашок при роботі цього насоса.

Abstract. Pumps are widely used in most technological processes of the chemical and food industry, including for the intensification of the process of obtaining micro- and nanoemulsions due to the effects of the hybrid dynamics cavitation. Applied cavitation technologies can increase the productivity of technological processes, provide significant energy savings and high-quality processing of disperse systems. The efficiency of technological processes and the quality of food products depends on the reliable operation of all equipment. However, uncontrolled cavitation can lead to serious failures in the operation of equipment and even the destruction of the structure. In technological schemes of cavitation devices, pumps of different types are used. In this case, there is a high probability of creation the negative cavitation effects in the pumps and destruction of the working bodies surfaces. Types of the pumps which used the most are lamellar and bulk (screw or gear) pumps. The paper presents the results of research on the appearance of cavitation effects in dynamic centrifugal and bulk gear pumps by changing the electrochemical parameters of water as a result of treatment. The creation of cavitation in a dynamic centrifugal pump has been established. The change in the physical and chemical properties of the medium caused by ripples and the decrease of cavitation bubbles in the operation of this pump shows on the example of studies of temperature indices, as well as pH and electrical conductivity.

Ключові слова: гідродинамічна кавітація, інтенсифікація масообмінних процесів, кавітаційні технології, насоси, електрохімічні властивості

Keywords: hydrodynamic cavitation, intensification of mass-transfer processes, cavitation technologies, pumps, electrochemical properties.

Насоси представляють собою гідравлічні машини, які призначені для переміщення рідини під напором, перетворюючи механічну енергію привідного двигуна в механічну енергію рідини, що рухається. Насоси дозволяють піднімати рідину на певну висоту, подавати її на необхідну відстань в горизонтальній площині або циркулювати в певній замкнутій системі. Насоси широко використовуються в більшості технологічних процесів хімічної і харчової промисловості, в т.ч. для інтенсифікації процесу отримання мікро- і наноемulsій за рахунок ефектів гіродинамічної кавітації. Від їх роботи залежить ефективність проходження технологічних процесів і якість харчових продуктів [1,2].

Всі насоси за принципом дії поділяються на два основних види: динамічні та об'ємні. Динамічні насоси поділяються на лопатеві насоси, насоси тертя та насоси інерційного типу. Найбільшого поширення набули лопатеві насоси. В динамічних лопатевих насосах рідина під впливом гіродинамічних сил переміщується в камері, що постійно сполучена з вхідним і вихідним патрубками насоса. В об'ємних насосах рідина переміщується за рахунок періодичної зміни об'єму робочої камери, що поперемінно сполучається з вхідним і вихідним патрубками насоса. До них відносяться поршневі, пластинчасті, мембранні, гвинтові, шестеренні, перистальтичні. Серед об'ємних насосів найбільшого застосування набули гвинтові і шестеренні. Насоси цих типів активно використовуються в технологічних схемах кавітаційних апаратів. Вибір типу проводиться в кожному конкретному випадку з урахуванням його експлуатаційних і конструктивних якостей, а також технологічного призначення насоса [1,2].

Метою роботи було дослідження виникнення кавітаційних ефектів в насосах різних типів за зміною електрохімічних показників води в результаті обробки.

Для проведення досліджень були використані гіродинамічний відцентровий і об'ємний шестеренний насоси. Робота лопатевих насосів основана на загальному принципі – силевій взаємодії лопатей робочого колеса з оточуючим потоком рідини, яка постійно сполучена з вхідним і вихідним патрубками насоса. Рідина надходить через отвір в передньому диску робочого колеса по всмоктуючому патрубку і всмоктуючому трубопроводу. Рух рідини по всмоктуючому трубопроводу відбувається внаслідок різниці тисків над вільною поверхнею рідини в приймальному басейні (атмосферний) і в центральній області колеса (розрідження). Стабільна робота відцентрового насоса забезпечується в такому режимі, коли абсолютний тиск у всіх точках його внутрішньої порожнини більше тиску насичених парів рідини, що перекачується, при даній температурі. Якщо така умова не виконується, то починається явище кавітації, що призводить до зменшення чи навіть припинення роботи насоса. Витрати рідини залежать від тиску на виході з насоса, тобто - від зовнішнього навантаження. В об'ємних шестеренних насосах робоча рідина подається з робочого об'єму переривчасто, порціями витісняється із зазначеного об'єму силовими елементами таким чином, щоб в цих гідромашинах вхід постійно і дуже герметично роз'єднаний з виходом, за допомогою міцного і герметичного контакту зубів шестерень між собою. Такий спосіб роботи загалом не передбачає умов для виникнення розривів потоку і кавітації, але при певних умовах в зазорах між зубами шестерень можуть виникнути місцеві зони зниженого тиску [3-5].

При виникненні явища кавітації в насосах відбуваються суттєві зміни їх роботи: знижується продуктивність, напор, потужність, ККД, відбувається хімічне руйнування і кавітаційна ерозія поверхонь робочих органів, виникає шум і вібрація насоса, в результаті якої порушується герметичність з'єднань і ущільнень насоса, підвищується температура в місцях зхлопування парогазових кавітаційних бульбашок і кумулятивного впливу на поверхню металу.

Дослідження зміни температурних показників при роботі насосів різних типів впродовж 20 хв. наведені на рис.1.

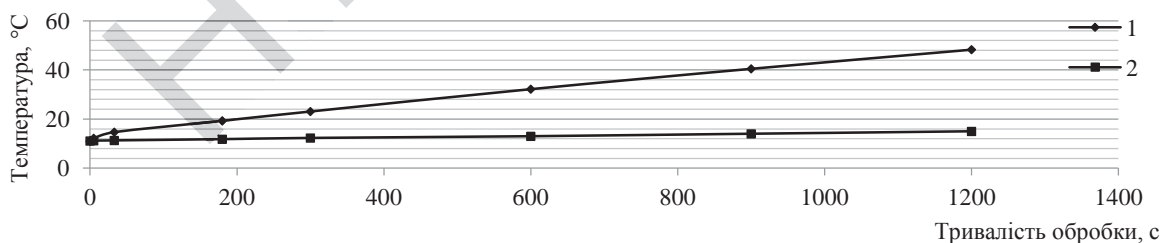


Рисунок 1. Залежність температури від тривалості обробки води в насосах: 1 – динамічний відцентровий; 2 – об'ємний шестеренний

Аналіз одержаних результатів (рис.1) продемонстрували відмінності принципу дії обраних насосів за їх впливом на оброблюване середовище. В динамічному відцентровому насосі температурні показники швидко наростають. На відміну від об'ємного шестеренного, в якому за 20 хв. роботи підвищення температури відбувається на 4 °C або в 1,4 рази, у динамічному відцентровому відповідні показники наростають набагато швидше, в 4,4 рази. Різниця температур середовищ, оброблених в насосах різних типів становила більше 30 °C. Значне підвищення температури оброблюваного середовища у відцентровому насосі можна пояснити виникненням розрідження в центральній частині насоса що призводить до розривів суцільності рідини з утворенням парогазових кавітаційних бульбашок. В процесі роботи насоса вони разом із середовищем зносяться по каналах в зону підвищеного тиску до периферії і дифузору. При цьому утворені бульбашки зростають і зхлопуються з виділенням потужного імпульсу енергії, що і призводить до прояву різноманітних

кавітаційних ефектів [2]. В об'ємних насосах, на відміну від відцентрових, рідина рухається циклічно, порціями. При їх роботі рідина всмоктується і заповнює порожнини між зубцями під атмосферним тиском, тому виникнення кавітаційних ефектів майже виключається [3,4].

Гідродинамічна кавітація характеризується багатофакторним впливом на оброблюване середовище. Супутні до кавітації ефекти призводять до зміни хімічних, фізичних і структурних властивостей оброблюваних систем [6]. Результати досліджень деяких електрохімічних показників води після її обробки в обраних насосах наведені на рис. 2.

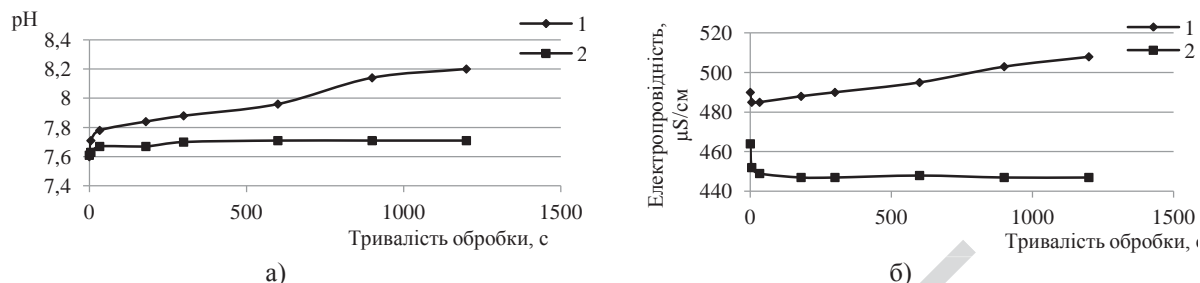


Рисунок 2. Залежність електрохімічних показників водопровідної води від тривалості обробки в насосах: 1 – динамічний відцентровий; 2 – об'ємний шестеренний

На рис.2 представлені результати досліджень рН і електропровідності зразків після обробки в обраних типах насосів. Отримані нами результати досліджень підтвердили висновки про виникнення гідродинамічної кавітації в динамічному відцентровому насосі, яка змінює і електрохімічні показники оброблюваного середовища. Так, в результаті активного динамічного впливу на молекулярному рівні при проходженні рідини через відцентровий насос рівень рН (рис.2 а) змінюється вже з перших секунд обробки. Вже через 5 с значення рН досягають значень цього показника для води при циклічному прокачуванні в об'ємному шестеренному насосі впродовж 20 хв. Значення електропровідності води (рис.2 б) змінюються так само більш виражено для динамічного відцентрового насосу. Отримані результати вказують на активацію води з утворенням електронно-збуджених станів молекул.

Проведені дослідження показали наявність гідродинамічної кавітації при роботі динамічного відцентрового насосу. Для виключення некерованої кавітації і попередження збоїв в роботі обладнання, особливо в технологічних схемах кавітаційних технологій, бажано використовувати насоси що не піддаються впливу кавітації, наприклад об'ємні. При їх роботі рідина всмоктується і заповнює порожнини між зубцями під атмосферним тиском, тому виникнення кавітаційних ефектів майже виключається. В разі необхідності за експлуатаційними або технічними характеристиками використання динамічних насосів, потрібним є використання обладнання з поліпшеною якістю матеріалів та застосуванням захисних покриттів деталей, найбільш схильних до дії кавітації і стирання або конструкції з антикавітаційними властивостями.

Висновки

Насоси різних типів широко використовуються в технологічних схемах кавітаційних апаратів різного призначення. При цьому є велика ймовірність виникнення негативних кавітаційних ефектів в насосах через можливе руйнування поверхонь робочих органів. Встановлено виникнення кавітації в динамічному відцентровому насосі. На прикладі досліджень температурних показників, а також величини рН і електропровідності показано зміну фізичних і хімічних властивостей середовища викликаних пульсаціями і спаданням кавітаційних бульбашок при роботі цього насоса.

Список літератури.

1. Остриков А. Н., Красовицкий Ю. В., Шевцов А. А. и др. Процессы и аппараты пищевых производств [Текст] : учеб. для вузов: в 2 кн. под ред. А.Н. Острикова. СПб.: ГИОРД, 2006. Кн. 1. 632 с.
2. Braeutigam P., Franke M., Zhi-Lin Wu, Ondruschka B. Role of Different Parameters in the Optimization of Hydrodynamic Cavitation. Chem. Eng. Technol. 2010,33. No. 6 P. 932–940.
3. Яхно О. М., Костюк Д.В., Стричек Я., Антонык П. Влияние кавитации на величину пульсацій подачі шестеренного насоса. Вісник НТУУ «КПІ», Серія Машинобудування №64. 2012. С 132-135.
4. Мирошніченко С.Т., Коваль В.А, Епифанов С.А. Оценка кавитационного процесса в насосном оборудовании методом виброакустической диагностики Вісник НТУУ «КПІ», Серія Машинобудування №59. 2010. С 173-175.
5. Patrick Braeutigam, Zhi-Lin Wu, Annegret Stark, Bernd Ondruschka Roles of Pumps and Bypass in Chemistry Induced by Hydrodynamic Cavitation. Chem. Eng. Technol. 2010, Vol. 33, №2 P. 341-346.
6. Авдеева Л.Ю., Макаренко А.А. Вплив ефектів гідродинамічної кавітації на електрохімічні властивості води. Наукові праці – Одеса, Одеська національна академія харчових технологій: 2017. Том 81, Вип. 1. С. 105-110.

ЗМІСТ

ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ВИРІШЕННЯ ЕНЕРГО-ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ КРУП'ЯНОГО ВИРОБНИЦТВА	
Хоренжий Н.В., Лапінська А.П.	5
ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГАЗАЦИИ ЖИДКОСТИ В КАВИТАЦИОННЫХ ТЕЧЕНИЯХ. ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ	
Иваницкий Г.К., Целень Б.Я., Недбайло А.Е., Коник А.В.	11
ІННОВАЦІЙНІ СПОСОБИ ЕНЕРГОПІДВОДУ У ПРОЦЕСАХ СУШІННЯ ТЕРМОЛАБІЛЬНОЇ СИРОВИНИ	
Яровий І.І., Кашкано М.А., Маренченко О. І., Пилипенко Є.О.	17
МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЛОКАЛЬНИХ ШВИДКОСТЕЙ ТЕПЛОНОСІВ У ВЕРТИКАЛЬНОМУ КАНАЛІ КОНТАКТНОГО АПАРАТУ	
Кузьменко І.М.	24
МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСУ ПРИ КОНВЕКТИВНОМУ СУШІННІ М'ЯСНИХ ВИРОБІВ	
Ощипок І. М.	29
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГІЇ РЕКУПЕРАЦІЇ В СИСТЕМІ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ШВИДКІСНОГО ТРАМВАЮ М. КРИВИЙ РІГ	
Кухта О.О.	33
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСУ В ПРОЦЕСІ ЖАРІННЯ ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ	
Сорокова Н.М., Дідур В.В.	37
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЛАЗМЕННЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ СРЕД	
Холявченко Л.Т., Опарин С.А., Давыдов С.Л.	42
ПРОБЛЕМИ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ	
Бундюк А.М., Подпалова Ю.В., Коваленко А.К.	46
ENERGY POLICY OPPORTUNITIES. HOW TO FACE CHALLENGES	
Bezhan V., Zhytarenko V., Ostapenko O., Yakovleva O.	48

ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНИХ І
ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУППОЗИТОРИЕВ	
Шмагток А.И., Степанова О.Е., Сильнягина Н.Б.	54
ТЕРМІЧНЕ РОЗКЛАДАННЯ ГРАНУЛЬОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ В УМОВАХ ЗМІННОЇ ГАЗОВОЇ АТМОСФЕРИ	
Корінчевська Т.В., Михайлик В.А., Корінчук Д.М.	59
АКТИВАТОРИ ПРОЦЕСУ ПОГЛИНАННЯ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ХЛОРОФІЛСИНТЕЗУЮЧИМИ МІКРОВОДОРОСТЯМИ	
Дячок В.В., Мандрик С.Т., Гуглич С.І.	64
РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНОГО ТЕПЛОМАСООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	
Грабова Т. Л., Шмагток О.І., Сильнягина Н.Б.	70
ДОСЛІДЖЕННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ В НАСОСАХ РІЗНИХ ТИПІВ	
Авдєєва Л.Ю., Макаренко А.А., Жукотський Е.К.	77
ВИНИКНЕННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ ПІД ЧАС РОБОТИ НАСОСІВ РІЗНОГО ТИПУ	
Авдєєва Л.Ю., Макаренко А.А., Жукотський Е.К.	80
ГІДРОДИНАМІКА ГАЗОРІДНИХ ПОТОКІВ НА КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ СТРУКТУРАХ	
Туз В.О., Лебедь Н.Л., Трокоз Я.Є.	85
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЭКСТРАКЦИИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ПРОДУКТОВ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДОГО РАКЕТНОГО ТОПЛИВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДА	
Челтонов М.М., Опарин С.А., Матросов А.С., Кириченко А.Л.	91
МОДУЛЬНИЙ ПРИНЦИП ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЛЛЕТ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	
Бунецкий В.А., Бурдо О.Г., Зыков А.В., Войтенко А.К., Безбах И.В., Кашкарев А.А.	94
ARTIFICIAL MICRO RNA (AMIRNA): A POTENT TOOL FOR GENE SILENCING IN PLANT	