



jet.com.ua

# ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКИЙ ЖУРНАЛ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ISSN 1729-3774

информационные технологии

інформаційні технології

information  
technologies

новая экономика

нова економіка

промышленные технологии

промислові технології

industrial  
applications

3/8(51)  
2011



- Энергосберегающие технологии и оборудование

## 3/8 (51) 2011 Содержание

### ЕНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

- 4 Склокерамічне покриття для захисту пакетів холодної набивки в обертових регенеративних повітропідігрівниках  
Я.І. Вахула, М.Я. Кузнецова, Т.Ю. Кравець, Т.П. Коваленко
- 7 Утилізація тепла відпрацьованої пари турбін теплових електричних станцій  
Т.Ю. Кравець, М.Я. Кузнецова, А.М. Павліш, Д.С. Баранович
- 9 Гранулювання паливних матеріалів  
М.С. Мальований, Р.Я. Бать
- 13 Энергетический баланс двухконтурного турбореактивного двигателя  
Ю.М. Терещенко, Е.В. Дорошенко, Л.Г. Волянская, И.А. Ластивка
- 16 Обоснование диагностических признаков дисбаланса роторов тяговых электродвигателей подвижного состава  
Д.Ю. Зубенко
- 19 Алгоритм моделирования вентиляльно-индукторных электроприводов микрокомпрессоров  
О.Я. Карпович, О.А. Онищенко
- 24 Повышение экономичности и надежности конденсационных устройств поверхностного и смешанного типа  
Г.И. Канюк, Д.В. Михайский, Л.Н. Омельченко, И.К. Кириченко, В.В. Червоний, А.Р. Мисько
- 29 Модернізація теплогенеруючого агрегату з метою підвищення ефективності подрібнення зернових культур  
А.А. Палченко

- 33 Повышение качества электрической энергии на выходе тяговой подстанции постоянного тока  
Я.В. Щербак, И.В. Слободчиков
- 39 Безпека активних енергетичних систем з позицій методів суб'єктивного аналізу  
Ю.Т. Гуз, І.В. Прохоренко, А.Л. Тіміна, М.О. Плахова
- 42 Особенности формирования нагрузок в приводе устройства для выталкивания коксового пирога  
В.И. Рындыев
- 45 Способи утилізації теплоти відхідних газів газотурбінної установки  
О.В. Лисих
- 47 Імовірнісний аналіз безпеки як інструмент з підвищення рівня безпеки АЕС  
Р.Л. Годун, С.В. Кравець
- 52 Экономическая эффективность реализации энергосберегающего проекта на насосной станции водооборотного цикла  
В.С. Бойко, Н.И. Сотник, И.Н. Сотник
- 58 Проверка адекватности графического метода определения конечной температуры нагрева асинхронных двигателей  
Е.Ю. Юрьева, В.П. Шайда, А.Ф. Пацула
- 61 Разработка подсистемы теплоснабжения муниципальной ГИС г.Харькова  
А.А. Евдокимов, Ю.В. Новикова
- 64 Анализ аэроупругого поведения лопаточного венца в полуторной ступени осевого компрессора  
В.И. Гнесин, Л.В. Колодяжная, К.В. Огурцов

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**А. Б. Бойтик**

Доктор технических наук, профессор,  
Украинская Государственная Академия  
железнодорожного транспорта, УКРАИНА

**Т. В. Буцько**

Доктор технических наук, профессор,  
Украинская Государственная Академия  
железнодорожного транспорта, УКРАИНА

**М. Д. Годлевский**

Доктор технических наук, профессор,  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», УКРАИНА

**В. Н. Гриньва**

Доктор экономических наук, профессор,  
Харьковский государственный экономический университет, УКРАИНА

**В. Г. Давыко**

Доктор технических наук, профессор,  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», УКРАИНА

**Д. А. Демон**

Кандидат технических наук, доцент,  
Технологический Центр, УКРАИНА

**М. Д. Кац**

Доктор технических наук, профессор,  
Восточноукраинский национальный университет имени В. Даля, УКРАИНА

**Б. В. Клименко**

Доктор технических наук, профессор,  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», УКРАИНА

**Г. И. Лыков**

Доктор технических наук, профессор,  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», УКРАИНА

**П. Г. Перерня**

Доктор экономических наук, профессор,  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», УКРАИНА

**А. А. Пермяков**

Доктор технических наук, профессор,  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», УКРАИНА

**М. А. Подригало**

Доктор технических наук, профессор,  
Национальный автомобильный технический университет, УКРАИНА

**А. Е. Попов**

Кандидат экономических наук, доцент,  
Харьковский государственный экономический университет, УКРАИНА

**Л. А. Рыбак**

Доктор технических наук, профессор,  
Саратовский национальный институт, РОССИЯ

**В. В. Самородов**

Доктор технических наук, профессор,  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», УКРАИНА

**В. Н. Самосюк**

Доктор технических наук, профессор,  
Государственный научно-исследовательский центр  
железнодорожного транспорта Украины, УКРАИНА

**Ю. В. Сабала**

Доктор технических наук, профессор,  
Украинская Государственная Академия  
железнодорожного транспорта, УКРАИНА

**А. Л. Становский**

Доктор технических наук, профессор,  
Одесский государственный политехнический университет, УКРАИНА

**В. В. Стариков**

Кандидат физико-математических наук, доцент,  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», УКРАИНА

**Р. Д. Сытник**

Доктор технических наук, профессор,  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», УКРАИНА

**А. Д. Тевяшев**

Доктор технических наук, профессор,  
Харьковский национальный университет радиотехники, УКРАИНА

**Г. А. Терещенко**

Доктор технических наук, профессор,  
Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт», УКРАИНА

**В. Я. Терякин**

Доктор технических наук, профессор,  
Университет Хельсинки, ФИНЛЯНДИЯ,  
Харьковский Национальный университет радиотехники, УКРАИНА

**И. А. Фурман**

Доктор технических наук, профессор,  
Харьковский государственный технический университет сельского хозяйства, УКРАИНА

#### Главный редактор

**И. Г. Филлипенко**

Доктор технических наук, профессор,  
Украинская Государственная Академия  
железнодорожного транспорта, УКРАИНА

#### Учредители

ЧП «Технологический Центр»  
Украинская Государственная Академия  
железнодорожного транспорта

#### Верстка

**Л.В. Болдарчук**

#### Аттестовано

Высшей Аттестационной Комиссией Украины  
Перечень № 12 постановления Президиума ВАК № 1-05.36  
от 11.06.03

#### Аттестовано

Постановлением Президиума ВАК Украины  
№ 1-05/2 от 27.05.2009, № 1-05/3 от 08.07.2009,  
Бюллетень ВАК Украины № 8, 2009

#### Рекомендовано

Ученым Советом  
Украинской Государственной Академии  
железнодорожного транспорта  
протокол № 5 от 31.05.2011

Свидетельство о государственной регистрации журнала  
КВ № 17140-5910 ПР от 17.09.2010

#### Адрес редакции и издательства:

Украина, 61145, г. Харьков, ул. Новгородская, 3-а,  
Технологический Центр  
тел. +38 (057) 750-89-90

E-mail: nauka@jet.com.ua

Сайт: <http://www.jet.com.ua>

Подписано в печать 07.06.2011 г. Формат 60 × 84 1/8.

Цена договорная.

Тираж 1000 экз.

Частичное или полное тиражирование любым способом  
материалов, опубликованных в этом издании, разрешается  
только с письменного согласия редакции

#### Подписка:

оформляется через подписные агентства  
«Идея», «Периодика»  
«Саммит», «Меркурий»  
или через редакцию



*Запропоновано шляхи щодо модернізації проточної частини теплогенеруючих агрегатів з метою інтенсифікації процесу гідродинамічного подрібнення. Проведено чисельне моделювання модернізованої проточної частини*

*Ключові слова: теплогенеруючий агрегат, гідропомол, гідромлин*

*Предложены пути по модернизации проточной части теплогенерирующих агрегатов для кормоприготовления в животноводстве с целью интенсификации процесса гидродинамического измельчения. Проведено численное моделирование модернизированной проточной части*

*Ключевые слова: теплогенерирующий агрегат, гидромол, гидромельница*

*Suggest ways to modernize the flow of heat-generating units for preparation of forage in cattle in order to intensify the process of hydrodynamic refinement. Numerical simulation of the modernized flow path*

*Key words: heat-generating unit, hydraulic milling, hydraulic mill*

### Вступ

На сьогоднішній день створено типорозмірний ряд теплогенеруючих агрегатів для кормоприготування у тваринництві [1] та реалізується дрібносерійне виробництво агрегатів ТГА та впровадження в роботу тваринницьких комплексів. На території України діє більше 30 зразків. Здебільшого (близько 70%) агрегатів використовуються для виробництва соєвої суспензії (молока). Поряд з цим набуває актуальності виробництво рідних кормових сумішей.

### Актуальність теми

Основним недоліком ТГА для широкої реалізації вказаної технології є низька продуктивність. Це пояснюється тим, що найбільший акцент при розробці агрегату було зроблено на процес нагріву (подрібнення сої гарантовано відбувалося протягом циклу, що сягав 60 хв.). Тривалість циклу при виробництві зернових сумішей визначалася за умов повного подрібнення зерна (30-35 хв.). Зацікавленість ряду сільськогосподарських підприємств саме в останній технології потребує модернізації проточної частини ТГА з метою більш активної реалізації процесу подрібнення.

### Мета та задачі роботи

За таких умов була поставлена задача створення уніфікованої проточної частини, що забезпечує інтен-

# МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧОГО АГРЕГАТУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

**А.А. Папченко**

Кандидат технічних наук, науковий співробітник  
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки  
Сумський державний університет  
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007  
E-mail: Serg\_83@ukr.net

сифікацію процесу подрібнення. Для досягнення мети поставлено наступні науково-практичні задачі:

- модернізувати проточну частину ТГА з метою інтенсифікації процесу гідродинамічного подрібнення при тих же режимних параметрах;
- забезпечити максимальну уніфікацію нової конструктивної схеми та раніше розроблених ТГА з метою мінімізації витрат на виробництво;
- дослідження структури течії робочого середовища та поля тисків в модернізованій проточній частині шляхом розрахункового експерименту.

### Матеріали та результати дослідження

Механізм подрібнення зернових культур має наступну особливість. Попереднє подрібнення зерна (на 2-3 частинки) з точки зору енерговитрат має такий же рівень як і подальше подрібнення зерна до більш дрібних частинок. Виходячи з цього конструктивну схему агрегату доцільно організувати таким чином, щоб умовно поділити процес попереднього та тонкого подрібнення.

У якості аналогу для виконання поставлених задач можна навести ТГА-гідромлин для приготування зернового замісу в умовах спиртових заводів [2, 3]. Процес подрібнення у вказаному агрегаті відбувається наступним чином. Зерновий заміс (гідромодуль: вода/зерно – 3/1) через осьовий вхід 1 (рис. 1, б) потрапляє у проточну частину машини. Після попереднього подрібнення у першій ступені 2 робоче середовище переходить у другу ступень 3, де за рахунок проходження



через статорні 4 та роторні 5 зубці відбувається тонке подрібнення, підігрів, прокачування замісу, який потім виходить з ТГА через кільцевий відвід 6.

Для вирішення цієї задачі на кафедрі «Прикладної гідроаеромеханіки» Сумського державного університету була розроблена принципово нова конструктивна

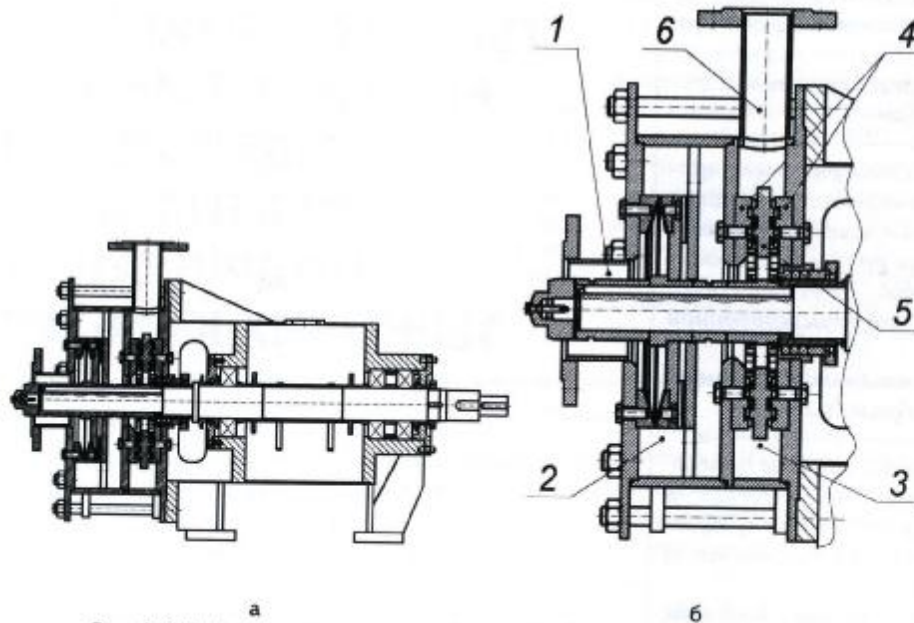


Рис. 1. ТГА-гідромлин: а – загальний вид ТГА; б – проточна частина машини

На кафедрі прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету було створено дослідний зразок ТГА - гідромлина (рис. 2), відповідно до конструктивної схеми.

В результаті проведених експериментів було отримано характеристику насосного ефекту дослідної машини. Виконано аналіз роботи ТГА окремо на першій ступені, окремо на другій ступені та при їх сумісній роботі. Після випробувань на кафедрі ПГМ СумДУ, було проведено промислові випробування в умовах виробництва Стецьківського спиртового заводу.

Реалізація поставлених задач була здійснена на базі агрегату ТГА-2, як на обладнанні, що здобуло найбільшого розповсюдження. Для виконання більшого ряду ефективних задач пов'язаних з подрібненням та нагрівом робочої суміші виникла ідея поєднання нагрівальних можливостей ТГА-2 з показниками подрібнення твердої фази ТГА-гідромлин [4].

схема ТГА, яка поєднує вихрову проточну частину ТГА з роторно-динамічною проточною частиною ТГА-гідромлина. Для уніфікованого виробництва нова проточна частина розроблялася максимально наближеною до базової конструкції ТГА-2.

Основною відмінністю розробленої конструктивної схеми від існуючих аналогів є те, що двофазне робоче середовище засмоктується через патрубок та надходить до робочого колеса. За рахунок 8 лопатей середовище набуває відцентрового руху та надходить до ступені грубого помолу. Дана частина являє собою конічні жорнова з великою

кількістю зубців. Зазор між роторним та статорним елементами складає 1-1.5 мм. Частково подрібнене середовище надходить до ступені тонкого помолу. Цей процес реалізується за рахунок лабіринтного зазору, що складає 0.5 мм. На виході розташовані елементи, що надають робочому середовищу вихрового руху та забезпечують певний підігрів рідини.

На рис. 3 зображена просторова модель роторної та статорної частини ТГА-К. Враховуючи складність конструктивної схеми проточної частини (об'єднання відцентрової частини, жорнов та вихрової частини) досить складно провести математичне моделювання робочого процесу та отримати залежність потужності агрегату від обраних конструктивних та режимних параметрів. За таких умов було зроблено спробу розрахункового моделювання робочого процесу в програмному комплексі.

Основні етапи розрахунку:

- створення розрахункової області – просторової моделі об'єму рідини в проточній частині агрегату (рис. 4). Модель будується згідно геометричних розмірів ротора та статора ТГА-К;

- розбиття розрахункової області на окремі елементи тетраїдної форми та завдання початкових параметрів розрахунку: вхід потоку, вихід потоку, тверді стінки;

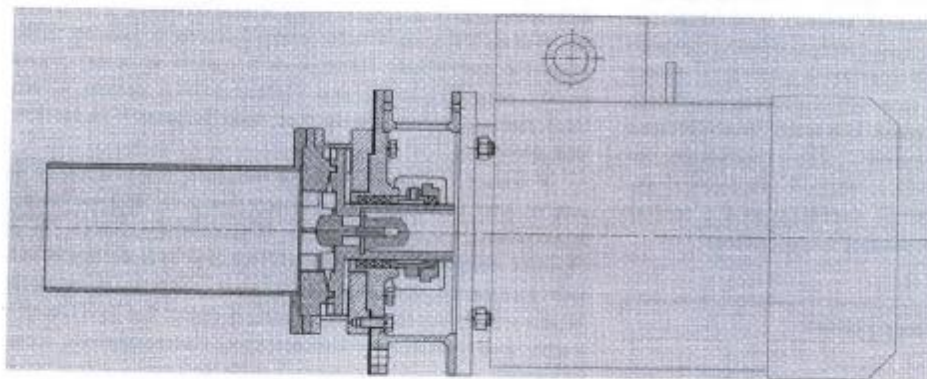


Рис. 2. Проточна частина ТГА-К



- граничні умови – прийняття величини подачі, напору. Визначення стінки, яка обертається на введення її кількості обертів. Вибір робочої рідини та умов при яких вона протікає;
- безпосередній розрахунок програмним комплексом;
- візуалізація потоку рідини, визначення полів швидкостей та розподіл тиску по розрахунковій області. Даний етап розрахунку дає змогу визначити крутний момент на роторі та розрахувати потужність.

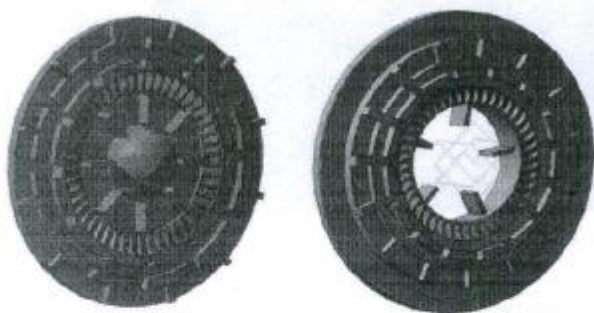


Рис. 3. Роторна та статорна частини ТГА-К

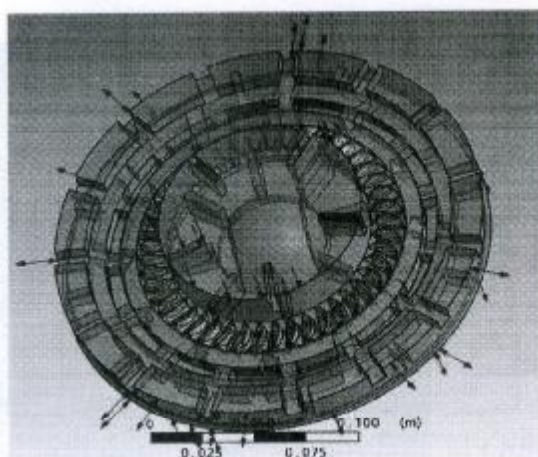


Рис. 4. Розрахункова область ТГА-К

При моделюванні потоку рідини в проточній частині ТГА-К отримали візуалізацію розміщення ліній току (рис. 5-7).

Обчислили крутний момент на роторі та вектори абсолютної швидкості рідини.

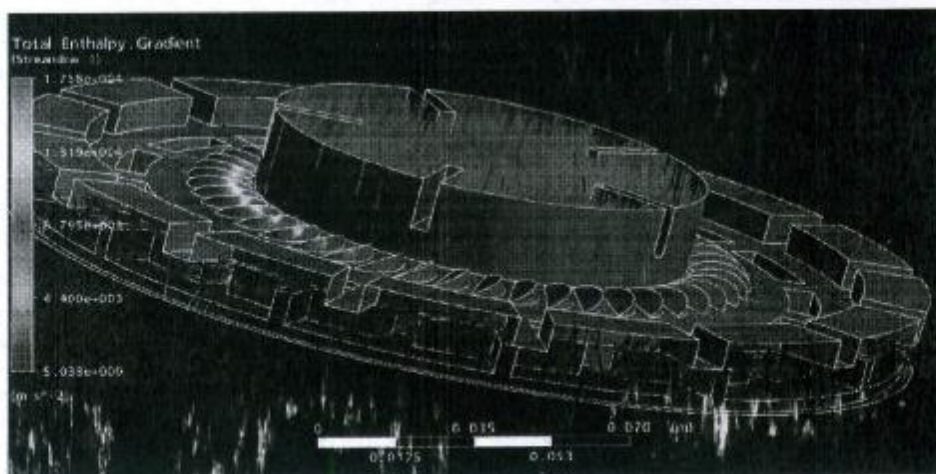


Рис. 5. Лінії току рідини в проточній частині ТГА-К



Рис. 6. Лінії току рідини в площині осевих зазорів

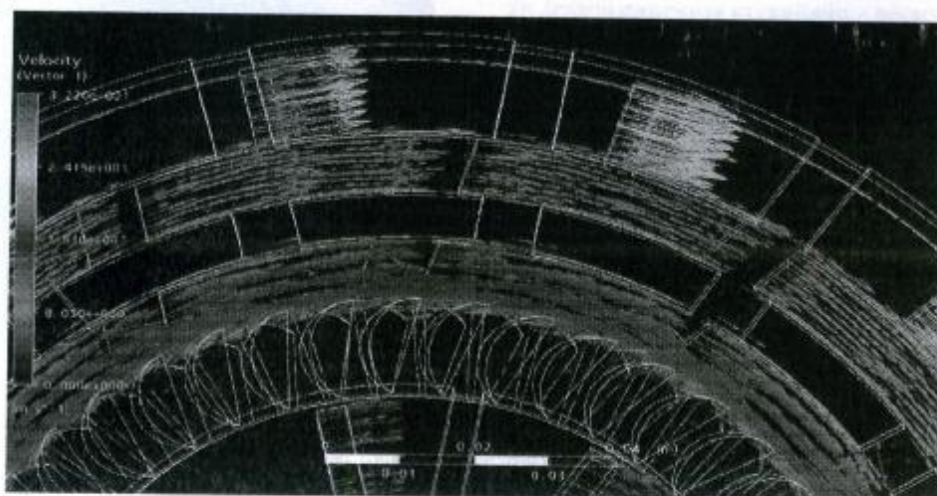


Рис. 7. Вектори абсолютної швидкості потоку

### Висновки

У наші дні в сільському господарстві широко використовуються агрегати для приготування кормової суміші для тварин. На кафедрі прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету проведено розрахунки та виготовлено ряд агрегатів для нагріву, подрібнення та перекачування багатозфазних рідин. Основна увага приділялася приготуванню соєвої суспензії (молока) та гідропомолу зерна в циклі приготування спирту.

З метою більш активної реалізації процесу подрібнення при приготуванні сухих кормових сумішей створена конструктивно нова проточна частина максимально наближена до базової конструкції ТГА-2. Для розрахунку енергетичних показників агрегату ТГА-К скористалися експериментальними даними,

отриманими в лабораторії кафедри прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету. Для забезпечення потрібної продуктивності готової суміші задалися такими значеннями характеристики агрегату: напір  $H=15$  м, подача  $Q=10$  м<sup>3</sup>/год. Ці показники є вхідними параметрами при розрахунку енергетичних параметрів агрегату моделюванням потоку рідини.

Розрахунок проточної частини ТГА-К за допомогою програмного комплексу дав змогу визначити поля швидкостей та лінії току робочої рідини. Що в свою чергу дозволяє визначити крутний момент на роторі та загальну потужність, необхідну для перекачування, помолу та нагріву двофазної рідини. Дані розрахунки дають змогу орієнтуватися в характеристиках агрегату та подальшого виробництва ТГА-К та впровадження його в сільському господарстві.

### Література

1. Волков Н.И. Многофункциональный теплогенерирующий агрегат и его использование для приготовления кормовых смесей в сельскохозяйственных предприятиях [Текст] / Н.И. Волков, А.А. Папченко // Промышленная гидравлика и пневматика. – Випуск. – 2004. – № 1 (3). – С. 99-102.
2. Євтушенко А.О. Розробка багатофункціонального теплогенеруючого агрегату-гомогенізатора для приготування біологічних добавок [Текст] / А.О. Євтушенко, С.Ф. Ковальов, М.С. Овчаренко, А.А. Папченко // Вестник національного технічного університету України «КПІ». – Київ. – 2007. – № 53. – С. 76-82.
3. Барам А.А. Расчет мощности аппаратов роторно-пульсационного типа [Текст] / А.А. Барам, П.П. Дерко, Б.А. Клоцунг // Химическое и нефтяное машиностроение. – 1978. – №4. – С. 5-6.
4. Євтушенко А.О. Теплогенеруючі агрегати – подальші шляхи їх розвитку та удосконалення [Текст] / А.О. Євтушенко, С.Ф. Ковальов, А.А. Папченко // Международный научно-технический журнал «Проблемы машиностроения». – Харьков, – 2007. – № 10. – С. 48 – 52.