

УДК 663.531

**С. Ф. Ковальов****В. М. Липовий****М. С. Овчаренко****А. А. Папченко**, канд. тех. наук

Сумський державний університет

(e-mail: gidro@ukr.net)

## **РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З ВИВЧЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧОГО АГРЕГАТУ – ГІДРОМЛИНА**

*Описано напрям роботи з дослідження і вивчення процесу гідроподрібнення в контексті енергозберігаючих технологій. Для реалізації процесу гідроподрібнення запропонований гідромлин як відгалуження від багатофункціонального теплогенеруючого агрегату. Виділено шляхи дослідження машини. Отримано перші результати фізичного експерименту.*

*Описано направление работы по исследованию и изучению процесса гидроизмельчения в контексте энергосберегающих технологий. Для реализации процесса гидроизмельчения предложена гидромельница как ответвление от многофункционального теплогенерирующего агрегата. Выделены пути исследования машины. Получены первые результаты физического эксперимента.*

### **Вступ**

Перспектива подальшого розвитку людства в значній мірі залежить від уміння раціонально розподіляти та використовувати планетарні ресурси. Саме тому, виходячи з цієї всім зрозумілої тези, переважна більшість наукового потенціалу повинна бути зосереджена над розв'язанням будь-якої задачі в контексті енергозберігаючих принципів.

Кафедрою прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету було звернено увагу на дослідження та вивчення можливості протікання в проточній частині машини гідродинамічного принципу дії декількох різноприродних процесів. В межах цього завдання було створено багатофункціональний теплогенеруючий агрегат (ТГА) [1, 2]. Суть ТГА полягає в тому, що в її проточній частині одночасно відбувається протікання декількох процесів: підігрівання, подрібнення, перемішування та перекачування [3]. Таким чином, принцип багатофункціональності дає змогу в технологічній лінії певного виробництва провести заміну ряду однофункціональних машин на одну багатофункціональну. Сфери застосування такої машини визначаються виробництвом, в якому технологічний процес складається з подрібнення сировини, перемішування її складових частин, підігрівання робочого середовища та його подальшого перекачування. Виділимо галузі промисловості, в яких має місце вказане виробництво: хімічна (пігменти, лакофарбові вироби, різноманітні суспензії, біодобавки та ін.), харчова (пасти, соуси, кетчупи, майонез, соки з м'якоттю, згущене молоко та ін.); фармацевтична (мазі, гелі, сиропи, креми та ін.), тваринницький комплекс (рідкі кормові суміші та пасти). Слід відмітити, що хоча наведені технології включають в собі всі чотири процеси, які перераховані вище, але питома енергетична частка їх не однакова, тобто для кожного окремого виробництва, як правило, один чи два із чотирьох процесів є основним, а інші – допоміжними. Наприклад, для виготовлення соєвої пасти на перше місце постає процес нагрівання, на друге – подрібнення, потім перемішування та перекачування. Для виготовлення біодобавок основним є процес перемішування, а потім – перекачування, підігрівання та подрібнення, яке можна при можливості навіть відокремити. З останнього впливає, що для застосування багатофункціонального ТГА у всьому спектрі перерахованого треба мати

чітку уяву про фізику процесів, які відбуваються в проточній частині машини. Це дасть змогу в певній мірі керувати ступенем протікання того чи іншого процесу.

З вищеописаного випливає можливість введення певної класифікації для багатофункціональних ТГА. Так, машину з домінуючим процесом підігрівання назвемо теплогенеруючий агрегат, з домінуючим процесом подрібнення – гідромлин, з домінуючим процесом перемішування – гомогенізатор, а з домінуючим процесом перекачування – насос.

В подальшому буде більш детально розглянуто процес гідроподрібнення. За можливу сферу застосування останнього було обрано досить перспективну галузь – спиртове виробництво [4]. Тут гідроподрібнення слід застосувати в процесі приготування зернової крупи, яка в подальшому використовується як продукт збродження. Така інновація дає можливість вилучити з технологічної лінії ряд високоенергетичного обладнання: сушка, молоткова дробарка, змішувач-предрозварник та плунжерний насос. На заміну їм слід установити гідромлин, що реалізує в собі процес гідроподрібнення як основний та процеси підігрівання, перемішування та перекачування як допоміжні. Такий підхід дає змогу в значній мірі знизити установочну потужність, що споживається. Також відпадає проблема, пов'язана з підвищеною вологістю сировини [5]. Більш того, при забезпеченні дрібнодисперсності та високого ступеня однорідності зернового замісу відповідно до [6] відбувається підвищення якісних та кількісних показників готового продукту – спирту.

На виробничій базі кафедри було виготовлено дослідний зразок багатофункціонального гідромлина. Конструктивна схема машини наведена та описана в [5]. Вказаний агрегат пройшов попередні випробування на стенді кафедри, а в подальшому був змонтований в технологічну лінію на виробничій базі спиртового заводу ДП «Сумиспирт» (Сумська обл., Сумський р-н, с. Стецьківка). За результатами проведених випробувань було отримано параметричні характеристики машини, а також зроблено висновок заводської лабораторії про відповідність приготовленого зернового замісу до встановлених норм якості.

Аналізуючи проведену роботу, було вирішено внести зміни в конструктивну схему гідромлина, а саме, вирішено виключити другий ступінь проточної частини машини. Виходячи з останнього можна сформулювати подальші завдання наукової роботи:

- створення математичної моделі проточної частини та проведення чисельного дослідження з метою пошуку оптимальних режимів та конструктивних рішень;
- виготовлення пілотного зразка з подальшим проведенням фізичного дослідження з метою підтвердження результатів чисельного розрахунку.

#### Основна частина

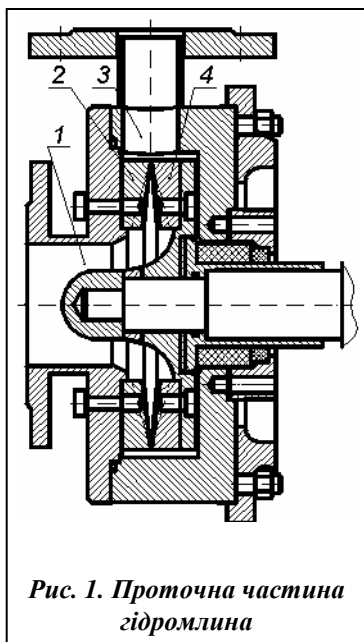


Рис. 1. Проточна частина гідромлина

Зображена схема гідромлина (рис. 1) являє собою конструкцію гідромашини консольного типу, проточна частина якої утворена робочим колесом 4 та статорним диском 2. Робоче колесо та статорний диск виконані як окремі деталі у вигляді змінних дисків. Це пояснюється схильністю їх до більш інтенсивного зношування. Диски виконані однаковими. Робоча поверхня диска має вигляд до периферії конуса, що звужується, на якому розміщені зубці. Глибина зубців в напрямку периферії зменшується нанівець. Між зубцями статорного та роторного дисків по зовнішньому діаметру витриманий певний зазор. Процес подрібнення відбувається таким чином. Зерновий заміс через осьовий вхід 1 потрапляє в проточну частину машини. За рахунок проходження робочого середовища через статорно-роторну порожнину відбувається його подрібнення з подальшим виходом з гідромлина через кільцевий відвід 3.

Відносно проведення фізичного дослідження сформульовано план експерименту, який передбачає дві стадії випробування агрегату: на водному середовищі та на гідросуміші. Перша

стадія має на меті дослідити вплив режимних та геометричних параметрів проточної частини на гідродинамічні характеристики машини. За результатами випробувань буде обрано декілька найбільш оптимальних конструкцій. Друга стадія експерименту передбачає необхідність обрати найбільш ефективну конструкцію з точки зору подрібнення твердої фракції робочого середовища до відповідної дрібності. До того ж повинна виконуватись умова проточності машини, тобто робоче середовище проходить через проточну частину машини одноразово.

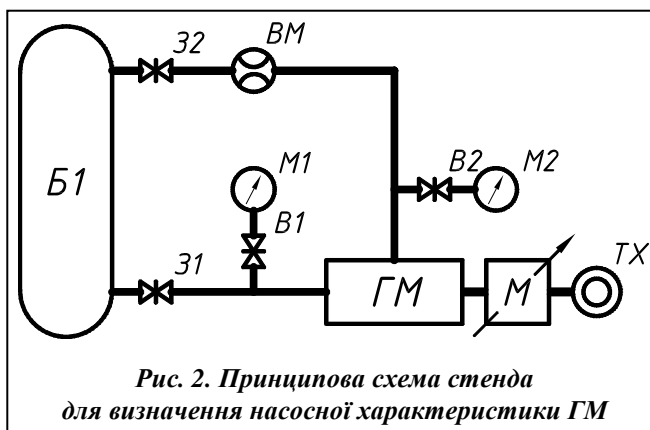


Рис. 2. Принципова схема стенда для визначення насосної характеристики ГМ

В цій статті розглянуто тільки першу стадію випробування гідромлина. Для реалізації фізичного експерименту на кафедрі було створено стенд для дослідження та вивчення принципів роботи гідромлина. Схема стенда для проведення випробувань зображена на рис. 2. Складові елементи стенда: Б1 – бак з водою, 31 – засувка на вході в машину; 32 – засувка для регулювання витрати через агрегат; М1 та М2 – манометри тиску на вході та на виході з агрегату з відповідними вентилями В1 та В2; ВМ – витратомір для контролю витрат. Для приводу агрегату використовується двигун постійного струму М на рухомих опорах, що дозволяє контролювати момент на валу агрегату, для контролю частоти обертання встановлено тахогенератор ТХ.

За основу планування фізичного експерименту було прийнято методику, запропоновану в [7]. Відносно обраної моделі планування виділено фактори експерименту, які впливають на потужність машини, та згруповано їх в поліном загального вигляду

$$N = n^i \cdot D^j \cdot f(z, \bar{b}, \bar{h}), \quad (1)$$

де,  $n^i$  – частота обертання ротора машини при  $Q = \text{const}$ , об/с;  $D^j$  – зовнішній діаметр робочого колеса, м;  $z$  – число зубців на роторному та статорному дисках,  $\bar{b}$  – відносна висота зуба на статорному та роторному дисках;  $\bar{h}$  – відносний зазор між статорним та роторним дисками.

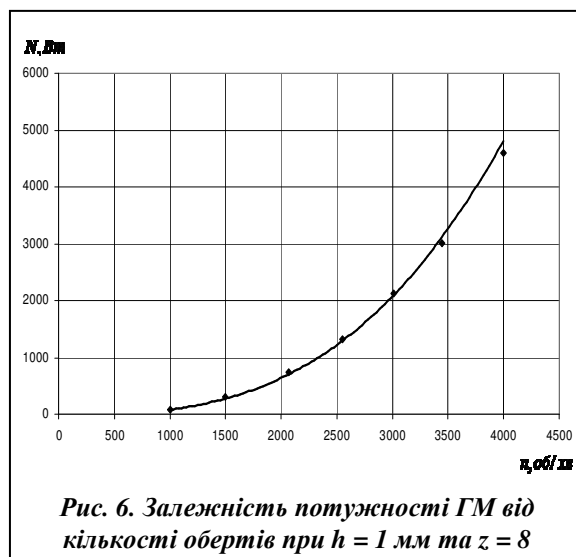
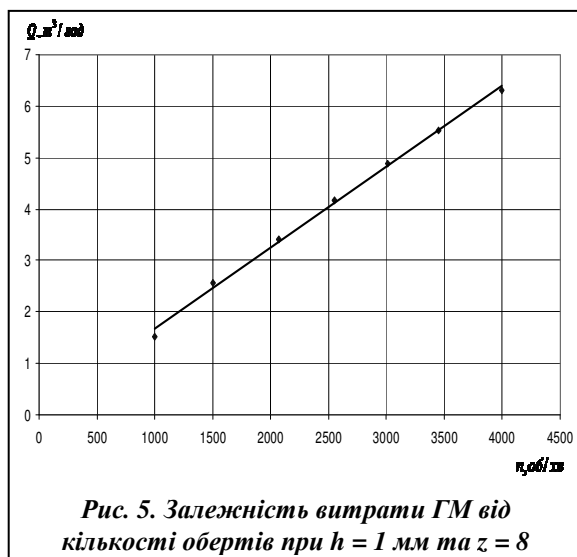
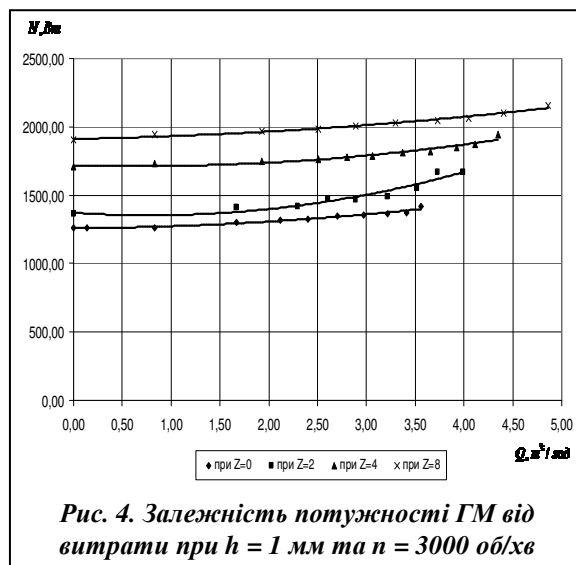
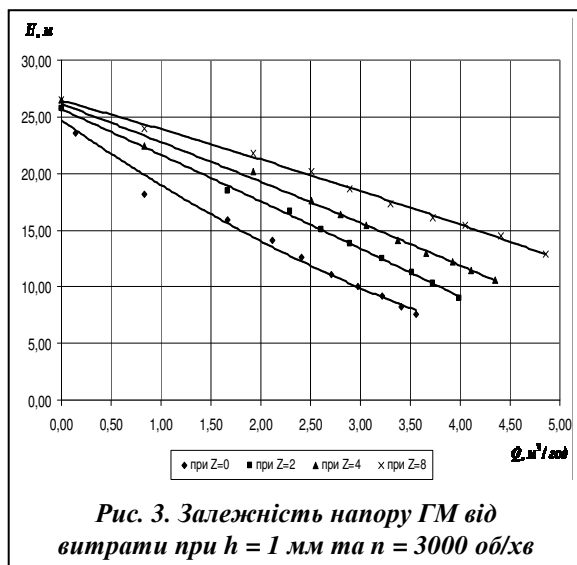
### Обговорення результатів роботи

На сьогодні отримано результати першої серії проведених дослідів. Таким чином, маємо ряд характеристик, які відображають залежність потужності, що споживається машиною та її напором від витрат. Вказану залежність визначено відносно проточної частини, робочі диски ( $D = 190$  мм) якої мали кількість зубців  $z = 0, 2, 4$  та  $8$  при частоті обертання  $n = 2000, 3000$  та  $4000$  об/хв та при зазорі між дисками  $h = 1$  та  $0,5$  мм. Нижче наведені варіанти характеристик деяких з перерахованих комбінацій (рис. 3–6). Цікавою є залежність витрати гідромлина від кількості обертів ротора, яка описана лінійною функцією. Також привертає до себе увагу явно ступенева залежність потужності ГМ від обертів.

### Висновки

В результаті проведеної роботи виготовлено пілотний зразок гідромлина як представника машин типу багатофункціональних теплогенеруючих агрегатів. Також створенно дослідний стенд на базі лабораторії кафедри прикладної гідроаеромеханіки СумДУ. Крім того, відмітимо початок проведення фізичного експерименту відносно визначеного плану.

В подальшому планується закінчити етап проведення натурних дослідів, за комплексними результатами якого будуть сформульовані рекомендації відносно проектування гідромлина в певних межах його застосування. Крім того, на меті є відпрацювання можливості застосування програмного продукту ANSYS CFX для потреб проектування гідромлина.



**Література**

1. Волков М. І. Сфери використання теплогенеруючих агрегатів / М. І. Волков, А. А. Панченко // Матеріали науч.-техн. конф. преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов. – Сумы, СумГУ. 2005. – С. 67–72.
2. 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.
3. Панченко А. А. Гідродинаміка робочого процесу теплогенеруючого агрегату багатофункціонального призначення: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Суми, 2006. – 20 с.
4. Ковальов С. Ф. Багатофункціональні теплогенеруючі агрегати та їх використання для перспективних технологій спиртової промисловості / С. Ф. Ковальов, А. А. Папченко // Вісн. Східноукраїн. нац. ун-ту ім. Володимира Даля. – 2007. – № 3 (109) Ч. 1. – С. 124–128.
5. Ковальов С. Ф. Стан справ у дослідженні гідромлина, орієнтованого на спиртове виробництво / С. Ф. Ковальов // Східно-Європейський журн. передових технологій. – 2012.– №3/7 (57). – С. 57–61.
6. Технология спирта и спиртпродуктов / В. В. Ильинич, Б. А. Устинников, И. И. Бурачевский, С. И. Громов. – М.: Агропромиздат. – 1987. – 383 с.
7. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А. А. Спиридонов – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.

Надійшла до редакції  
12.10.12