

**Г. С. Ратушняк,  
Н. М. Слободян,  
К. В. Колесник,  
А. О. Лялюк**

## **КАСКАДНА БІОГАЗОВА УСТАНОВКА**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Обґрунтовано необхідність створення конструкції каскадної біогазової установки, в якій за рахунок встановлення теплового насоса з теплообмінником зменшується енергоємність і покращується процес ферментації, внаслідок чого виробництво біогазу стає більш енергоефективним. За рахунок трьох реакторів каскадної біогазової установки із різними режимами бродіння відбувається ефективний процес біоконверсії із максимальним виходом біогазу із одиниці ваги біомаси. Враховуючи нахил та каскадність реакторів, відбувається самоплинне переміщення біомаси по реакторам. Оскільки до біогазового реактора із мезофільним режимом бродіння під'єднано теплообмінник та тепловий насос, відбувається відбір теплоти та направлення її в біогазовий реактор із термофільним режимом, що робить процес ферментації енергоефективним та економічно доцільним*

*Ключові слова: енергоефективність, інтенсифікація, біогазовий реактор, біоконверсія, температурний режим, ферментація*

### **Abstract**

*The necessity of creating a cascade biogas plant design, in which due to the installation of a heat pump with a heat exchanger, reduces energy intensity and improves the process of fertilization, as a result of which biogas production becomes more energy-efficient. At the expense of three reactors of a cascade biogas plant with different fermentation regimes, an efficient process of bioconversion with a maximum biogas output per unit biomass weight is achieved. Given the inclination and cascade of reactors, there is a self-propelled biomass displacement of reactors. Since a heat exchanger and a heat pump are connected to a mesophilic fermentation reactor in a biogas reactor, the heat is selected and sent to a biogas reactor with a thermophilic regime, which makes the fermentation process energy-efficient and economically feasible.*

*Keywords: energy, intensification, biogas reactor, bioconversion, temperature control, fermentation.*

Перспективним шляхом підвищення ефективності біогазових установок є термостабілізація анаеробного бродіння органічного субстрату та інтенсифікація ферментації постійним рівномірним перемішуванням рідини й твердих речовин, які містяться в них та розрізняються за розміром, формою та густиною [1-3]. Для термостабілізації необхідно витратити певну кількість енергії, значення кого варто мінімізувати для забезпечення енергоефективного процесу біоконверсії [4].

Метою дослідження є створення конструкції каскадної біогазової установки, в якій за рахунок встановлення теплового насоса з теплообмінником зменшується енергоємність і покращується процес ферментації, внаслідок чого виробництво біогазу стає більш енергоефективним.

Пристрій містить три реактори із термофільним, мезофільним та кріофільним режимами бродіння, кожен із яких має резервуар, який накритий теплоізоляційним каркасом. Всередині резервуару, в верхній частині змонтовано бункер завантаження та трубу споживача. В нижній частині кожного реактора розміщено трубопровід переміщення біомаси, по якому відпрацьований субстрат рухається самоплином з рахунок каскадності та нахилу. До труби споживача під'єднано теплообмінник з байпасом, тепловий насос та циркуляційний насос.

Пристрій працює наступним чином.

Біомаса завантажується через бункер завантаження 6 та надходить всередину реактора із термофільним режимом бродіння у резервуар. В реакторі із термофільним режимом бродіння біомаса рівномірно нагрівається та перемішується. Після завершення процесу термофільного бродіння біомаса самоплином за рахунок каскадності та нахилу по трубопроводу переміщення біомаса надходить в реактор із мезофільним режимом бродіння, де продовжується біоконверсія. Після завершення процесу мезофільного бродіння біомаса самоплином за рахунок каскадності та нахилу по трубопроводу переміщення біомаса надходить в реактор із криофільним режимом бродіння, де завершується процес біоконверсії. Біогаз із реакторів каскадної біогазової установки видаляється за рахунок труби споживача. До труби споживача під'єднано теплообмінник із байпасом, тепловий насос, який відбирає теплоту, що за рахунок циркуляційного насоса надходить в реактор із термофільним режимом бродіння.

Таким чином відбувається енергоефективний процес ферментації. За рахунок трьох реакторів каскадної біогазової установки із різними режимами бродіння відбувається ефективний процес біоконверсії із максимальним виходом біогазу із одиниці ваги біомаси. Враховуючи нахил та каскадність реакторів, відбувається самоплинне переміщення біомаси по реакторам. Оскільки до біогазового реактора із мезофільним режимом бродіння під'єднано теплообмінник та тепловий насос, відбувається відбір теплоти та направлення її в біогазовий реактор із термофільним режимом, що робить процес ферментації енергоефективним та економічно доцільним.

### Список використаної літератури

1. Ратушняк Г. С. Енергоефективні технологічні процеси та обладнання біоконверсії. Монографія / Г. С. Ратушняк, К. В. Анохіна. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 160 с.
2. Ратушняк Г.С. Моделювання тепловтрат з біогазової установки в ході розміщення її в ґрунті / Ратушняк Г. С., Анохіна К. В. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. – № 1 (221). – С. 84-88.
3. Ратушняк Г.С. Вплив характеристик сучасних теплоізоляційних матеріалів на енергоефективність термостабілізації процесу виробництва біогазу / Ратушняк Г. С., Колесник К. В., Каташинський В.О. // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2015. – № 2 (19). – С. 153-157.
4. Ratushnyak G.S. Intensification Of Biogas Production By Means Of Mechanical Mixing Of The Substrate / G.S. Ratushnyak, K.V. Anokhina // Tap Chi Khoa hoc & Cong nghe. – 2012. – № 8 (57). – С. 177-179.

*Ратушняк Георгій Сергійович* – к.т.н., професор кафедри інженерних систем у будівництві, декан факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання Вінницького національного технічного університету

*Колесник Катерина Володимирівна* – к.т.н., доцент кафедри інженерних систем у будівництві Вінницького національного технічного університету, e-mail: anohinakatya@i.ua

*Слободян Наталія Михайлівна* – к.т.н., доцент кафедри інженерних систем у будівництві Вінницького національного технічного університету

*Лялюк Андрій Олександрович* – студент групи Б-16б, факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання Вінницького національного технічного університету

Ratushnyak George S. – Ph.D., Professor of the Department of Engineering Systems in Construction, Dean of the Faculty of Construction, Thermal Power and Gas Supply of Vinnitsya National Technical University

Kolesnik Ekaterina V. – Ph.D., Associate Professor of the Department of Engineering Systems in the construction of Vinnitsa National Technical University

Slobodian N. – Ph.D., Associate Professor of the Department of Engineering Systems in the construction of Vinnitsa National Technical University

Lyalyuk A. – student of group B-16b, faculty of building, heat and power supply and gas supply of Vinnitsa National Technical University