



ВЕСТНИК
НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА
«ХПИ»

44'2010

Харьков

**ВЕСТНИК
НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА "ХПИ"**

Сборник научных трудов

44'2010

*Тематический выпуск "Новые решения в
современных технологиях"*

Издание основано Национальным техническим университетом «ХПИ» в 2001 году

Госиздание

Свидетельство Госкомитета по информационной политике

Украины КВ №5256 от 02.07.2001 г

КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель

Л.Л.Товажнянский, д-р техн. наук, проф.

Секретарь

К.А. Горбунов, канд. техн. наук, доц.

Координационный совет

А.П. Марченко, д-р техн. наук, проф.

Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.

Е.Е. Александров, д-р техн. наук, проф.

Л.М. Бесов, д-р техн. наук, проф.

Б.Т. Бойко, д-р техн. наук, проф.

Ф. Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.

М.Д. Годлевский, д-р техн. наук, проф.

А.И. Грабченко, д-р техн. наук, проф.

В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.

В.Д. Дмитриенко, д-р техн. наук, проф.

И.Ф. Домнин, д-р техн. наук, проф.

Ю.И. Зайцев, канд. техн. наук, проф.

В.В. Епифанов, канд. техн. наук, проф.

О.П. Качанов, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.

С. И. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.

В.М. Кошельник, д-р техн. наук, проф.

В.И. Кравченко, д-р техн. наук, проф.

Г.В. Лисачук, д-р техн. наук, проф.

В.С. Лупиков, д-р техн. наук, проф.

О.К. Морачковский, д-р техн. наук, проф.

В.И. Николаенко, канд. ист. наук, проф.

П.Г. Перерва, д-р экон. наук, проф.

В.А. Пуляев, д-р техн. наук, проф.

М.И. Рыщенко, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.

Г.М. Сучков, д-р техн. наук, проф.

Ю.В. Тимофеев, д-р техн. наук, проф.

Н.А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

В.И. Кравченко, д-р техн. наук, проф.

О.К. Морачковский, д-р техн. наук, проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ответственный редактор

Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.

Ответственный секретарь

О.В. Саввова, канд. техн. наук

Г.И. Львов, д-р техн. наук, проф.

А.С. Куценко, д-р техн. наук, проф.

И.В. Кононенко, д-р техн. наук, проф.

Л.Г. Раскин, д-р техн. наук, проф.

В.Я. Заруба, д-р техн. наук, проф.

В.Я. Терзиян, д-р техн. наук, проф.

М.Д. Узуян, д-р техн. наук, проф.

Л.Л. Брагина, д-р техн. наук, проф.

В.И. Шустиков, д-р техн. наук, проф.

В.И. Тошинский, д-р техн. наук, проф.

Р.Д. Сытник, д-р техн. наук, проф.

В.Г. Данько, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.

Б.В. Клименко, д-р техн. наук, проф.

Г.Г. Жемеров, д-р техн. наук, проф.

В.Т. Долбня, д-р техн. наук, проф.

Н.Н. Александров, д-р техн. наук, проф.

П.Г. Перерва, д-р экон. наук, проф.

Н.И. Погорелов, канд. экон. наук, проф.

АДРЕС РЕДКОЛЛЕГИИ

61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21 НТУ

«ХПИ», СМУС Тел. (057) 707-60-40

e-mail: kovtima@rambler.ru

Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць.
Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях.- Харків: НТУ „ХПІ”-
2010. - №44. - 108с.

В сборнике представлены теоретические и практические результаты научных исследований и разработок, которые выполнены преподавателями высшей школы, аспирантами, научными сотрудниками, специалистами различных организаций и предприятий

Для научных работников, преподавателей, аспирантов, специалистов

У збірнику представлені теоретичні та практичні результати наукових досліджень та розробок, що виконані викладачами вищої школи, аспірантами, науковими співробітниками, спеціалістами різних організацій та підприємств Для наукових співробітників, викладачів, аспірантів, спеціалістів

Друкується за рішенням Вченої ради НТУ „ХПІ”, Протокол №7 від 01.10.2010

Національний технічний університет „ХПІ” 2010

УДК 536.214

Н.Г.КОКОДИЙ, доктор физ.-мат. наук, профессор, НФаУ, г. Харьков
Н.Н.ТИМЧЕНКО, канд. биол. наук, доцент, ХНТУСХ, г. Харьков
Л.Г.ЗАЙЦЕВА, ст. преподаватель, ХНТУСХ, г. Харьков
Е.Ю.НИКОЛАЕВА, инженер, ХНТУСХ, г. Харьков

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАССЕЯНИЯ СВЕТА НА МАЛЫХ ЧАСТИЦАХ

Обработка экспериментальных данных измерения оптическими методами размеров твердых и жидких частиц, находящихся в деаэрированной среде, проводилась с помощью исследования зависимости интенсивности рассеяния, прошедшего через среду, содержащую эти частицы, от длины волны. Исследуются возможности проведения расчетов за простыми формулами для фактора эффективности ослабления Q .

Обработка экспериментальных данных измерения оптическими методами размеров твердых и жидких частиц, находящихся в некоторой среде, проводилась с помощью исследования зависимости интенсивности излучения, прошедшего через среду, содержащую эти частицы, от длины волны. Исследуются возможности произведения расчетов по упрощенным формулам для фактора эффективности ослабления Q .

При решении многих задач физики, химии, биологии, экологии необходимо уметь определять размеры и оптические свойства твердых или жидких частиц, находящихся в некоторой среде. К настоящему времени разработано множество методов решения таких задач – методы микроскопии [1], седиментации [2], фотоседиментации [3] и др.

Наиболее распространены оптические методы. На исследуемый объем, содержащий твердые и жидкие частицы, направляется пучок оптического излучения, и фотоприемником регистрируются параметры прошедшего или рассеянного света: его интенсивность, фаза, поляризация. После математической обработки сигнала с фотоприемника делается заключение о параметрах исследуемых частиц [4-6]. Методы определения параметров частиц по виду оптических измерений можно разделить на две большие группы. В одной из них измеряется форма индикатрисы рассеянного частицами излучения, в другой – исследуется зависимость интенсивности излучения, прошедшего через среду, содержащую эти частицы, от длины волны.

Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки. Далее будет рассматриваться второй из этих методов. Достоинствами его является меньшая чувствительность к форме частиц, чем у методов, связанных с измерением индикатрисы рассеяния, и возможность измерять размеры очень малых частиц (радиусом до 10 нм). Требования к максимальной концентрации частиц здесь также не очень жесткие. Они связаны с применимостью закона Бугера. Согласно этому закону интенсивность света I , прошедшего через среду, содержащую поглощающие и рассеивающие частицы, равна

$$\frac{\Delta l_u}{l} = \frac{2,63}{2,63 + \frac{\pi l^2}{l_u}}$$

А при изготовлении сферического экрана

$$\Delta l_{\text{сф}} = \frac{4,2l}{4,2 + \frac{\pi l^2}{l_{\text{сф}}}}$$

Если проволока латунная, то $G=0,26$.

В этом случае

$$\Delta a_u = \frac{45,6}{\sqrt{0,26f}}; \Delta a_{\text{сф}} = \frac{72,3}{\sqrt{0,26f}}$$

А для диапазона СВЧ их максимальные величины равны

$$\Delta a_u = 5,16; \Delta a_{\text{сф}} = 8,18.$$

Тогда

$$\Delta l_u = \frac{5,16l}{5,16 + \frac{\pi l^2}{l}}$$

$$\Delta l_{\text{сф}} = \frac{8,18l}{8,18 + \frac{\pi l^2}{l}}$$

Вывод: разработанный радиозащитный костюм позволяет обеспечить постоянный коэффициент экранирования по всей поверхности тела человека, что является особенно важным фактором при обеспечении безопасности при работе с источниками электромагнитного излучения.

Список литературы: 1. Васильева Л.К., Горский А.Н. Электротехнические аспекты влияния низкочастотных электромагнитных полей на человека //Вестн.МАНЭБ.-2000.-№4(28).-С.31-35.-Библиограф.: 1 назв.2. Вахлаков В., Никитина В. Внимание: электромагнитная опасность!//Армейский сборник.-1997.-№1.-С.83-85.

Поступила в редколлегию 01.09.2010

СОДЕРЖАНИЕ

Н.Г. Кокодий, Н.Н. Тимченко, Л.Г. Зайцева, Е.Ю. Николаева	3
Математическое моделирование процесса рассеяния света на малых частицах	
П.И. Глушко, А.Ю.Журавлёв, В.Л.Капустин, Н.А Семёнов., Н.А.Хованский, В.И.Шеремет, Б.М.Широков, А.В. Шиян	6
Исследование процессов получения эпитаксиальных структур Si-Ge на подложках Si и Si-Ge	
А.Ю.Андрианов, Д.А.Орлянский	12
Влияние дисперсных модификаторов на адгезионные свойства эпоксидного связующего, используемого в составе конструкционного материала контейнера для изоляции радиоактивных отходов	
Л. Ф. Головки, В. І. Носуленко, О. С. Чумаченко	18
Характеристики джерел тепла електрофізичних методів розмірної обробки металів	
В. Г. Неня, С. О. Хованський	25
Оцінка витрат енергії, пов'язаних із нестационарною роботою відцентрового насоса	
Л. С. Золотарь, О. В. Акимов	29
К вопросу создания литой биметаллической композиции чугуна-титановый сплав	
С.М. Русалин, В.Л. Юшко, В.В. Кузьмина	37
Содержательное и математическое представление событий в гидравлической системе с кавитатором и резонатором	
В.К. Лобанов, Г.И. Пашкова, Т.Н. Ковшанова	46
Усилия горячей штамповки биметаллических поршней	

Э. С. Геворкян, Ю. Г. Гуцаленко Некоторые закономерности и особенности механизма спекания нанопорошков оксида алюминия при горячем прессовании с электронагревом прямым токоподводом	52
В. Ю. Селівьорстов, О. О. Лоєвська, Ю. В. Доценко, В. П. Доценко Особливості впливу ступеня дисперсності прокатної окалини на міцнісні властивості залізофосфатної ХТС	58
А.П. Мельник, В.Ю. Папченко Дослідження впливу параметрів реакції амідування на ступінь перетворення діетаноламіну	66
В.В. Березуцкий, В.В.Макаренко, В.В. Пархоменко, Радван Арафа Биссиуни, Т.С. Бондаренко Исследование опытно-промышленной модели распространения CO и SO ₂ на производственном участке с зонами высоких температур, и раскаленными металлическими изделиями	69
О.В. Саввова Перспективні поруваті кальційфосфатні скломатеріали медичного призначення	74
В.Ф. Моїсєєв, О.М. Філенко, А.Ю. Масікевич Взаємний вплив гідродинамічних і структурних параметрів на висоту газорідного шару в комбінованому контактному пристрої	78
И.Н. Демидов, О.В. Белоус, А.И. Сокол Получение поверхностно-активных веществ методом перезтерификации этиловых эфиров молочной кислоты с подсолнечным маслом	83
А.П. Мельник, С.О. Крамарев, В.А. Рудисв Дослідження утворення алкілімідазолінів з ріпакової олії	87
А.П. Мельник, Т.І. Марценюк, С.Г. Малік Одержання моно-діацилгліцеринів і моноетаноламідів амідуванням соєвої олії	92

Н.Е. Мовмыга, И.В. Любченко, Д.Л. Донской Проблемы современной молодежи и БЖД	97
Т.Е.Стыценко Исследование характеристик радиозащитного костюма с постоянным коэффициентом защиты	100

випаровування при відповідній зміні якості обробки незалежно від сили струму. Досягається це мобільно, в потрібний час, в потрібному місці простим регулюванням I та P_d .

Згідно викладеного, процеси ЕРО порівняно з обробкою різанням і тиском мають такі переваги:

1) електроенергія не перетворюється на силову, а використовується в зоні обробки, виконуючи відповідну операцію в потрібному місці, в потрібний час і з необхідними якістю, продуктивністю і точністю обробки; при РОД продуктивність і якість обробки змінюють регулюванням сили струму і динамічного тиску потоку робочої рідини, отже верстат стає простим і дешевим, а процес – мобільним;

2) обробку здійснюють без механічних зусиль на інструмент і заготовку;

3) інструмент простіший, ніж різець, свердло, протяжка, штамп;

4) продуктивність обробки не залежить від твердості і в'язкості оброблюваного металу, що важливо при зростаючому застосуванні важкооброблюваних матеріалів;

5) широкі можливості реалізації різноманітних технологічних схем формоутворення як непрофільованим, так і, особливо, профільованим електродом, зокрема, копіювання форми електрода на поверхню заготовки при простому поступальному русі електрода, що дозволяє отримати аналогічно процесу штампування різноманітні отвори, порожнини, стержні і інші вироби складної форми; 6) можливо виконувати ряд технологічних операцій, які не можуть бути виконані іншими методами обробки, наприклад різноманітні глибокі отвори у важкооброблюваних матеріалах.

Переваги технологій, простота реалізації, досягнутий рівень розробок роблять сукупність процесів ЕРО високоефективною альтернативою традиційним процесам обробки різанням і тиском як в інструментальному і інших елітних виробництвах, так і в основному виробництві для виготовлення серійних деталей.

Це означає, що металообробка отримала якісно новий, високоефективний, універсальний, з надзвичайно широкими технологічними можливостями „інструмент” обробки, що представляє джерело тепла у вигляді електричного дугового розряду найрізноманітніших форм його прояву, який дозволяє:

– реалізувати практично всі можливі технологічні схеми формоутворення;

– забезпечує оптимальне поєднання кількісних і якісних характеристик процесу обробки;

– все це порівняно з процесами обробки різанням і тиском, реалізується простішими засобами (технікою і інструментом). Це означає, що в металообробці на зміну „ери сили” приходять „ера тепла”.

Так прогрес металообробки переходить “з вістря різця” на “кромку електрода” і, таким чином, об'єктивно, ЕРО – це наступний етап розвитку металообробки.

Висновок. Таким чином, процеси ЕРО, що включають ЕІ, ЕМ, РОД та ПО і засновані на використанні електричного дугового розряду, при густині потоку енергії до 10^6 Вт/см² забезпечують регулювання енергетичних характеристик дуги в широкому діапазоні технологічних режимів. Переваги цих технологій

роблять процеси ЕРО ефективною альтернативою процесам обробки різанням і тиском. ЕРО – це наступний етап розвитку металообробки, коли на зміну „ери сили” приходять „ера тепла”. Процес РОД став стрибком, якісно новим етапом розвитку металообробки в цілому, оскільки викладені переваги процесів ЕРО стало можливим реалізувати повною мірою після появи РОД.

Список літератури: 1. Носуленко В. И. О физической природе, общем, отличиях и технологических возможностях электрических разрядов и классификации способов электроразрядной обработки металлов // Электронная обработка материалов, Кишинев, 2006, № 1. – С. 8-18. 2. Подураев В. Н. Технология физико-химических методов обработки. – М.: Машиностроение, 1985. – 264 с. ил. 3. Артамонов Б. А., Волков Ю. С., Дрожалова В. И. и др. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов: Учеб. пособ. (в 2-х томах). Т. 2 Обработка материалов с использованием высококонцентрированных источников энергии / Под ред. Смоленцева. – М.: Высш. шк., 1983. – 208 с. ил. 4. Лившиц А. Л. и др. Электроимпульсная обработка металлов. М.: Машиностроение, 1967. 5. Сомервилл Дж. М. Электрическая дуга. Пер. с англ. “Госэнергоиздат”, 1962. 6. Финкельбург В., Меккер Г. Электрические дуги и термическая плазма. М.: Изд-во иностр. лит., 1962. 7. Лесков Г.И. Электрическая сварочная дуга. М.: Машиностроение, 1970. 8. Золотых Б. Н. Основные вопросы теории электрической эрозии в импульсном разряде в жидкой диэлектрической среде: Автореф. дис. докт. техн. наук/МИЭМ – М., 1968. 9. Носуленко В. И. Размерная обработка металлов электрической дугой // Электронная обработка материалов, 2005, № 1. – С. 8-17. 10. Золотых Б. Н. Основные вопросы теории электрической эрозии в импульсном разряде в жидкой диэлектрической среде: Автореф. дис. докт. техн. наук/МИЭМ – М., 1968. 11. Носуленко В. И. Электрическая дуга в поперечном потоке среды-диэлектрика как источник тепла для новых технологий // Электронная обработка материалов, 2005, № 2. – С. 26-33.

Поступила в редакцию 02.09.2010

УДК 622.65

В. Г. НЕНЯ, канд. техн. наук, доцент, СумДУ, г. Сумы

С. О. ХОВАНСЬКИЙ, аспірант, СумДУ, г. Сумы

ОЦІНКА ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ НЕСТАЦІОНАРНОЮ РОБОТОЮ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА

Запропонована математична модель робочого процесу відцентрового насоса як сукупність залежностей напору насоса, потужності та моменту на приводному валу від змінної у часі подачі насоса. Виконано оцінку витрат енергії, яка пов'язана із неусталеними режимами роботи насоса на гідравлічну мережу.

Предложена математическая модель рабочего процесса центробежного насоса как совокупность зависимостей напора насоса, мощности и момента на приводном вале от изменяющейся во времени подачи насоса. Выполнена оценка затрат энергии, связанных с неуставившимися режимами работы насоса на гидравлическую сеть.

Вступ. Населення міст забезпечуються водою за допомогою трубопроводних мереж з відцентровими насосами, на привод яких витрачається значна кількість електричної енергії. В сучасних умовах ринкового господарювання раціональне та економне використання енергетичних ресурсів є неперечною умовою. Водоспоживання у житлово-комунальному господарстві має складний характер, експериментальними дослідженнями встановлено, що у середньому щохвилини

подача двічі то збільшується, то зменшується. Пошук резервів для зменшення втрат енергії, пов'язаних з такими явищами, є задачею нагальною та актуальною.

Аналіз попередніх досліджень. Напір насоса в основному визначається його основним робочим органом – робочим колесом. Для розрахунку напору, що розвиває робоче колесо використовують основне рівняння лопатевих машин – рівняння Ейлера у найбільш зручній для методики розрахунку формі. Для його виведення, зазвичай, використовують формальний апарат теореми про зміну моменту кількості руху [1 – 5]. При цьому, більшість дослідників, або відразу як припущення, або потім як спрощення, нехтують складовими (доданками) рівнянь, що описують нестационарні процеси у робочому колесі. Лише в роботах [4 – 5] вводяться доданки, що описують нестационарні явища у потоці рідини, що перекачується, але застосовуються вони до ідеалізованих розрахункових схем, прикладів апробації запропонованих моделей не наводиться. В роботі [2], хоча й не розглядається випадок залежності параметрів від часу, розрахункова схема представлена найбільш повно – до розгляду введено не тільки момент обертотий на валу машини, але й момент на подолання дискового тертя.

В теорії робочого процесу динамічних насосів прийнято вважати подачу рідини незалежною змінною. Всі інші параметри визначаються у залежності від неї. Оскільки застосування моделей нестационарних явищ достатньо трудомістке, то в їх основу покладемо застосування осереднених значень зовнішніх параметрів та обмеженої кількості внутрішніх – основних геометричних параметрів робочого колеса.

Мета роботи: розробити математичну модель для визначення зовнішніх параметрів відцентрового насоса в умовах зміни його параметрів у часі та виконати оцінку втрат енергії, пов'язаних із реалізацією робочого процесу в таких умовах.

Момент сили від приводу на валу відцентрового насоса M_{np} витрачається на подолання моменту дискового тертя M_{np} та передачу моменту потоку рідини M_p , що призводить до підвищення її напору H_p .

$$M_{np} = M_{np} + M_p. \quad (1)$$

На тип рідини обмеження не вводяться. При цьому, модель роботи насоса виводиться на підставі теореми про зміну моменту кількості руху для об'єму рідини, обмеженого поверхнями основного та покривного дисків і вхідними та вихідними перерізами, а також виділенням в окремі доданки конвективної та локальної складових. Момент сили, що передається рідині, визначається за формулою аналогічно [3 – 5]

$$M_p = \int_{B_1} \rho r_2 V_{2u} V_{2m} dB - \int_{B_1} \rho r_1 V_{1u} V_{1m} dB + \frac{\partial}{\partial t} \int_R \rho r V_u dR.$$

Вводимо осереднення моменту швидкості на вході і виході РК по об'ємній витраті рідини Q :

$$\langle V_u r \rangle = \frac{\int_B V_u r V_m dB}{\int_B V_m dB} = \frac{\int_B V_u r V_m dB}{Q}.$$

Тоді рівняння (1) набуває вигляду

$$M_{np} = M_{mp} + \rho \cdot Q [\langle V_u r \rangle_2 - \langle V_u r \rangle_1] + \frac{\partial}{\partial t} \int_R \rho r V_u dR.$$

Для напору, що його отримує рідина від робочого колеса, (враховуючи $N = \rho g Q H = M \omega$) формула набуває вигляду

$$H_p = \frac{\omega}{g} (\langle V_u r \rangle_2 - \langle V_u r \rangle_1) + \frac{\omega}{g \rho Q} \frac{\partial}{\partial t} \int_R \rho r V_u dR, \quad (2)$$

де Q – об'ємна витрата рідини в м³/с; ρ – густина рідини в кг/м³; ω – кутова швидкість обертання ротора насоса, с⁻¹; V – абсолютна швидкість потоку, м/с, 1,2-номери вхідної та вихідної границь розглянутої області R , яка обмежена поверхнями B проточної частини (ПЧ) робочого колеса (РК), поточна точка якої r ; $g=9,82$ м²/с.

Напір, що його витрачає робоче колесо на здійснення робочого процесу, визначається за формулою [4]

$$H_{pk} = H_{pkm} - \Delta h_{pk} + \frac{\omega}{g \rho Q} \frac{\partial}{\partial t} \int_R \rho r V_u dR - \frac{1}{g \rho Q} \frac{\partial}{\partial t} \int_R \rho \frac{V^2}{2} dR, \quad (3)$$

де H_{pkm} – теоретичний напір РК, Δh_{pk} – втрати напору у РК.

Саме останній доданок, як показує аналіз формул (2) та (3) і визначає додаткову питому енергію, що витрачається робочим колесом на подолання інерції рідини. Перші два доданки формули (3) визначають фактичний напір робочого колеса. У порівнянні з [4] у формулі (3) виконано перехід до об'ємної витрати рідини та напору.

Для спрощеного, але обґрунтованого, визначення значень двох останніх доданків у формулі (3) необхідно прийняти припущення, що при напрямку осередненої течії рідини вздовж лопатей можна її параметри визначити за кутом напрямку лопаті, а саме

$$V^2 = V_u^2 + V_m^2; \quad V_u = u - V_m / \tan \beta_s.$$

Для напору робочого колеса маємо

$$H_{pk} = H_{pkm} + \frac{1}{g Q} \int \frac{V_m^2}{\sin^2 \beta_s} \frac{du}{dt} dR - \frac{1}{g Q} \int \frac{V_m^2}{\sin^2 \beta_s} \frac{dV_m}{dt} dR.$$

Якщо напір робочого колеса при стаціонарному режимі роботи H_{pkm} відомий із зовнішніх характеристики, то задача визначення нестационарних параметрів зводиться до оцінки впливу доданків, які виражають динамічні складові напору. Для відцентрових робочих коліс вісесиметричний кільцевий елементарний об'єм можна обчислити за формулою

$$dR = F_m dl,$$

де l – довжина середньої лінії меридіонального перерізу робочого колеса, м; F_m – площа поверхні обертання, утвореної дугою (відрізком) в меридіональному перерізі, нормальним до l , м². При цьому меридіональна (витратна) складова швидкості визначається із рівняння нерозривності (нестисливості) $V_m = Q/F_m$.

При зміні напрямку інтегрування від меридіанного до напрямку відносного потоку [6]: $dl = dS \sin \beta$, $V_m = W \sin \beta$, для динамічної (нестационарної) складової напору робочого колеса отримаємо

$$H_{\text{расст}} = \frac{1}{g} \int \frac{1}{tg \beta_s} \frac{du}{dt} dl - \frac{1}{g} \int \frac{1}{\sin^2 \beta_s} \frac{dV_m}{dt} dl.$$

При умові, що для усіх елементарних об'ємів кутова швидкість обертання та витрати однакові можемо записати

$$A \frac{d\omega}{dt} + B \frac{dQ}{dt} = H - H_{\text{расст}}, \quad (4)$$

де $A = \frac{1}{g} \int \frac{r}{tg \beta_s} dl$; $B = -\frac{1}{g} \int \frac{1}{\sin^2 \beta_s} dl$; а усі параметри – функції від часу. При цьому, статична складова напору робочого колеса залежить як від витрати рідини, так і швидкості обертання. Коефіцієнти A і B можуть легко обчислюватися за наведеними формулами при проектуванні нових робочих коліс або відновленні існуючих у САД системах. Для робочих коліс малої та середньої швидкохідності можна застосовувати наближення «радіального колеса»:

$$A = \frac{r_2^2 - r_1^2}{2tg \beta_s}, \quad B = -\frac{r_2 - r_1}{F_m \sin^2 \beta_s}.$$

Для моделювання течії у вхідному патрубку запишемо рівняння Бернуллі [7]

$$p_{bx} - p_1 = \rho(V_1^2 - V_{bx}^2)/2 + g\rho\Delta h_{bx} + I_{bx} \frac{dQ}{dt}. \quad (5)$$

Відповідно для вихідного відвідного пристрою аналогічно

$$p_2 - p_{bux} = \rho(V_{bux}^2 - V_2^2)/2 + g\rho\Delta h_{bux} + I_{bux} \frac{dQ}{dt}, \quad (6)$$

де I_{bx} , I_{bux} – моменти інерції осередненого потоку у вхідних та вихідних елементах проточної частини насоса.

Об'єднання рівнянь (4) – (6) дає баланс тисків між входом та виходом насоса

$$(p_{bux} - p_{bx})/g\rho = (V_{bx}^2 - V_{bux}^2)/2g + H_{lac} + (I_{bx} + I_{bux} + B) \frac{dQ}{dt} + A \frac{d\omega}{dt}. \quad (7)$$

Причому, враховано, що зменшення (статичної) усталеної складової теоретичного напору робочого колеса на величину сумарних втрат напору між входом та виходом дає напір, що відповідає зовнішній характеристиці насоса. Також прийнято, що витрата рідини в усіх елементах проточної частини насоса однакова.

За відсутністю відомостей про залежність моменту сил внутрішнього та дискового тертя від градієнту кутової швидкості приймаємо їх відповідними усталеним режимам обертання ротора. Разом із сталим моментом, переданим від ротора рідині, вони складають усталене значення моменту. Неусталені значення зумовлені силами інерції $I_p d\omega/dt$ та неусталеною складовою переданого рідині напору $M_{n \text{ уст}}$. Ці міркування дозволяють записати для моменту на валу насоса M_n наступне

$$M_n = M_{\text{уст}} + I_p \frac{d\omega}{dt} + M_{n \text{ уст}} = M_{\text{уст}} + I_p \frac{d\omega}{dt} + C \frac{dQ}{dt} + D \frac{d\omega}{dt}, \quad (8)$$

$$\text{де } C = -\rho \frac{r_2^2 - r_1^2}{2tg \beta_s}, \quad D = \rho F_m \frac{r_2^3 - r_1^3}{3}.$$

Потужність, що її споживає насос, на неусталених режимах визначаємо за залежно від параметрів обертального руху

$$N_n = \omega M_{n \text{ уст}} = N_{\text{уст}} + \omega \left[M_{\text{уст}} + (I_p + D) \frac{d\omega}{dt} + C \frac{dQ}{dt} \right]. \quad (9)$$

Рівняння (7) – (9) складають математичну модель насоса при його роботі на неусталених режимах.

Для насоса 1К80–50–200 виконано оцінку додаткових витрат потужності на подолання інерційних властивостей води при її перекачуванні (на прикладі систем подачі та розподілу води м. Суми). Робоче колесо насоса діаметром $d_2 = 210$ мм обертається на номінальному режимі з частотою $n_n = 2900$ об/хв, при номінальній потужності $N_n = 18,5$ кВт. Коефіцієнти формули (9) мають значення: $C = 11$, $D = 0,0007$. Середня зміна подачі насоса $\Delta Q/\Delta t = 0,3$ м³/год·с спричиняє додаткові витрати потужності $\Delta N = 1,05$ кВт.

Висновки. За результатами проведеними авторами досліджень запропоновано систему диференціальних рівнянь, яка описує зовнішні характеристики відцентрового насоса на неусталених режимах його роботи, що дозволяє більш детально складати баланс енергії та визначати енергоспоживання відцентрових насосів при роботі в зазначених умовах. Виконано оцінку складових потужності насоса на неусталених режимах роботи, що становить біля 6%.

Список літератури: 1. Стреллецкий М.Н. Работа быстроходных колес лопастных насосов в сплошном потоке и методика их расчета / Научные записки Харьковского механико-машиностроительного института. Т. VI. Труды конференции по гидромашиностроению 4 – 7 января 1939 года. – Харьков: НКТМ–СССР, 1940. – С. 85 – 169. 2. Степанов Г.Ю. Основы теории лопаточных машин, комбинированных и газотурбинных двигателей. М.: ГНТИМЛ. – 1958. – 350 с. 3. Ломакин А.А. Центробежные и осевые насосы / Изд. 2-е, перераб. и дополн. – М. – Л.: Машиностроение. – 1966. – 364 с. 4. Высокооборотные лопаточные насосы / Под ред. Б.В. Овсянникова и В.Ф. Чебаевского. – М.: Машиностроение, 1975 – 336 с. 5. Виктор Г.В. Общие основы теории. Учебн. пособие по курсу Теория лопастных гидромашин. – М.: МЭИ, 1978 – 90 с. 6. Михайлов А.К., Малюшенко В.В. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование. – М.: Машиностроение. – 1977. – 288 с. 7. Чугаев Р.Р. Гидравлика (техническая механика жидкости). – Изд. 4-е, доп. и перераб. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 672 с.

Поступила в редколлегию 01.09.2010

УДК 621.436:621.74

Л. С. ЗОЛОТАРЬ, ст. преп., НТУ «ХПИ», г. Харьков
О. В. АКИМОВ, докт. техн. наук, зав. каф., НТУ «ХПИ», г. Харьков

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ЛИТОЙ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОМПОЗИЦИИ ЧУГУН-ТИТАНОВЫЙ СПЛАВ

Найбільш перспективним матеріалом для виготовлення поршнів двигунів з високою мірою форсування є літа чавун – титанова композиція. Запропонований спосіб отримання літої чавун – титанової композиції дає можливість змінювати в широких межах режими литва біметалічних композицій, виконувати якісний і кількісний металографічний аналіз дифузійної зони, а також визначати механічні властивості зони поєднання двох сплавів.