

А.О. Євтушенко, к.т.н., С.Ф. Ковальов, М.С. Овчаренко, А.А. Папченко, к.т.н.  
Сумський державний університет, г.Суми, Україна

## РОЗРОБКА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧОГО АГРЕГАТУ – ГОМОГЕНІЗАТОРА ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ДОБАВОК

---

*В статье рассмотрена возможность использования многофункциональных теплогенерирующих агрегатов для технологий приготовления биологических добавок на базе многокомпонентных смесей. Обоснованы преимущества использования указанного оборудования. Выполнено перераспределение энергии между процессами реализуемыми агрегатами: измельчение, перемешивание, нагрев, перекачивание. Представлены конструктивные схемы, обоснована адекватность использования ранее предложенной математической модели, получена насосная характеристика.*

*In the article there was considered the possibility of using the multifunction heat-generating aggregate for technologies of biological additives preparation based on multicomponent mixtures. There were grounded the advantages of above mentioned units using. There was done the redistribution of energy between the processes that each of the aggregates implements: grinding, mixing, heating, pumping. It was presented the construction diagram; it was grounded the adequacy of using of the earlier suggested mathematical model; it was got the pump characteristic.*

---

Існуюче сьогодні будеться на умовах ринкової економіки, яка вимагає від будь-якого виробництва максимального здешевлення продукції без зниження її якості. У вказаному контексті найбільш пріоритетним напрямком є пошук шляхів по ресурсо- та енергозбереженню. Одним із шляхів цього напрямку є заміна існуючого обладнання на нове, що є менш енергоємним, а також пошук нових більш раціональних технологій виробництва.

Все це стало для існуючих підприємств поштовхом до вдосконалення своїх технологічних процесів та обладнання для їх реалізації. Одним із прикладів цього напрямку є вдосконалення технологічного процесу приготування біологічних добавок, які використовуються у тваринництві.

Суть технології полягає в змішуванні у водному середовищі ряду твердих сипучих компонентів (амінокислоти, оксиду цинку та інших).

При цьому витримується наступне процентне співвідношення: 25-30% - вода, 70-75% - тверда фаза. При цьому потребується якісне розчинення кожного з компонентів та її ефективно перемішування для протікання хімічної реакції.

Після отримання необхідної гідросуміші її необхідно викачати на форсунки осушувача, який дозволяє отримати кінцевий продукт у вигляді порошку.

Таким чином технологія отримання біодобавок включає в себе декілька процесів:

- допоміжне подрібнення сипучих компонентів;
- інтенсивне змішування у водному середовищі;
- частковий підігрів до певної температури (для інтенсифікації хімічної реакції);
- перекачування готового продукту на форсунки осушувача.

Реалізація цього технологічного процесу може бути отримана за рахунок технічної системи, яка складається з ряду вузькофункціональних машин:

- млин сухого помолу;
- змішувач;
- нагрівач;
- насос.

Враховуючи вимоги до матеріалів цієї технічної системи (використання харчових нержавіючих сталей), її створення потребує значних капітальних затрат, що в свою чергу негативно відбивається на собівартості продукції.

Здешевлення цієї системи та підвищення її надійності разом із скороченням циклу приготування та зменшенням експлуатаційних витрат може бути досягнуто за рахунок використання багатофункціонального теплогенеруючого агрегату – гомогенізатора (далі ТГА-Г).

Разом з тим, об'єднання в одному агрегаті декількох технологічних процесів (фактор багатофункціональності) у свою чергу супроводжується ускладненням робочого процесу машини в цілому [1, 2]. Методики розрахунку багатофункціональних агрегатів та методи прогнозування їх робочих характеристик суттєво ускладнюються і можуть бути отримані лише на підставі ґрунтовних досліджень і глибокого аналізу робочого процесу таких машин.

На стадії проектування у якості машини аналога був обраний теплогенеруючий агрегат для приготування кормових сумішей [1, 3], який був розроблений на кафедрі прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету, автором якої був д.т.н. професор Волков М.І.

Багатофункціональний ТГА являє собою машину гідродинамічного принципу дії, у якій відбувається одночасно кілька процесів:

- а) розігрів робочого середовища в проточній частині ТГА за рахунок в'язкісного перемішування;
- б) процес подрібнення продукту, що перекачується, за рахунок високого градієнта швидкостей у порівняно невеликих зазорах проточної частини;
- в) перекачування робочого середовища через проточну частину агрегату, що дозволяє забезпечити подрібнення кормової суміші;
- г) інтенсивне гідродинамічне перемішування кормової суміші в резервуарі ТГА за рахунок високої швидкості спрямованих потоків рідини на виході із проточної частини ТГА.

Основною відмінністю розробленої машини від раніше створених є перерозподіл питомих затрат енергії на кожний технологічний процес. Основним процесом в ТГА є нагрів робочого середовища, допоміжними є подрібнення та перемішування.

В той час, як в теплогенеруючому агрегаті - гомогенізаторі основними процесами є змішування та перекачування, а допоміжними - нагрів та подрібнення.

На стадії ескізного проекту було розглянуто декілька можливих компонувань, кожне з яких має як свої переваги так і недоліки.

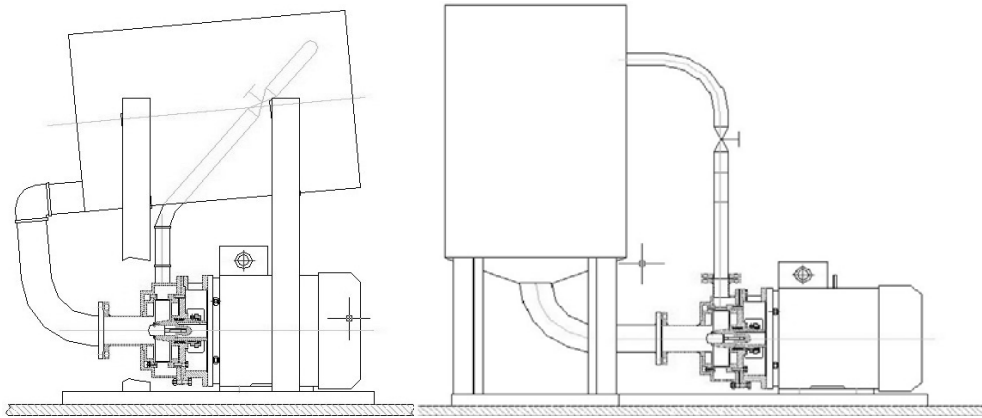


Рис. 1 - Можливі варіанти компоновання теплогенератора – гомогенізатора

Недоліками схеми з горизонтальним розміщенням баку є:

- складність монтажу та обслуговування;
- гірший у порівнянні з вертикальним компонованням вхід суміші з баку до всмоктувального патрубку;
- незручність завантаження сировини.

До переваг можна віднести: менші габарити та збільшення тиску на вході в проточну частину за рахунок підняття баку над агрегатом.

В результаті аналізу для подальшої роботи було обрано схему з вертикальним розміщенням баку.

Наступним етапом було проектування проточної частини ТГА-Г. Попередній розрахунок параметрів проточної частини виконувався за допомогою математичної моделі [4]:

$$N \approx K_N \cdot \frac{\rho \cdot n^3 \cdot b}{111461.3} (D^4 - D_B^4) \cdot k, \quad (1)$$

де:  $N$  – корисна потужність, Вт;

$\rho$  – густина середовища кг/м<sup>3</sup>;

$n$  – частота обертання ротора, об/хв.;

$b$  – ширина лопатки, м;

$D$  – діаметр колеса, м;

$D_B$  – діаметр вала, м;

$k$  – кількість колес (при багатоступеневому виконанні);

$K_N$  – коефіцієнт потужності, який є функцією  $K_N = f(i, i_c, \bar{b})$  [4]:

$$K_N = -24,8795 + 2,44 \cdot i + 2,72 \cdot i_c + 43,26 \cdot \bar{b} - 0,034 \cdot i \cdot i_c - 0,37 \cdot i \cdot \bar{b} - 1,31 \cdot i_c \cdot \bar{b} + \\ + 0,074 \cdot i \cdot i_c \cdot \bar{b} - 0,123 \cdot i^2 - 0,134 \cdot i_c^2 - 21,28 \cdot \bar{b}^2 \quad (2)$$

де:  $i$  – кількість лопатей робочого колеса;

$i_c$  – кількість лопаток статорного апарата;

$\bar{b}$  – відносна ширина статорних колес згідно рекомендації [2] прийнята 0,6.

Виконавши аналіз залежності (2), можна зробити висновок про наявність оптимального діапазону наведених параметрів (рис. 2). Тому при проектуванні параметри  $i, i_c$  обирались з оптимального діапазону та відповідно склали:

- кількість лопатей робочого колеса  $i = 8$ ;
- кількість лопаток статорного апарата  $i_c = 9$ .

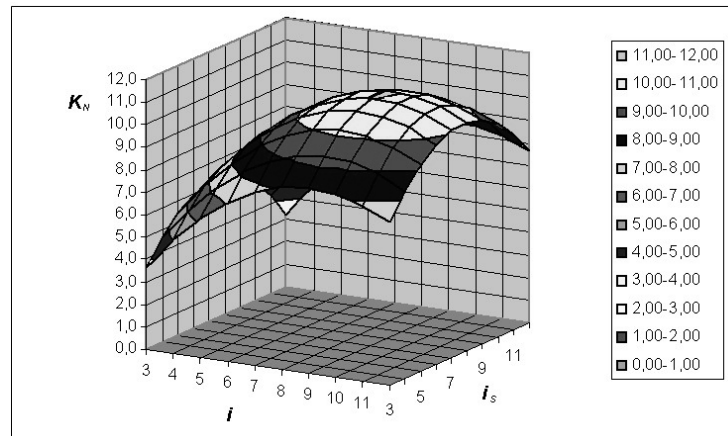


Рис. 2. - Залежність коефіцієнта потужності від  $i, i_c$  при відносній ширині статорних колес  $\bar{b}=0,6$

Виходячи з цих параметрів, виконувався подальший розрахунок діаметра робочого колеса та подальше проектування проточної частини, яка представлена на рис.3.

Проточна частина ТГА-Г складається з робочого колеса 1, яке встановлено на вал електродвигуна та знаходиться між двома статорними апаратами 2. Підвід рідини здійснюється через всмоктувальний патрубок 4, а відвід через напірний патрубок 5. Для запобігання витокам рідини по валу передбачене торцеве ущільнення 3.

На базі попередньо виконаних розрахунків, був розроблений експериментальний зразок ТГА-Г .

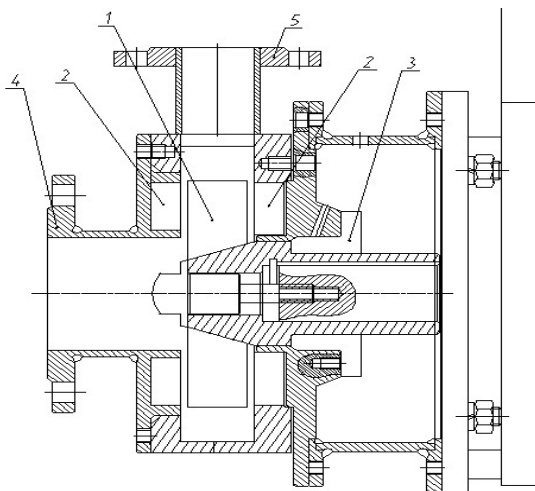


Рис. 3 - Проточної частини ТГА-Г

Експериментальні випробування даного агрегату передбачали декілька етапів:

- оцінка насосного ефекту;
- визначення адекватності взятої математичної моделі;
- визначення ефективності змішування компонентів;

Насосна характеристика ТГА-Г була визначена шляхом його експериментального дослідження на стенді кафедри прикладної гідроаеромеханіки (рис. 4).

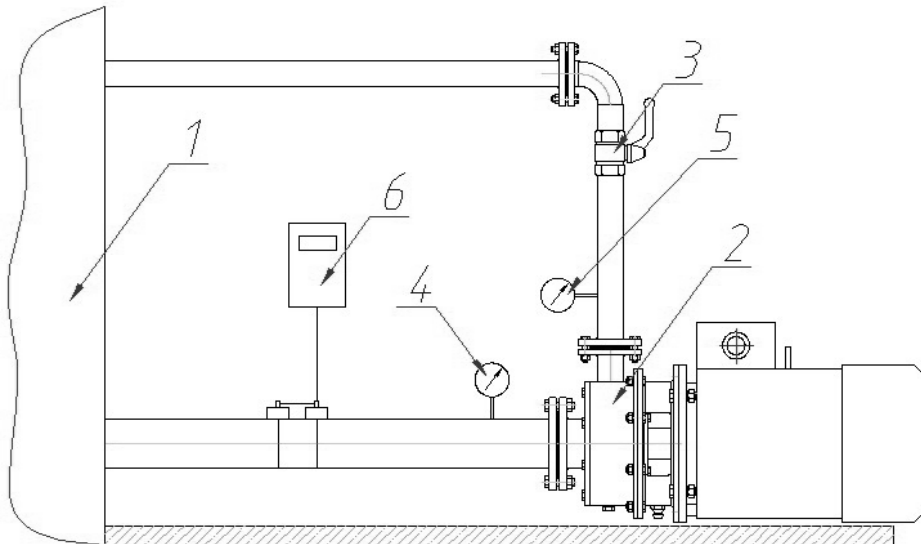


Рис. 4 – Експериментальний стенд

До основного обладнання входить бак 1, який всмоктувальною та напірною трубами з'єднаний з проточною частиною ТГА-Г 2. Вимірювальна апаратура забезпечувала можливість визначення напору на всмоктувальній та напірній ділянках трубопроводу, електричної потужності від величини витрати рідини через проточну частину агрегату згідно вимог [5]. Витрата визначались за допомогою ультразвукового витратоміра 6 встановленого на всмоктувальному трубопроводі, регулювання витрати здійснювалось за допомогою засувки 3.

Випробування дослідного зразка дозволили одержати напірну характеристику та енергетичну характеристику теплогенератора-гомогенізатора (рис. 5).

Слід відзначити, що процеси, які відбуваються в теплогенеруючому агрегаті, не можна розглядати як незалежні - відбувається взаємний вплив одного процесу на інший. Це підтверджується тим, що при максимальній подачі через проточну частину агрегату відбувається підвищення потужності агрегату. Ця енергія частково перетворюється в гідравлічну енергію робочого середовища, а частково витрачається на інтенсифікацію вихорового руху в проточній частині машини.

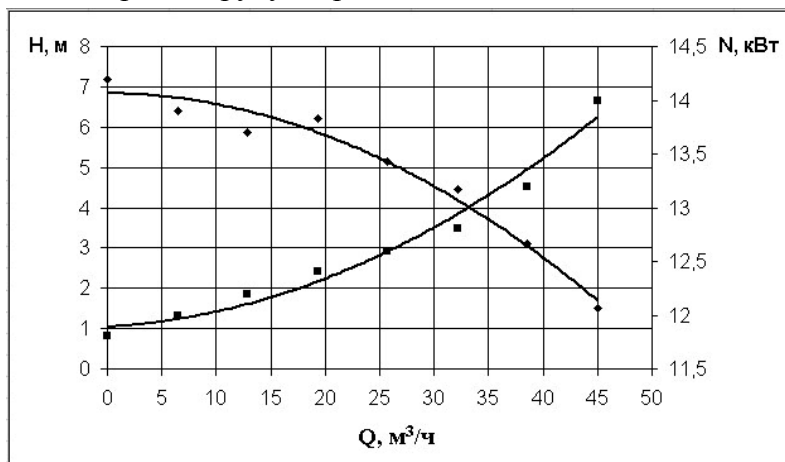


Рис. 5 - Напірна характеристика ТГА-Г

Планується виконати оцінку ефективності змішування компонентів робочого середовища за рахунок дослідження гранулометричного складу безпосередньо в умовах виробництва.

В результаті проведеної роботи було:

- створено промисловий зразок ТГА-Г (рис. 6);
- визначено оптимальні параметри проточної частини ТГА-Г а саме кількість лопатей робочого колеса - 8, кількість лопаток статорного апарата - 9, відносна ширина статорних колес – 0,6;
- виконана експериментальна перевірка раніше запропонованої аналітичної моделі, яка підтвердила адекватність результатів (похибка не перевищує 10%);
- виконано дослідження насосної характеристики вказаного агрегату.



Рис. 6 - Промисловий зразок ТГА-Г

#### Список літератури

1. Папченко А.А. Использование теплогенерирующего агрегата в технологических процессах животноводства// Збірник наукових праць (Удосконалення турбоустановок методами математичного і фізичного моделювання). - Харків: ІПМаш ім. А.М. Підгорного НАН України, 2003. - С.611-613.
2. Волков Н.И., Кочевский А.Н., Папченко А.А. Исследование гидродинамики рабочего процесса многофункционального теплогенерирующего агрегата ТГА-2 расчетным способом с применением пакета FlowVision// Всеукраїнський науково-технічний журнал "Промислова гідравліка і пневматика". - Вінниця, 2005. №1(7). - С. 35-40.
3. Волков Н.И., Папченко А.А. Многофункциональный теплогенерирующий агрегат и его использование для приготовления кормовых смесей в сельскохозяйственных предприятиях// Всеукраїнський науково-технічний журнал "Промислова гідравліка і пневматика". - Вінниця, 2004. №1(3). - С. 99-102.
4. Папченко А.А. Гідродинаміка робочого процесу теплогенеруючого агрегату багатofункціонального призначення // Автореферат. дис. канд. техн. наук.-Суми: СумДУ, 2006. – 20 с.
5. ГОСТ 6134-87. Насосы динамические, методы испытаний. - Введ.01.01.89. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 29 с.