

**РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ
ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧИХ АГРЕГАТІВ-ГОМОГЕНІЗАТОРІВ ДЛЯ
ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЛІКВІФОС-СТРОНГУ**

А.О. Євтушенко, канд. техн. наук, професор;
С.Ф. Ковальов, М.С. Овчаренко, А.А. Папченко,
Сумський державний університет, м. Суми

У статті розглянута можливість використання багатофункціональних теплогенеруючих агрегатів для технології приготування ліквіфос-стронгу на базі багатокомпонентних сумішей. Обґрунтовані переваги використання зазначеного обладнання. Надані конструктивні схеми та ескізи технологічної лінії та агрегату. Отримані енергетичні характеристики гомогенізатора та струминного насоса.

Ключові слова: багатофункціональний теплогенеруючий агрегат, ліквіфос-стронг, технологічна лінія, гомогенізатор, струминний насос.

В статье рассмотрена возможность использования многофункциональных теплогенерирующих агрегатов для технологий приготовления ликвифос-стронга на базе многокомпонентных смесей. Обоснованы преимущества использования указанного оборудования. Представлены конструктивные схемы и эскизы технологической линии и агрегата. Получены энергетические характеристики гомогенизатора и струйного насоса.

Ключевые слова: многофункциональный теплогенерирующий агрегат, Ликвифос-Стронг, технологическая линия, гомогенизатор, струйный насос.

У харчовій, хімічній, фармацевтичній та інших галузях існує ряд технологічних процесів, які передбачають послідовну реалізацію таких процесів, як подрібнення, перемішування, підігрів та перекачування робочого середовища. Як правило, продукт, який виготовляється, становить собою гідросуміші: кетчупи, пасти, креми, різні багатокомпонентні суспензії.

Для технологій приготування кормових сумішей у тваринництві [1], біологічних добавок, зернового замісу у спиртовій промисловості [2] обґрунтована можливість використання як багатофункціональне обладнання теплогенеруючих агрегатів (ТГА) або гомогенізаторів на їх основі. Розроблені, виготовлені, впроваджені та випробувані дослідні зразки зазначеного технологічного обладнання.

Наступною, дещо специфічною сферою використання ТГА-гомогенізаторів є технологія виробництва ліквіфос-стронгу. Це продукт хіміко-біологічної галузі, який досить широко використовується як добавка у тваринництві. Технологія виробництва зазначеного продукту полягає у розчиненні у водному середовищі таких сипких компонентів, як оксид цинку, оксид заліза, міді тощо. При цьому масове співвідношення твердої фази та води становить 1:2. Специфіка компонентів вимагає застосування ефективних змішуючих пристроїв унаслідок їх низької розчинності у воді. Після приготування базового розчину до нього додається до 50% за масою концентрованої ортофосфорної кислоти. На початковій стадії активно відбувається хімічна реакція зі значним виділенням теплоти (розігрів робочого середовища протягом 10 хв сягає 90-100°C). При незначній втраті контролю за технологічним процесом досить швидко відбувається кристалізація (коксування) продукту, що призводить до утворення на стінках технологічного обладнання досить міцного осаду і, як наслідок, до зриву процесу виробництва в цілому.

При вдалому перебігу хімічної реакції готовий продукт викачується до

ємностей відділу фасування.

За таких умов до технологічного обладнання ставляться такі вимоги:

- ефективність змішування компонентів на початковій стадії;
- можливість дозованої подачі ортофосфорної кислоти;
- ефективне змішування основного розчину з кислотою з метою зниження ймовірності утворення кристалів;
- можливість подрібнення кристалів, які утворюються в робочому середовищі;
- можливість викачування готового продукту на ємності відділу фасування.

За таких умов для приготування ліквіфос-стронгу спільно з ТОВ «Біохем» була реалізована спроба використання гомогенізатора на базі ТГА. Принципова гідравлічна схема технологічної лінії ліквіфос-стронгу наведена на рис.1. Вона складається з реактора 1, в якому розміщена лопатева мішалка. У верхній частині реактора передбачено люк 2 для засипки твердих компонентів. Заливання води здійснюється з дозуючих ємностей через кран 3. З нижньої частини реактора за допомогою всмоктувального трубопроводу 4 робоче середовище підводиться до ТГА-гомогенізатора 5. На напірному трубопроводі 8 розміщений трійник із кранами 6 та 9, за допомогою яких відбувається перемикання режимів циркуляція-викачування. З метою забезпечення контролю над хімічною реакцією, зменшення ймовірності кристалізації робочого середовища та спрощення технологічної лінії для подачі ортофосфорної кислоти використовується струменевий насос 7. Такий підхід дає можливість контролювання хімічної реакції за рахунок регулювання кількості кислоти, що подається, а також забезпечення реакції в камері змішування струменевого насоса, що значно зменшує кристалізацію робочого середовища.

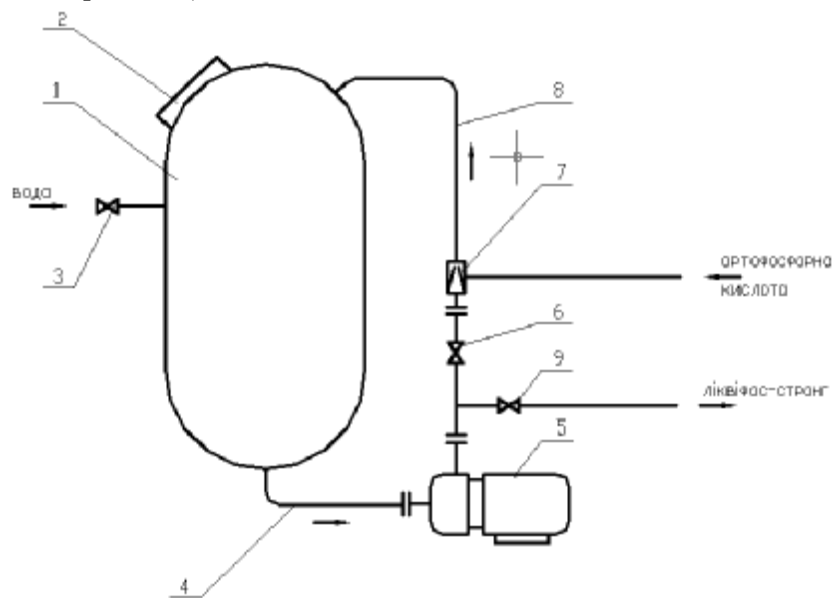


Рисунок 1 – Гідравлічна принципова схема виготовлення ліквіфос-стронгу

Реалізація такого підходу досягається за рахунок багатофункціональності ТГА:

- реалізація процесу змішування;
- реалізація процесу подрібнення;

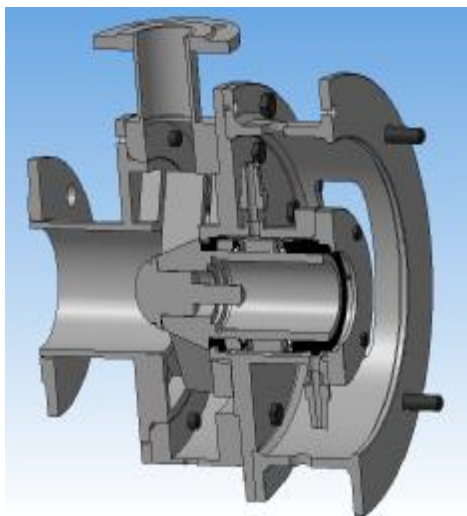


Рисунок 2 – Проточна частина ТГА-гомогенізатора

– реалізація процесу перекачування.

Але спільне використання ТГА-гомогенізатора зі струменевим насосом потребує дослідження насосного ефекту ТГА з метою узгодження його насосної характеристики з характеристикою струменевого насоса. За таких умов досить важливо вміти змінювати насосну характеристику ТГА без зміни інших процесів, що відбуваються в агрегаті. Підвищення напірності може бути досягнуте за рахунок збільшення діаметра робочого колеса при незмінних параметрах статорних апаратів. При цьому зовнішній діаметр робочого колеса є більшим, ніж зовнішній діаметр статорних апаратів (рис.2). Це дозволяє реалізувати перерозподіл витрат енергії між

процесами без зниження ефективності змішування. На рис. 3 наведено напірну та енергетичну характеристики ТГА-гомогенізатора.

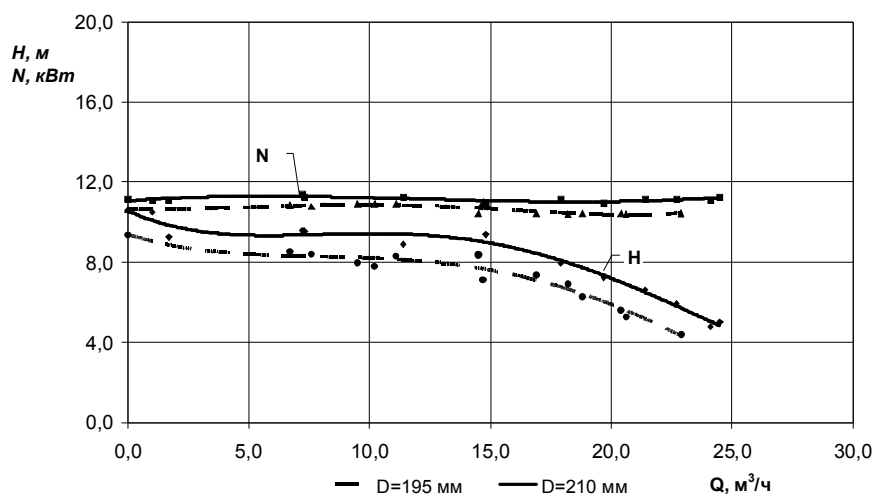


Рисунок 3 – Насосна та енергетична характеристики гомогенізатора залежно від діаметра робочого колеса

Аналізуючи раніше отримані характеристики та наведені на рисунку, можна зробити такі висновки:

– зміна конструкції відповідного пристрою (кільцевий відвід) у порівнянні з відводом агрегату ТГА-2 без зміни інших конструктивних параметрів призводить до зменшення потужності, що споживається агрегатом, на 21% унаслідок зменшення витрати рідини через проточну частину агрегату і, відповідно, зміни структури течії;

– збільшення діаметра робочого колеса від 195 до 210 мм (7,7%) призводить до підвищення напірності на 21-37% залежно від витрати. При цьому потужність підвищується лише на 6% за рахунок збільшення питомих витрат енергії тільки на процес перекачування.

Дослідження насосної характеристики ТГА-гомогенізатора дозволило

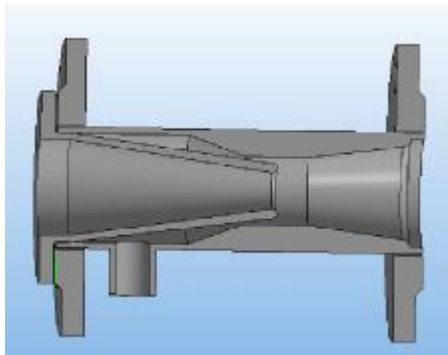


Рисунок 4 – Струменевий насос із центральним соплом

виконати розрахунок та проектування струменевого насоса. Для реалізації процесу подачі ортофосфорної кислоти за рахунок насосного ефекту гомогенізатора був обраний струменевий насос із центральним розміщенням сопла, загальний вигляд якого наведено на рис. 4.

Розрахунок соплового апарата виконувався згідно з рекомендаціями Соколова та Зінгера [3]. Загальною особливістю розрахунку є те, що за обраних умов роботи коефіцієнт інжекції u становить близько 0,05 та відбувається підкачування потоку (ортофосфорна кислота) зі значно більшою густиною $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$.

На рис. 5 наведено розрахункову схему інжектора. Конструктивно інжектор було виконано з можливістю регулювання за рахунок зміни соплового апарата.

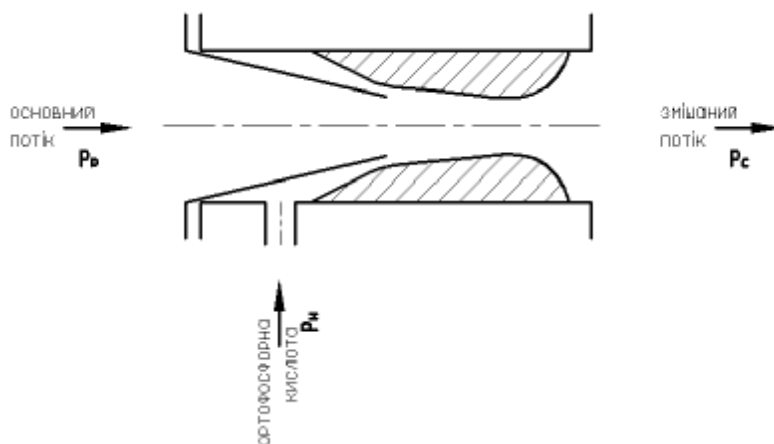


Рисунок 5 – Розрахункова схема інжектора

Для розрахунку максимального підсмоктувального ефекту, у разі коли $u \approx 0$, можна скористатися залежністю

$$\frac{\Delta P_c}{\Delta P_p} = \varphi_1^2 \frac{f_{p1}}{f_3} (2\varphi_2 - (2 - \varphi_3^2) \frac{f_{p1}}{f_3}), \quad (1)$$

де $\Delta P_c = P_c - P_H$; $\Delta P_p = P_p - P_H$;

f_{p1} - площа поперечного перерізу соплового апарата, м^2 ;

f_3 - площа поперечного перерізу камери змішування, м^2 ;

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ - коефіцієнти швидкості відповідно сопла, камери змішування та дифузора.

Як вихідні дані для розрахунку були обрані такі значення:

$$P_p = 196200 \text{ Па}, \quad P_n = 68670 \text{ Па}, \quad P_c = 127530 \text{ Па}, \quad \varphi_1 = 0,95,$$

$\varphi_2 = 0,975$, $\varphi_3 = 0,9$. Розв'язуючи рівняння (1), отримуємо $\frac{f_{P1}}{f_3} = 0.33$. З

умов забезпечення необхідної витрати (не менше 15 м³/год.) визначаємо площу поперечного перерізу соплового апарата.

Експериментальна характеристика насосного ефекту інжектора наведена на рис.6.

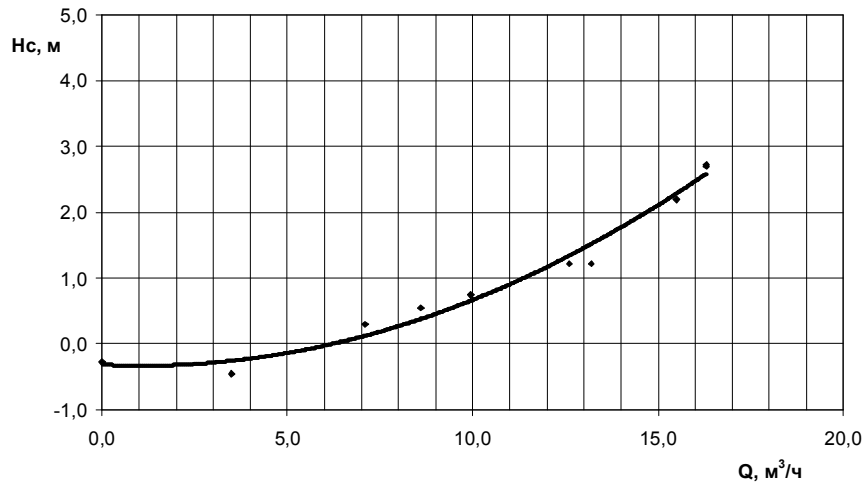


Рисунок 6 – Насосна характеристика струменевого насоса залежно від витрати гомогенізатора

Результатом проведеного дослідження насосного ефекту ТГА-гомогенізатора та узгодження його характеристики з характеристикою струменевого насоса є розроблення та виготовлення дослідної технологічної лінії приготування ліквіфос-стронгу спільно з ТОВ «Біохем». Зовнішній вигляд технологічної лінії наведено на рис. 7.

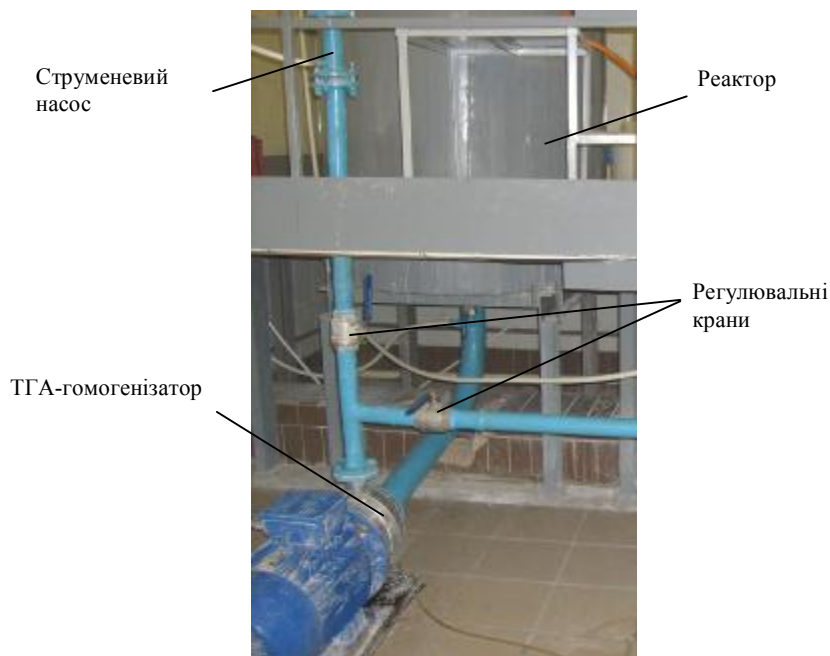


Рисунок 7 – Лінія виробництва ліквіфос-стронгу

ВИСНОВКИ

Результати випробування дозволяють зробити такі висновки:

- 1) за рахунок комплексного застосування ТГА-гомогенізатора зі струменевим насосом існує можливість чіткого керування хімічною реакцією;
- 2) фіксована подача кислоти безпосередньо в потік робочого середовища та активне змішування в струменевому насосі дозволяють значно знизити ймовірність кристалізації робочого середовища;
- 3) частинки коксу, що утворюються, руйнуються при проходженні через проточну частину;
- 4) після приготування за допомогою ТГА-гомогенізатора робоче середовище викачується у відділ фасування;
- 5) в цілому впровадження ТГА-гомогенізатора в технологічну лінію дозволило відмовитися від вузько функціонального обладнання (змішувач, насос подачі ортофосфорної кислоти, подрібнювач, насос викачування готового продукту) та значно знизити капітальні й експлуатаційні витрати.

SUMMARY

EXPANSION OF FUNCTIONAL CAPABILITIES OF HEAT-GENERATING GOMOGENIZATING AGGREGATES FOR PRODUCTION TECHNOLOGY OF LIQUI-FORCE-STRONG

*A.O. Yevtushenko, S.F. Koval'ov, M.S. Ovcharenko, A.A. Pupchenko
Sumy State University*

In the article the possibility of using of multifunctional heat-generating aggregate for technologies of LIQUI-FORCE-strong preparation based on multicomponent mixtures is under consideration. There were grounded the advantages of using of above mentioned units. The construction diagrams and drafts of technological line and aggregate are presented in the article. Power characteristics of homogenizer and the jet pump are received.

Key words: *of multifunctional heat-generating aggregate, LIQUI-FORCE-strong preparation, technological line, homogenizer, jet pump.*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Папченко А.А. Использование теплогенерирующего агрегата в технологических процессах животноводства // Сб. научн. тр. международной научно-технической конференции «Совершенствование турбоустановок методами математического и физического моделирования». – Харьков, ИПМаш НАН Украины. – 2003. – С. 611-613.
2. Ковальов С.Ф. Багатофункціональні теплогенеруючі агрегати та їх використання для перспективних технологій спиртової промисловості / С.Ф. Ковальов, А.А. Папченко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2007. - № 3 (109), Ч.1. – С. 124 – 128.
3. Соколов Е.Я. Струйные аппараты / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. - 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.:ил.
4. Євтушенко А.О. Теплогенеруючі агрегати – подальші шляхи їх розвитку та удосконалення / А.О. Євтушенко, С.Ф. Ковальов, А.А. Папченко // Проблеми машиностроєння. – Харьков, 2007. – Т. 10. – С. 48 – 52.
5. Волков Н.И. Многофункциональный теплогенерирующий агрегат и его использование для приготовления кормовых смесей в сельскохозяйственных предприятиях / Н.И. Волков, А.А. Папченко // Промислова гідраліка і пневматика. – Вінниця, 2004. - №1(3). – С. 99-102.
6. Папченко А.А. Использование теплогенерирующего агрегата в технологических процессах животноводства // Сб. научн. тр. международной научно-технической конференции «Совершенствование турбоустановок методами математического и физического моделирования». – Харьков, ИПМаш НАН Украины. – 2003. – С. 611-613.
7. Волков Н.И. Возможность повышения производительности многофункционального теплогенерирующего агрегата / Н.И. Волков, А.А. Папченко // Матеріали науково-технічної конференції преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов. – Сумы, 2004. –С. 154 – 155.
8. Волков М.І. Сфери використання теплогенеруючих агрегатів / Н.И. Волков, А.А. Папченко // Матеріали науково-технічної конференції преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов. – Сумы, 2005.
9. Волков Н.И. Новая техника для перспективных технологий / Н.И. Волков, И.П. Каплун, А.А. Папченко // Насосы & оборудование.– 2004. - №3 – 4.– С. 34– 36.

Поступила в редакцию 30 апреля 2009 г.