

**ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ПЛАВАЮЧОЇ ФОРСУНКИ-ЗМІШУВАЧА  
НА ПОТУЖНІСТЬ НАСОСА  
ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА**

**Г. А. Голуб, доктор технічних наук  
Національний університет біоресурсів і  
природокористування України  
Я. Д. Ярош, кандидат технічних наук  
Житомирський національний агроекологічний університет  
М. Ю. Павленко, В. В. Чуба, кандидати технічних наук  
Національний університет біоресурсів і  
природокористування України  
e-mail: maxim\_pavlenko@i.ua**

**Анотація.** *Приведено результати експериментальних досліджень впливу конструктивних параметрів обладнання для виробництва дизельного біопалива на споживану потужність насоса для перемішування рослинної олії при використанні плаваючої форсунки-змішувача. Отримано математичну модель, яка дозволяє розрахувати споживану потужність залежно від зазору між дисками, частоти обертання насоса та глибини занурення.*

*Встановлено залежність споживаної потужності плаваючої форсунки-змішувача від зазору між дисками та глибини занурення. Аналіз показав, що із збільшенням зазору між дисками споживана потужність зменшується, що пояснюється зменшенням енерговитрат електродвигуна, що обертає насос, через зменшення втрат опору при проходженні емульсії через форсунку-змішувач.*

*Досліджено залежність споживаної потужності плаваючої форсунки-змішувача від глибини занурення та зазору між дисками. Встановлено, що зі збільшенням глибини занурення плаваючої форсунки-змішувача споживана потужність насоса збільшується, що пояснюється збільшенням енерговитрат електродвигуна, що обертає насос, через збільшення гідростатичного тиску.*

*Отримано залежність споживаної потужності плаваючої форсунки-змішувача від частота обертання насоса та зазору між дисками. Встановлено, що із збільшенням частоти обертання насоса споживана потужність збільшується, що пояснюється зростанням енерговитрат електродвигуна за рахунок збільшення продуктивності насоса.*

*Експериментально встановлено, що мінімальна споживана потужність досягається при значенні величини зазору між дисками форсунки 6,6 мм, частоті обертання насоса 96 об./хв. та нульовій глибині занурення і становить 230 Вт. При збільшенні частоти обертання насоса до 896 об./хв., зменшенні зазору між дисками до 2,2 мм та максимальній глибині занурення споживана потужність становить 2159 Вт.*

**Ключові слова:** *потужність, насос, форсунка-змішувач, глибина занурення, частота обертання насоса*

**Постановка проблеми.** Сучасне обладнання для виробництва дизельного біопалива повинно відповідати таким виробничим вимогам як: забезпечення якісного змішування компонентів (метилату калію та рослинної олії), герметичність обладнання та мінімальна витрата енергії на забезпечення технологічних операцій. Серед існуючого обладнання для виробництва дизельного біопалива найбільшого поширення набувають установки з використанням гідрореактивного змішування, в тому числі із застосуванням плаваючої форсунки-змішувача.

**Аналіз останніх досліджень.** На даний час експериментально досліджено обладнання для виробництва дизельного біопалива із застосуванням механічного змішування рослинної олії та метилату калію [5]. Встановлено енергетичні показники обладнання для виробництва дизельного біопалива з використанням циркуляційного змішування вхідних компонентів та встановлено раціональні режими його використання [4]. Крім того, розроблено обладнання із застосуванням гідрореактивного перемішування, встановлено раціональні параметри змішувача, при яких затрати енергії на виробництво дизельного біопалива мінімальні [2, 3, 6]. Також, було досліджено вплив параметрів на споживану потужність насоса в обладнанні з використанням дискового змішувача [1].

Поряд з цим, виникає потреба у проведенні досліджень по визначенню споживаної потужності насоса в залежності від конструкційних параметрів плаваючої форсунки-змішувача в обладнанні для виробництва дизельного біопалива.

**Мета досліджень.** Експериментально дослідити вплив конструкційних параметрів на споживану потужність насоса в обладнанні для виробництва дизельного біопалива із гідрореактивним перемішуванням із застосуванням плаваючої форсунки-змішувача.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження впливу конструкційних параметрів на споживану потужність насоса в обладнанні для виробництва дизельного біопалива із

гідрореактивним перемішуванням із застосуванням плаваючої форсунки-змішувача проводилося в лабораторних умовах з використанням шестерінчастого насоса для перекачування емульсії. Для встановлення взаємозв'язку впливу зазору між дисками форсунки ( $d$ ), частоти обертання насоса ( $n_D$ ) та глибини занурення ( $h$ ) на споживану потужність насоса ( $P$ ), було проведено експеримент за планом Бокса-Бенкіна. Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів наведено в табл. 1.

### 1. Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів.

Найменування фактора	Рівні факторів			Інтервали варіювання
	-1	0	+1	
Глибина занурення, мм	0	50	100	50
Частота обертання двигуна, об/хв	96	496	896	400
Запор між дисками форсунки, мм	2,2	4,4	6,6	2,2

**Результати досліджень.** За результатами експерименту отримали математичну модель – рівняння регресії у вигляді поліному другого порядку, яке у розкодованій формі має вигляд:

$$P = 158,1794 + 0,8904h - 0,0123 n_D + 5,5220d + 0,0025n_D^2 - 0,0366 n_D d \quad (1)$$

Результати вимірювань під час проведення досліджень наведені в табл. 2.

### 2. Значення заданих та вимірюваних величин під час проведення досліджень

№ п/п дослідю	Глибина занурення, мм ( $h$ )	Частота обертання насоса, об./хв. ( $n_D$ )	Запор між дисками форсунки, мм, ( $d$ )	$P$ , Вт
1	100	896	4,4	2241,7
2	0	96	4,4	249,8
3	100	96	4,4	249,1
4	0	896	4,4	1947,1
5	100	496	6,6	774
6	0	496	2,2	790,8
7	100	496	2,2	849,6
8	0	496	6,6	770,4
9	50	896	6,6	2075,4
10	50	96	2,2	250,8
11	50	896	2,2	2202,9
12	50	96	6,6	252,1
13	50	496	4,4	764,4
14	50	496	4,4	770
15	50	496	4,4	760

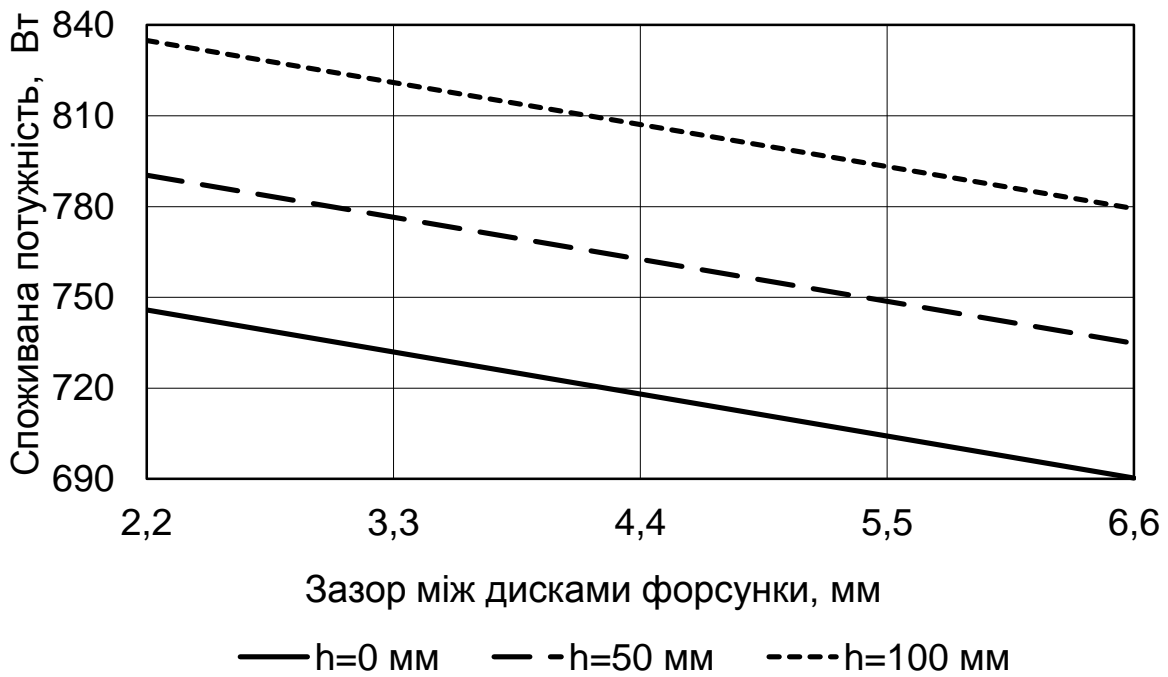


Рис. 1. Залежність споживаної потужності плаваючої форсунки-змішувача від зазору між дисками та глибини занурення.

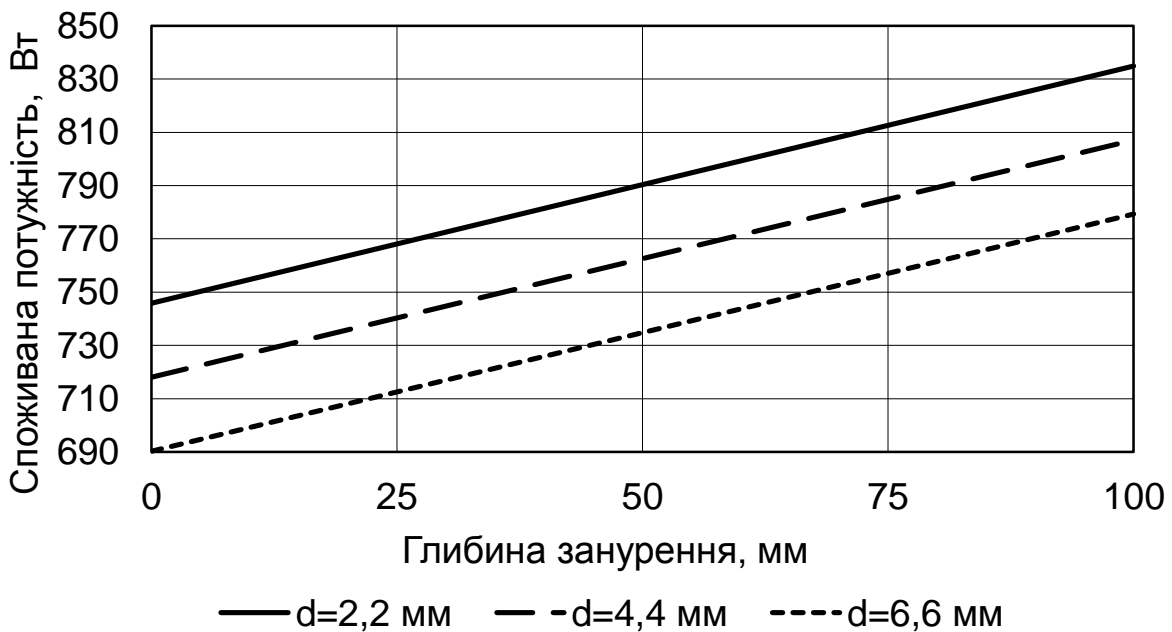


Рис. 2. Залежність споживаної потужності плаваючої форсунки-змішувача від глибини занурення та зазору між дисками

Аналіз показав (рис. 1), що із збільшенням зазору між дисками споживана потужність зменшується, що пояснюється зменшенням енерговитрат електродвигуна, що обертає насос, через зменшення втрат опору при проходженні емульсії через форсунку-змішувач.

Зі збільшенням глибини занурення плаваючої форсунки-змішувача споживана потужність насоса збільшується (рис. 2), що

пояснюється збільшенням енерговитрат електродвигуна, що обертає насос, через збільшення гідростатичного тиску.

Встановлено також (рис. 3), що із збільшенням частоти обертання насоса споживана потужність збільшується, що пояснюється зростанням енерговитрат електродвигуна за рахунок збільшення продуктивності насоса.

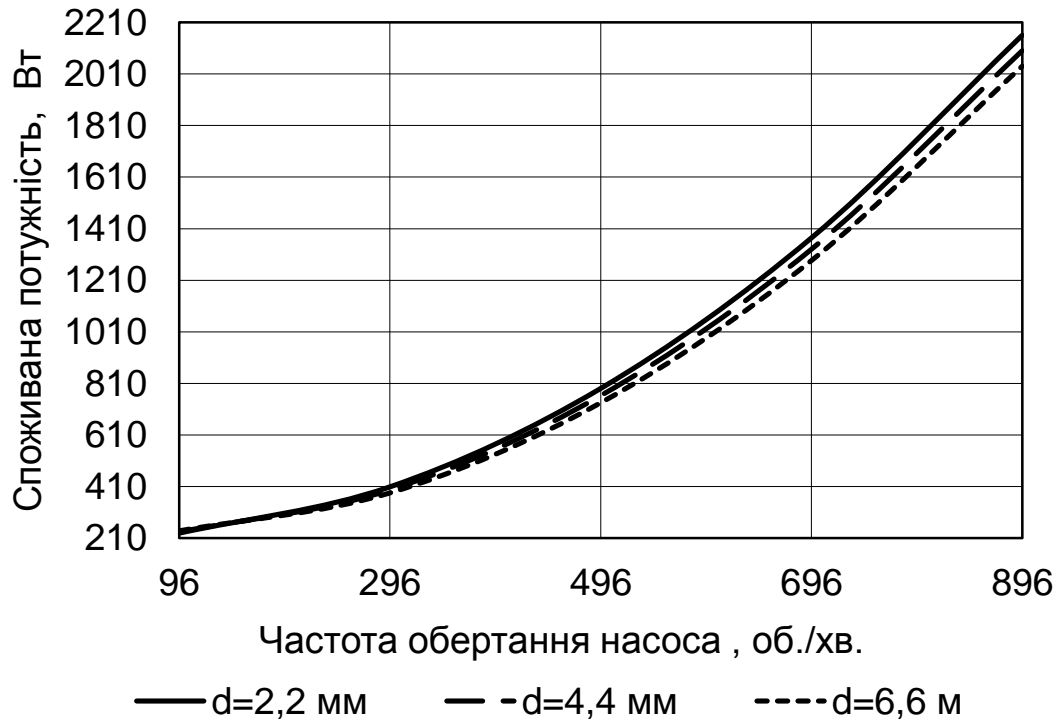


Рис. 3. Залежність споживаної потужності плаваючої форсунки-змішувача від частота обертання насоса та зазору між дисками

**Висновок.** Мінімальна споживана потужність досягається при значенні величини зазору між дисками форсунки 6,6 мм, частоті обертання насоса 96 об./хв. та нульовій глибині занурення і становить 230 Вт. При збільшенні частоти обертання насоса до 896 об./хв., зменшенні зазору між дисками до 2,2 мм та максимальній глибині занурення споживана потужність становить 2159 Вт.

### Список літератури

1. Голуб Г. А., Павленко М. Ю., Чуба В. В. Взаємозв'язок потужності насоса для перемішування рослинної олії та параметрів дискового змішувача // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип 240. С. 343—347.
2. Голуб Г. А., Павленко М. Ю. Взаємозв'язок потужності насоса та параметрів гідрореактивної мішалки при перемішуванні ріпакової олії // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2014. Вип. 196. Ч. 1. С. 60—65.
3. Голуб Г. А., Павленко М. Ю. Випробування гідрореактивного змішувача при виробництві дизельного біопалива // Техніко-технологічні аспекти розвитку та

випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2014. Вип. 18 (32). Кн. 2. С. 350—355.

4. Голуб Г. А., Кухарець С. М., Осипчук О. Ю., Павленко М. Ю. Дослідження енергетичної ефективності циркуляційних реакторів-розділювачів // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2015. Вип. 19(33). С. 276—282.

5. Павленко М. Ю., Голуб Г. А. Енергетичні показники процесу етерифікації ріпакової олії // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2013. Вип 185. Ч. 3. С. 91—100.

6. Павленко М. Ю., Осипчук О. Ю. Питома енергоємність виробництва дизельного біопалива з використанням гідромеханічного перемішування // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2015. Вип. 224. С. 224—228.

### References

1. Golub G. A., Pavlenko M. Yu., Chuba V. V. (2016). Vzayemozv'yazok potuzhnosti nasosa dlya peremishuvannya roslinnoї oliї ta parametriv diskovogo zmishuvacha [Interconnection capacity pump for mixing vegetable oil and parameters of disk mixer]. Naukoviy visnik Natsional'nogo universitetu bioresursiv i prirodo koristuvannya Ukraini. 240. 343-347.

2. Golub G. A., Pavlenko M. Yu. (2014). Vzayemozv'yazok potuzhnosti nasosa ta parametriv gidroreaktivnoyi mishalki pri peremishuvanni ripakovoї oliyi [Interconnection capacity pump and hydraulic parameters of jet mixers stirring rapeseed oil]. Naukoviy visnik Natsional'nogo universitetu bioresursiv i prirodo koristuvannya Ukraini. 196. 1. 60-65.

3. Golub G. A., Pavlenko M. Yu. (2014). Viprobuvannya gidroreaktivnogo zmishuvacha pri virobnitstvi dizel'nogo biopaliva [The trials of hydro jet mixer in the production of biodiesel] zbirnik nauk. pr. UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo. 18 (32). 2. 350-355.

4. Golub G. A., Kukharets' S. M., Osipchuk O. Yu., Pavlenko M. Yu. (2015). Doslidzhennya energetichnoї effektivnosti tsirkulyatsiynikh reaktoriv-rozdilyuvachiv [Energetic efficiency circulation reactors-separators]. 19(33). 276-282.

5. Pavlenko M. Yu., Golub G. A. (2013). Energetichni pokazniki protsesu eterifikatsiyi ripakovoї oliyi [Energy performance esterification process of rapeseed oil]. Naukoviy visnik Natsional'nogo universitetu bioresursiv i prirodo koristuvannya Ukraini. 185. 3. 91-100.

6. Pavlenko M. Yu., Osipchuk O. Yu. (2015). Pitoma energoyemnist' virobnitstva dizel'nogo biopaliva z vikoristannyam gidromekhanichnogo peremishuvannya [The specific energy consumption of biodiesel production using hydro mixing]. Naukoviy visnik Natsional'nogo universitetu bioresursiv i prirodo koristuvannya Ukraini. 224. 224-228.

### **ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАВАЮЩЕЙ ФОРСУНКИ-СМЕСИТЕЛЯ НА МОЩНОСТЬ НАСОСА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДИЗЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА**

**Г. А. Голуб, Я. Д. Ярош, М. Ю. Павленко, В. В. Чуба**

**Аннотация.** Приведены результаты экспериментальных исследований влияния конструктивных параметров оборудования

для производства дизельного биотоплива на потребляемую мощность насоса для перемешивания растительного масла при использовании плавающей форсунки-смесителя. Получена математическая модель, которая позволяет рассчитать потребляемую мощность в зависимости от зазора между дисками, частоты вращения насоса и глубины погружения.

Установлена зависимость потребляемой мощности плавающей форсунки-смесителя от зазора между дисками и глубины погружения. Анализ показал, что с увеличением зазора между дисками потребляемая мощность уменьшается, что объясняется уменьшением энергозатрат электродвигателя, вращающего насос, из-за уменьшения потерь сопротивления при прохождении эмульсии через форсунку-смеситель.

Исследована зависимость потребляемой мощности плавающей форсунки-смесителя от глубины погружения и зазора между дисками. Установлено, что с увеличением глубины погружения плавающей форсунки-смесителя потребляемая мощность насоса увеличивается, что объясняется увеличением энергозатрат электродвигателя, вращающего насос, из-за увеличения гидростатического давления.

Получена зависимость потребляемой мощности плавающей форсунки-смесителя от частоты вращения насоса и зазора между дисками. Установлено, что с увеличением частоты вращения насоса потребляемая мощность увеличивается, что объясняется ростом энергозатрат электродвигателя за счет увеличения производительности насоса.

Экспериментально установлено, что минимальная потребляемая мощность достигается при значении величины зазора между дисками форсунки 6,6 мм, частоте вращения насоса 96 об/мин и нулевой глубине погружения и составляет 230 Вт. При увеличении частоты вращения насоса до 896 об/мин, уменьшении зазора между дисками до 2,2 мм и максимальной глубине погружения потребляемая мощность составляет 2159 Вт.

**Ключевые слова:** мощность, насос, форсунка-смеситель, глубина погружения, частота вращения насоса

## **EFFECT PARAMETERS FLOATING INJECTOR MIXER ON POWER PUMP AT BIODIESEL PRODUCTION**

**G. A. Golub, Ya. D. Yarosh, M. Yu. Pavlenko, V. V. Chuba**

**Abstract.** The results of experimental studies of the impact of structural parameters of equipment for biodiesel production on the power consumption of the pump for mixing vegetable oil using floating-mixer nozzle are given. The mathematical model that allows you to calculate

*the power consumption depending on the gap between the disks, speed pump and immersion depth.*

*The dependence of the power consumption of the floating-mixer nozzle from the gap between the discs and depth of immersion is established. The analysis showed that with the increasing gap between the disk power consumption is reduced, due to a decrease in energy consumption electric motor that turns the pump by reducing the loss of support in passing the emulsion through a nozzle mixing.*

*The dependence of the power consumption of the floating-mixer nozzle on the depth of immersion and the gap between the discs is established. Found that with increasing depth dive floating-mixing nozzles pump power consumption increases due to the increase in electric energy that turns the pump by increasing hydrostatic pressure.*

*The dependence of the power consumption of the floating-mixer nozzle of the pump speed and the gap between the discs is established. It's established that with increasing rotational speed of the pump power consumption increases due to rising energy costs by increasing motor performance pump.*

*Experimentally, the minimum power consumption is achieved with the value gap between the discs nozzle 6.6 mm, speed of rotation of the pump 96 turn for minute and zero depth of immersion is 230 watts. By increasing the frequency of rotation of the pump to 896 turn for minute, reducing the gap between the discs of 2.2 mm and a maximum depth of immersion power consumption is 2159 watts.*

**Key words: power, pump, nozzle-mixer, immersion depth, pump speed**