

Регенерація турбінного масла в системі змащення ГТУ

Мороз А.О.

науковий керівник: Козлов Володимир Вікторович
Кафедра авіаційних двигунів,
Національний авіаційний університет,
Київ, Україна
mao888@ukr.net

Анотація — Аналіз турбінного масла в системі змащення газотурбінній установці, вплив показників якості масла на ресурс підшипникових вузлів.

Ключові слова — газотурбінна установка, підшипникові вузли, експлуатація, система змащення, регенерація масла.

$$a_{ISO} = f\left(\frac{e_c \cdot C_u}{P} k\right) \quad (2)$$

де: e_c – коефіцієнт забруднення оливи, C_u – межа втомного навантаження, P – динамічне еквівалентне радіальне навантаження, k – відносна в'язкість масла.

Як видно із формули 2, наявність води та кисню в турбінному маслі має вплив на коефіцієнт a_{ISO} .

Концентрація розчиненої води в турбінному маслі C та вміст молекулярного кисню в маслі C_{O_2} здійснюють комплексний (системний) вплив на множину фізикохімічних властивостей (ФХВ) масла, а саме на: v – кінематичну в'язкість, $d_{ПЗ}$ – діаметр плями зношування, $KЧ$ – кислотне число, $T_{сп}$ – температуру спалаху, показники термоокиснювальної стабільності: v^{+50} – кінематичну в'язкість, $KЧ$, осад та корозійність.

Для опису впливу видалення води та молекулярного кисню оберемо зміню параметру в'язкості, оскільки визначає коефіцієнт в'язкості, який зв'язаний прямою залежністю з коефіцієнтами a_{ISO} . Необхідно зазначити, що крім стабілізації коефіцієнту в'язкості k , проведення барботажної обробки має опосередкований вплив на всі параметри, що входять до коефіцієнту a_{ISO} .

Аналізуючи числові параметри в'язкості після видалення води та молекулярного кисню, можна зробити висновок, що при проведенні періодичної барботажної обробки має місце зменшення варіативності числових параметрів в'язкості, відносної в'язкості та, відповідно коефіцієнту в'язкості k . Усі ці умови ведуть до зменшення ступеню деградації a_{ISO} . У свою чергу, управління процесом впливу на зменшення варіативності показників ФХВ масла, зокрема в'язкості, управляє ресурсом підшипників через коригування коефіцієнту a_{ISO} .

Таким чином, проведення барботажної обробки турбінного масла з визначеною періодичністю забезпечує відновлення їх якості через видалення води та кисню. Це дає змогу коригувати коефіцієнти a_{ISO} і, таким чином, здійснювати управління ресурсом підшипникових вузлів ГТУ.

З аналізу дефектів підшипникових вузлів встановлено, що кількість вимушених зупинок ГТУ має велику кількість. Це обумовлене різними експлуатаційними факторами, до яких відносяться: завантаженість опор, забрудненість мастила продуктами зносу, його

І. Вступ

На газотурбінні установки наземного використання, в залежності від умов експлуатації, припадає майже 15 % загальної кількості відмов на незадовільну роботу їх систем змащення. Турбінне масло є основним функціональним елементом системи змащення. Домінуючою причиною погіршення експлуатаційних властивостей турбінного масла є присутність у ньому води та молекулярного кисню, які впливають на окисні та корозійні процеси.

ІІ. Основна частина

Надійність роботи підшипникових вузлів газотурбінних установок (ГТУ) забезпечується роботою їх системи змащення. Підшипникові вузли ГТУ є одними з навантажених вузлів та одними з ключових елементів, що визначають її ресурс, і довговічність яких повинна перевищувати ресурс ГТУ у 1,5 – 2,5 рази. У теперішній час в Україні діє стандарт ДСТУ EN 281:2017 «Підшипники кочення. Динамічна вантажопідіймальність і номінальний ресурс». Існують різні методи розрахунку ресурсу підшипників, як стандартизовані, так і не стандартизовані.

Розрахунок ресурсу підшипників визначається за формулою 1.

$$L_{nm} = a_1 \cdot a_{ISO} \cdot L_{10} \quad (1)$$

де L_{10} – базовий розрахунковий ресурс, який відповідає 90 % надійності підшипника.

a_1 – коефіцієнт, що коригує ресурс в залежності від надійності.

a_{ISO} враховує: навантаження на підшипник; умови змащування (в'язкість і тип масла, швидкість обертання, розмір підшипника, домішки); межу втоми матеріалу; тип підшипника; залишкову напругу в матеріалі; умови навколишнього середовища; забруднення турбінного масла, та у загальному вигляді може бути представлений як:

обводненість, киснева насиченість, відмова роботи мастильної системи (системи мащення, суфлювання) та ін.

При великій прокачці турбінного масла через ГТУ масло інтенсивно переміщується з повітрям, спінується і окислюється. З підвищенням температури швидкість окислення зростає. Крім того при тривалих зупинках ГТУ та відповідних умовах експлуатації відбувається обводненість масла. Присутність води в маслі призводить до прискореного зношення підшипникових вузлів та прискорення окислювальних процесів в маслі.

Збільшення терміну служби турбінного масла виробники здійснюють за рахунок впровадження різного роду присадок. Слід зазначити що проведення барботажної обробки нейтральним газом масла чинить вплив, зокрема, на в'язкість k та коефіцієнт забруднення турбінного масла e_c .

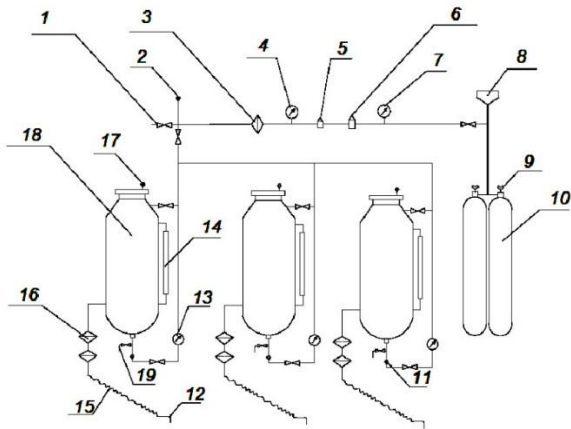


Рисунок 1 – Схема модернізованої АМЗ-53 МЮ: 1 – засувка; 2 – зворотній клапан; 3, 16 – фільтри; 4, 7 – манометри; 5, 6 – редуктори; 8 – зарядний штуцер пневмосистеми; 9 – кран газового балона; 10 – газовий балон; 11 – зворотній клапан; 12 – роздавальний пістолет з наконечником для закритої заправки оливою МС ГТД; 13 – витратомір; 14 – показник рівня; 15 – роздавальний рукав; 17 – зворотній клапан кулькового типу; 18 – бак (барботажна колона); 19 – зливний кран.

На рисунку 1 наведена барботажна установка типу АМЗ-53 МЮ, яка реалізує комплексний гідродинамічний вплив на турбінне масло. Гідродинамічний вплив на турбінне масло дозволяє значно зменшити розмір часток вологи, продуктів зносу, відповідно зменшити і сам знос змащувальних деталей, що в кінцевому рахунку позначається на збільшенні терміну служби масла, підвищенні надійності роботи елементів МС ГТУ та ресурсу підшипникових вузлів [5].

Дана установка не потребує змінювати конструкцію МС ГТУ при підключенні барботажного пристрою, та забезпечує комплексний позитивний вплив на множину ФХВ масла.

III. ВИСНОВКИ

Система регенерації масла в існуючій масляній системі ГТУ не має елементів по її зневодненню та обескисненню. Тому пропонується при виконанні технічного обслуговування разом з дозаправкою масла у маслобак проводити її регенерацію азотом, або іншим нейтральним газом у під'єднаній до маслобаку барботажної колонки (рисунок 1).

Список використаних джерел

- 1 Черненко Ж.С., Германчук Ф.К., Тугаринов А.С. Характеристика сложных климатических условий и особенности технической эксплуатации силовых установок в этих условиях: Учебное пособие. – Киев: КИИГА, 1989. – 103 с.
- 2 Б.М.Моисеев. Анализ дефектов и эксплуатационных факторов, приводящим к отказам опор роторов газотурбинных двигателей // Обеспечение надежности авиационных двигателей в эксплуатации: Сборник научных трудов. – Киев: КИИГА, 1993. – С.111-114
- 3 Козлов В.В. Анализ и классификация дефектов, приведших к отказам ГТД в эксплуатации //Методы и средства контроля технического состояния авиационных двигателей: Сб.науч.тр. – Киев: КИИГА, 1989. – С.128-135.
- 4 Добриденко О.М., Дровнін С.С., Козлов В.В. Дослідження технології збереження експлуатаційних властивостей нафтових олів при експлуатації авіаційної техніки// Збірник наукових праць Науково-дослідного інституту авіації. – К., 2009. – Вип.5. – С.129-132.
- 5 Дровнін С.С. Підвищення ефективності експлуатації газотурбінних двигунів через відновлення властивостей олів. Київ – 2016.

Концепція вакуумного генератору

Козаков Марк Олександрович
Інститут НН ІАЕТ
Україна м.Київ
e-mail: Sulfibry@gmail.com

Кожохіна Олена Володимирівна
Інститут НН ІАЕТ
Україна м.Київ
e-mail: kozhokhina@gmail.com

Анотація — Наукова робота присвячена вирішенню актуальної науково-практичної проблеми живлення споживачів на борту космічних апаратів для дослідження віддаленого космосу.

Ключові слова — генератор, джерело живлення, надпровідник.

I. Вступ

Ми живемо в час, коли в світі відбувається науково-технічна революція, обумовлена гігантським стрибком в досягненнях науки і техніки, в житті всього суспільства.

Розвиток ракетно-космічної техніки, космічні дослідження і освоєння космічного простору є одним з характерних проявів сучасної науково-технічної революції. А сама космонавтика сьогодні виступає як своєрідний синтез того, що досягнуто зараз світовою наукою і технікою.

Основною проблемою космічних досліджень є їх складність. Космічні апарати доводиться робити надійними, з розрахунком на можливість відмови будь-якої системи, адже втрата зв'язку з апаратом або ж будь-яка інша несправність можуть поставити під загрозу вдаль виконання місії, а то і життя екіпажу.

II. Особливості сучасних систем живлення

Для будь-якого космічного польоту необхідна енергія, щоб підтримувати роботу споживачів. Цю проблему вирішують шляхом установки на космічні апарати сонячних панелей. Важливо відзначити, що сонячні батареї нормально працюють тільки в зв'язці з буферними акумуляторами, які заряджаються на сонячній стороні орбіти, а в тіні - віддають енергію. Ці акумулятори також життєво необхідні в разі втрати орієнтації на Сонце. Але вони важкі, і внаслідок цього нерідко доводиться скорочувати масу апарату.

У зовнішніх областях Сонячної системи, за орбітою Марса, сонячні панелі неефективні. Енергоспоживання міжпланетних зондів забезпечують радіоізотопні тепло електрогенератори (РІТЕГ). Зазвичай це нерозбірні, герметичні металеві циліндри, з яких виходить пара проводів під напругою. Уздовж осі циліндра розміщений

стрижень з радіоактивного і тому гарячого матеріалу. З нього, як з масажної щітки-гребінця, стирчать термопари. Їх «гарячі» паї підведені до центрального стрижня, а «холодні» - до корпусу, охолоджуючись через його поверхню. Різниця температур народжує електричний струм. Невикористане тепло можна «утилізувати» для підігріву апаратури. Так робилося, зокрема, на радянських місяцеходах і на американських станціях «Піонер» і «Вояджер».

Як джерело енергії в РІТЕГ застосовуються радіоактивні ізотопи, як недовгочасні з періодом напіврозпаду від декількох місяців до року, так і довгочасні, яких вистачає на десятки років. Наприклад, генератор зонда «Нові горизонти» заправлений 11 кілограмами двоокису плутонію і дає вихідну потужність 200-240 Вт. Корпус РІТЕГ роблять дуже міцним - в разі аварії він повинен витримати вибух ракети-носія і вхід в атмосферу Землі; крім того, він служить екраном для захисту бортової апаратури від радіоактивних випромінювань.

В цілому РІТЕГ - система проста і надзвичайно надійна, ламатися в ньому просто нема чому. Два його істотні мінуси: страшна дорожнеча, оскільки необхідні речовини в природі не зустрічаються, а напрацьовуються роками в ядерних реакторах, і порівняно невисока вихідна потужність в розрахунку на одиницю маси. Якщо ж поряд з довгою роботою потрібна ще і велика потужність, то залишається застосувати ядерний реактор. Але в будь-якому випадку використання радіоактивних матеріалів вимагає найсерйозніших заходів безпеки, особливо на випадок позаштатних ситуацій в процесі виведення на орбіту.

III. Концепція вакуумного генератору

Для вирішення проблеми пропонується концепція вакуумного генератора, яка полягає в тому, щоб використовувати параметри космічного вакууму для генерації електроенергії. Корпус такого генератора може бути виконаний з високотемпературної надпровідної кераміки (Рис. 1). При впливі низької температури вакууму, кераміка придбає властивість надпровідника, і буде утримувати в льотному положенні ротор, що складається з потужних неодимових магнітів. Швидкість обертання такого ротора можна регулювати муфтою (Рис. 1).

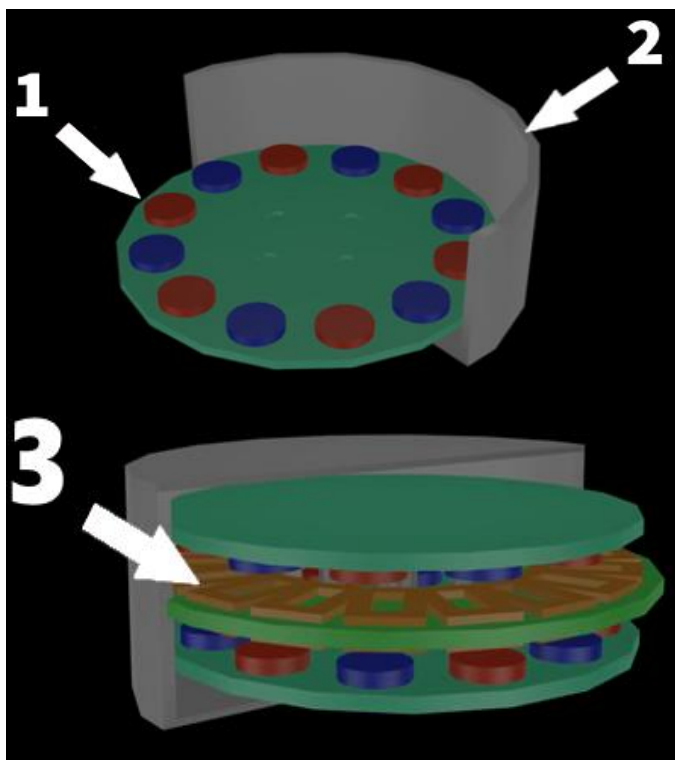


Рис 1. Конструкція вакуумного генератора

- 1) Корпус виконаний з високотемпературної надпровідної кераміки
- 2) Ротор складається з групи потужних неодимових магнітів
- 3) Статор

IV. Висновки

Можливості застосування подібного генератора досить великі, хоча і обмежується космічним простором. Його можна використовувати в якості основного джерела енергії на космічних апаратах з екіпажем, наприклад, при польоті на Марс або ж при польоті до Поясу астероїдів. Вивчення подібних космічних об'єктів, в Сонячній системі, фундаментально важливо для людства і несе за собою величезну кількість наукових відкриттів в найближчому майбутньому.

Список використаних джерел

- [1] Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. 2-е издание, М.: МЦНМО, 2000
- [2] Tinkham M. Introduction to superconductivity. 2nd edition, McGraw-Hill, 1996

Аналіз схем тепловідведення в системах ротор-статор на основі чисельного моделювання

¹Коноваленко В.О.

науковий керівник: Бадах В.М.
Кафедра гідрогазових систем,
Національний авіаційний університет,
Київ, Україна
¹snowarchdemon@gmail.com

Анотація — В авіакосмічній техніці існує багато пристроїв, які потребують ефективного тепловідведення від обертового циліндра за умов високої надійності та масо-габаритних обмежень. Пропонується спосіб підвищення ефективності охолодження роторів електричних і турбомашин без застосування більш складних схем рідинного охолодження.

Ключові слова — тепловідведення, охолодження повітрям, комп'ютерна модель, ротор-статор.

І. Вступ

Тепловідведення від роторів електричних машин та валів турбомашин є актуальною технічною задачею, від вирішення якої залежить ефективність сучасного енергетичного обладнання. В більшості практично значимих випадків мова йде про обертання циліндра, що нагрівається (ротора) у обмеженому просторі. Найчастіше має місце циліндрична обмежуюча поверхня (статор).

Найбільш поширеними способами охолодження роторів є продувка зазору між ротором і статором потоком повітря і прокачка рідкого охолоджувача крізь канали у роторі. Повітряне охолодження легко реалізувати технічно, але воно є обмеженим відносно малими величинами теплового потоку. Рідинне охолодження характеризується набагато більшими значеннями коефіцієнта тепловіддачі, але дуже ускладнює конструкцію та технологію виготовлення устаткування, збільшує його габарити та масу.

Нещодавно отримані нові фундаментальні результати для сполученої задачі гідродинаміки та теплообміну у потоці Куета-Гейлора з вимушеним радіальним потоком рідини (газу) крізь проникні поверхні циліндрів [1-7]. Ці результати, зокрема, демонструють можливість отримання більших значень коефіцієнта тепловіддачі від поверхні обертового циліндра при вимушеному радіальному потоці крізь зазор між ротором і статором у порівнянні з вимушеним осьовим потоком. На цій основі стає можливим розгляд питання про ефективність практичного застосування способу охолодження роторів електричних машин, а також інших пристроїв, на основі вимушеного потоку

повітря крізь проникні поверхні ротору та статору. Цій науково-технічній проблемі присвячена ця робота.

II. Постановка проблеми

Основним методом досліджень є чисельне моделювання сполученої задачі гідродинаміки та теплообміну зовні та всередині обертового циліндра із повздовжніми щілинами. Використовується метод скінчених об'ємів [9-11] із застосуванням апроксимаційних схем високого порядку та контролю збіжності, які відповідають сучасним досягненням обчислювальної гідрогазодинаміки [12-13]. Даний підхід дозволить з певним ступенем достовірності провести оцінку тепловідведення в системах ротор-статор.

III. Основна частина

Вибір SST $k-\omega$ турбулентності для моделювання потоків навколо обертового проникного циліндра базується на дослідженнях і тестуванні, які виконано у роботах [4,8].

Розглянуто три схеми охолодження обертового циліндра при значенні об'ємної щільності джерела тепловиділення $q = 10^6$ Вт/м³ та сумарній потужності тепловиділення $Q = 32$ Вт. Перша схема характеризується протіканням води через повздовжні щілини в роторі у осьовому напрямі, друга – протіканням повітря в осьовому напрямі через кільцевий зазор між непроникними поверхнями ротора і статора, третя – протіканням повітря в радіальному напрямі через перфорований (пористий) статор і повздовжні щілини в роторі.

Середня температура поверхні обертового циліндра при кутовій швидкості $\Omega = 150$ с⁻¹ для варіанта з водяним охолодженням склала $T_m = 325$ К. Для повітряного охолодження с повздовжнім та поперечним потоками крізь зазор маємо $T_m = 450$ К і $T_m = 401$ К відповідно.

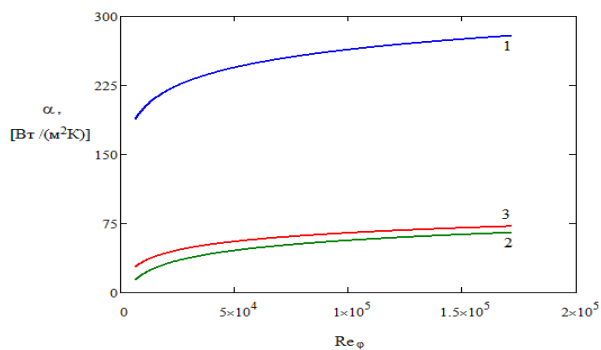


Рис.1 Порівняння схем охолодження за коефіцієнтами тепловіддачі:

1 – водяне охолодження; 2 – повітряне осьове; 3 – повітряне радіальне

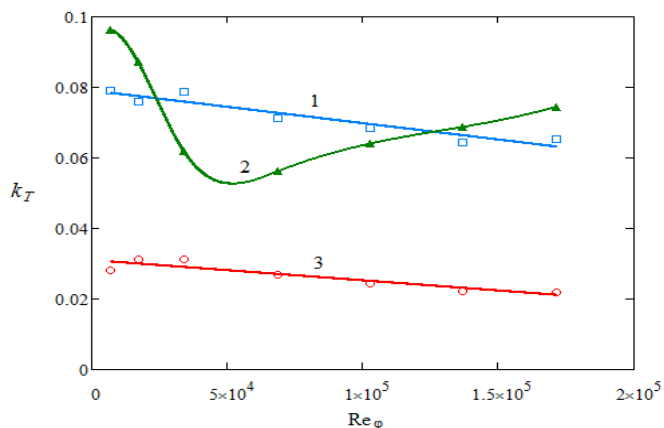


Рис.2 Нерівномірність температури поверхні ротора:

1 – водяне охолодження; 2 – повітряне осьове; 3 – повітряне радіальне

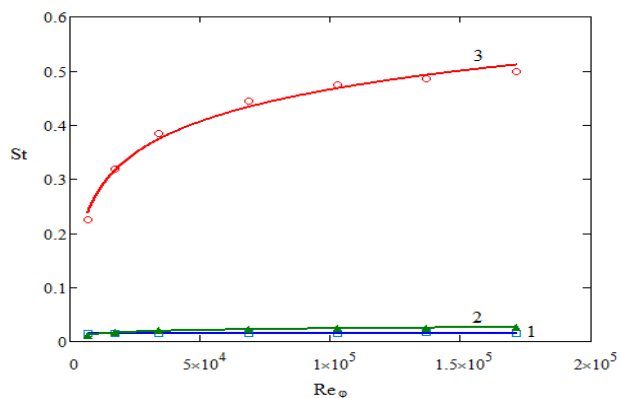


Рис.3 Порівняння безрозмірних коефіцієнтів тепловіддачі

1 – водяне охолодження; 2 – повітряне осьове; 3 – повітряне радіальне

IV. ВИСНОВКИ

Схема з радіальним потоком повітря через кільцевий зазор забезпечує меншу середню температуру ротора, на відміну від схеми з осьовим потоком повітря, найменшу із всіх схем нерівномірність охолодження і найбільше серед всіх значення безрозмірного

коефіцієнту тепловіддачі. Ця схема, на відміну від інших, нечутлива до збільшення довжини ротора. Це дозволяє розширити діапазон застосування повітряного охолодження, яке є більш технологічним в порівнянні з рідинним охолодженням, забезпечує меншу масу і габарити та більший ступінь надійності агрегату, що суттєво для авіаційної промисловості. Виконаним дослідженням обґрунтовано перспективність технічної реалізації нової схеми охолодження роторів електродвигунів в системах обладнання авіакосмічної техніки, а також створення нових конструкцій ротаційних малогабаритних теплообмінників. Застосування схеми з радіальною подачею охолоджувача перспективне для електроприводів управління рульовими поверхнями, оскільки вони зазнають великих навантажень, протидіючи шарнірному моменту при відхиленні рульової поверхні, тож характеризується значним нагрівом ротору.

Список використаних джерел

- [1] Мочалин Е.В. Особенности моделирования макровихревых течений жидкости вблизи вращающегося проницаемого цилиндра [Текст] / Е.В. Мочалин // Вісник Східноукраїнського національного університету.– 2007.– №12(118).– С. 146–153.
- [2] Мочалин Е.В. Особенности проявления центробежной неустойчивости снаружи вращающегося цилиндра при протоке жидкости через его поверхность [Текст] / Е.В. Мочалин, И.Г. Мочалина // Вісник Національного технічного університету «ХП». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях.– Харків: НТУ «ХП».– 2010.– №57.– С. 108 – 113.
- [3] Мочалин Е.В. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил [Текст] / Е.В. Мочалин, А.А. Халатов.– Киев: Ин-т техн. теплофизики НАН Украины, 2010.– Т.8: Гидродинамика закрученного потока в ротационных фильтрах.– 428 с.
- [4] Mochalin Ie.V., Khalativ. A.A. Centrifugal instability and turbulence development in Taylor–Couette flow with forced radial throughflow of high intensity / Ie.V. Mochalin, A.A. Khalatov // Physics of Fluids.– 2015.– V. 27, 094102 ; doi: 10.1063/1.4930605.
- [5] Мочалин Е.В., Юрьев С.А. Интенсивность обмена импульсом и теплотой в потоке снаружи вращающегося проницаемого цилиндра / Е.В. Мочалин, С.А. Юрьев // Промислова гідраліка і пневматика.– 2011.– №4(34).– С. 11 – 14.
- [6] Мочалин Е.В., Мочалина И.Г. Теплообмен и гидравлические потери в потоке между соосными вращающимися цилиндрами при расходном течении жидкости / Е.В. Мочалин, И.Г. Мочалина // Промислова гідраліка і пневматика.– 2013.– №2(40).– С. 41 – 46.
- [7] Мочалин Е.В., Юрьев С.А. Теплообмін і гідравличні втрати в зазорі між обертовими циліндрами / Е.В. Мочалин, С.А. Юрьев // Технологічний аудит та резерви виробництва. Том 3, №1(11)– 2013.– с.46–49
- [8] Мочалин Е.В. Выбор модели турбулентности для анализа течения снаружи вращающегося проницаемого цилиндра / Е.В. Мочалин // Восточно-европейский журнал передовых технологий.– 2007.– № 2/6 (26).– С