

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*У роботі було проведено аналітичний огляд літературної інформації, проведено дослідження показників роботи методом числового експерименту та оцінено енергоефективність водогрійної котельні, проведено розрахунки по визначенню кількості шкідливих викидів при роботі водогрійної котельні, уточнено монтажну схему відведення та очищення димових газів та систему автоматичного регулювання котельні, визначено техніко-економічні показники котельні. Розроблено заходи з охорони праці*

**Ключові слова :** теплова схема котельні, природний газ, пелети, шкідливі викиди, економічна ефективність, відхідні гази.

### Abstract

*The calculations were carried out an analytical review of the literary information was carried out, research of indicators of work by the method of numerical experiment was carried out and energy efficiency of the boiler room was calculated, calculations were made to determine the amount of harmful emissions during the operation of the boiler room, and the installation scheme for drainage and cleaning determined technical and economic indicators of the boiler room. Occupational safety measures have been developed.*

**Keywords:** thermal scheme of the boiler house, natural gas, pelets, harmful emissions, economic efficiency, flue gases.

### Вступ. Постановка задачі

Проблема забезпечення енергетичної ефективності та екологічної безпеки енергетичних об'єктів є багатоцільовий (проекування, експлуатація, експертиза, аудит, прогнозування, моніторинг та ін.) і багатозначною. Це пов'язано з необхідністю визначення рівня ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, технічного стану обладнання енергооб'єктів, із застосуванням природоохоронних заходів і т.п. Складність вирішення даної проблеми обумовлена широким спектром визначальних параметрів, факторів і показників екологічної небезпеки.

Основним фактором проведених досліджень є заміна або повний перехід з використання природного газу в якості палива для виробництва теплової а електричної енергії на альтернативні види палива, зокрема пелети. При переході на будь-яке тверде паливо є свої плюси та мінуси. При спалюванні будь-якого палива утворюються шкідливі викиди, які з димовими газами надходять в атмосферу. Тому необхідно розробляти комплексно заходи для зменшення шкідливих викидів при спалюванні палива.

Отже оцінка варіантів зменшення використання природного газу та зменшення кількості шкідливих викидів на водогрійній котельні шляхом, шляхом використання в якості палива альтернативних джерел енергії та встановлення обладнання для очищення димових газів є актуальною.

Об'єктом є теплова схема водогрійної котельні в місті Славута.

Предметом дослідження є енергетичні, економічні, технічні та екологічні показники роботи котельні.

Мета даної роботи – підвищення ефективності роботи котельні та техніко-економічних показників роботи котлів шляхом вибору оптимального співвідношення між альтернативним паливом і природним газом, вирішення проблеми зменшення шкідливих викидів в атмосферу при спалюванні альтернативного палива.

Для досягнення даної мети необхідно розв'язати такі завдання:

- Аналітичний огляд літературної та патентної інформації;
- чисельне дослідження ефективності роботи котельні;
- теоретичне обґрунтування ефективності роботи котельні на основі

- математичних та статистичних даних;
- аналіз економічних та екологічних показників роботи котельні.
- визначення техніко-економічних показників.

### Результати досліджень

Одним із видів альтернативного палива є деревні пеллети. Найменший негативний вплив на довкілля при спалюванні твердого палива можна отримати при використанні гранул, пеллет і брикетів з трав'янистої чи деревної біомаси. В загальному обсязі викидів пеллети і брикети є найбільш безпечним видом палива, окрім природного газу. Загальні викиди забруднюючих речовин від згорання пеллетів становлять 17,7 т/тис. тон палива, що в 8,3 рази менше ніж від згорання кам'яного вугілля, у 2,6 рази менше, ніж від згорання мазуту. Істотно менші обсяги викидів оксидів сірки при згоранні пеллетів, азоту, вуглецю та твердих частинок. Зокрема порівняно з кам'яним вугіллям викиди сірки зменшуються в 32,9 раз, азоту – у 6,8 раз, вуглецю – у 2 рази і пилу – у 15,9 раз. Під час спалювання пеллет утворюється попіл (зола), яку також можливо використовувати в якості добрива. Такий вид добрива є вогнетривким мінеральним залишком, що містить калій, фосфор, кальцій і деякі мікроелементи. Їх можна використовувати практично на всіх типах ґрунту.

Розроблено математичну модель оцінки ефективності роботи котельні. Дана математична модель є лінійною, яка містить в собі уточнення шкідливих викидів при спалюванні палива.

За результатами математичного моделювання визначено закономірність зміни екологічних та економічних показників від частки заміщення природного газу альтернативним паливом. Із результатів розрахунків видно, що при спалюванні твердого палива здійснюється великий шкідливий вплив на навколишнє середовище, адже при спалюванні твердого палива утворюється велика кількість оксиду азоту та оксиду вуглецю. Дана різниця є значною проте використання або перехідна альтернативні види палива надають зменшити використання природного газу вартість якого є високою. Пелети є відновлюваним джерелом паливних ресурсів, що не призводить до вичерпання природних ресурсів, як використання природного газу. На відміну від екологічних показників, аналізуючи дані на рис. 2.5, видно, що собівартість відпущеної теплоти зменшується із збільшенням частки заміщення природного газу альтернативним паливом і із збільшенням  $Q_{ал} / Q_{існ}$  більше 0,48 практично не змінюється. За отриманими результатами було обрано варіант встановлення пелетного котла потужністю 600 кВт, частка заміщення природного газу становить 0,48. Отже використання альтернативного палива на котельні дозволяє знизити собівартість відпущеної теплоти на 23 %

В роботі було обрано для аналізу опалювальну водогрійну котельню потужністю 1,25 МВт у місті Славута. Критерій екобезпеки [2] теплоенергетичних об'єктів має такі групи факторів впливу: термодинамічний, паливний технологічний та експлуатаційний. Найбільш універсальним є термодинамічний фактор оскільки він впливає на всі параметри і показники екологічної безпеки. Оцінка цього фактора (сумарного теплового забруднення навколишнього середовища) показала, що для існуючої котельні він складає  $b_1 = 1,085$ , а для модернізованої –  $b_1 = 1,129$ .

Аналізуючи отримані вище результати можна зробити висновки, що найгірший вплив на здоров'я людини чинить модернізована схема отримання теплоти, приблизно рівнозначний вплив на якість екосистеми чинять обидві схеми, на зміну клімату і вичерпання ресурсів більше впливає існуюча схема. Порівнюючи варіанти за сумарним показником, можна зробити висновок що найкращою є система із комплексним використанням традиційних та альтернативних палива (2169 pt), тоді як існуюча схема має показник техногенного навантаження на середньостатистичного європейця на 48% вище (3217 pt). Відмінність екологічних показників можна пояснити тим, що при спалюванні відходів деревини найбільша кількість шкідливих викидів складає CO<sub>2</sub>, який же потім поглинається деревом в процесі росту і виділяється кисень, отже протягом життєвого циклу утримується баланс CO<sub>2</sub> і O<sub>2</sub>, що враховує комплекс SimaPro.

Екологічні показники показують суперечливі результати тому було проведено дослідження економічних показників роботи котельні, зокрема собівартість відпущеної теплоти. Собівартість виробництва теплоти [5] показано на рис. 1.

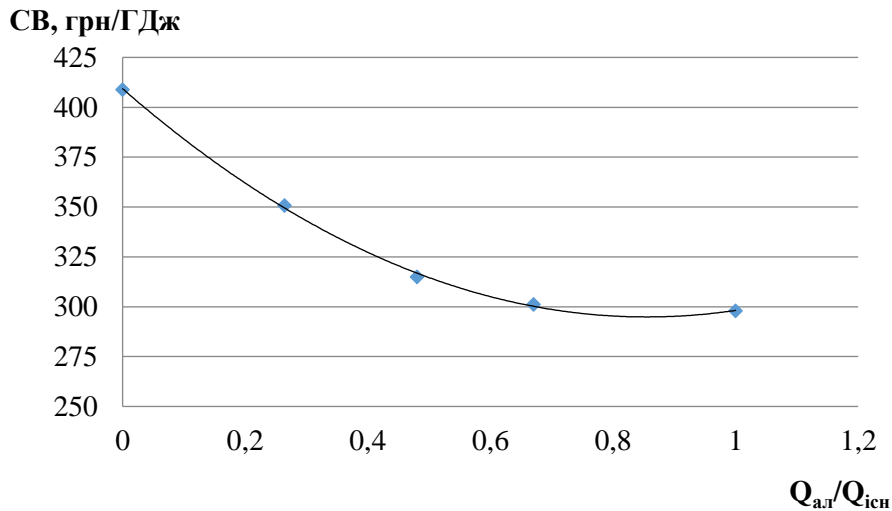


Рис. 1 . Залежність собівартості відпущеної теплоти на котельні (СВ) від частки заміщенні альтернативним паливом природного газу, ( $Q_{ал}/Q_{існ}$ )

Після проведеного дослідження кількості шкідливих викидів при спалюванні природного газу і пелет в твердопаливному котлі, результати розрахунків показали що при роботі котельні на природному газі значно менші ніж при роботі котельні (робота газового котла та пелетного котла в тандемі), окрім викидів оксиду вуглецю. Дана різниця є значною проте використання або перехід на альтернативні види палива надають зменшити використання природного газу вартість якого є високою. Для покращення екологічних показників модернізованої системи треба вживати комплекс технологічних заходів з очищення відхідних газів та утилізації їх теплоти [6].

При роботі котла на пеллетах ТИРАС – 600 у тепловій схемі котельні у м. Славути утворюється валовий викид золи при спалюванні деревних пеллет складе 11,36 т/рік [3]. Часточки пилу, які утворюються в процесі горіння вилітають разом з димовими газами через димову трубу в атмосферу, тим самим наносять шкідливий вплив на навколишнє середовище. Для вирішенні даної проблеми можливе встановлення циклонів. Це апарати для вловлення твердої фази з газового середовища. Використання циклону [7] (в даному випадку діаметр 750 мм) дозволить зменшити викиди до 0,17 т/рік. При встановленні циклона обраховується густина димових газів в робочих умовах яка становить  $0,789 \text{ кг/м}^3$ , при цьому втрати тиску у циклоні становлять 1135,66 Па, це означає що величина втрат циклу може бути забезпечена димососами встановленими у котельні. Отже використання пеллет різного походження є гарною альтернативою традиційному паливу з економічної та екологічної точок зору, але виникають проблеми на етапі спалювання палива у теплогенераторах, такі як плавлення золи. Тому під час вибору паливних пеллет необхідно звертати увагу на хімічний склад палива, особливо на вміст хлору і калію.

Оцінка ж економічних показників роботи говорить про те, що собівартість виробництва теплоти в існуючій схемі складає 369 грн./ГДж, а в модернізованій – 315 грн./ГДж. Комплексне використання традиційних та альтернативних джерел енергії дозволяє на 22,5 % знизити собівартість виробництва теплоти, що дозволить окупити капіталовкладення у нове обладнання за 2,7 років.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуцаленко Л.В. Стан та основні чинники розвитку виробництва біологічного палива в Україні та світі / Л.В. Гуцаленко, В.Ю. Фабіянська // Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Збірник наукових праць. – Вип. 19., 2013. – С. 168 – 174.
2. Варламов Г. Б. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії : Підручник / Г. Б. Варламов, Г. М. Любчик, В. А. Маляренко. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2003. – 232 с. 3.Ветошкин А. Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Учебное пособие.– Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. – 210 с.

3. Степанова Н.Д. Підвищення енергоекологічної ефективності комплексного використання традиційних та альтернативних палив для виробництва теплоти / Н. Д. Степанова , А. В. Гарбуз // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції “Інноваційні технології в будівництві – 2018”. – 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2018/paper/viewFile/6085/5081>
4. Ткаченко С. Й., Боднар Л. А. / Екологічні спекти виробництва енергії : навчальний посібник. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 80 с
5. Ткаченко С. Й. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання : навч. посібн. / С. Й. Ткаченко, М. М. Чепурний , Д. В. Степанов – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 137с.
6. Степанова Н. Д. Утилізація теплоти димових газів на водогрійних котельнях як напрямок енергозбереження / Н. Д. Степанова, Я С. Горовенко, А. В. Гарбуз. // Матеріали науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ). – 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2018/paper/view/5356/4374>
7. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Учебное пособие. – Пенза: Изд-во. ун-та, 2005. – 210 с.
8. О.Г. Лялюк. Техніко-економічне порівняння котлів з використанням різних видів палива / О.Г. Лялюк, А.В. Гарбуз. // Матеріали науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ). – 2018. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2018/paper/viewFile/6030/5021>
9. Степанова Н.Д. Використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі водогрійної котельні на природному газі / Н. Д. Степанова , А. В. Гарбуз // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції “Інноваційні технології в будівництві – 2018”. – 2018. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2019/paper/viewFile/8344/6990>
10. Степанова Н.Д. Використання альтернативних видів палив на опалювальних котельнях / Н. Д. Степанова, А. В. Гарбуз // Доповідь на XLVIII Науково-технічній конференції факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачанняВНТУ, Вінниця, 2019. Режимадоступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp2019/paper/view/7228/5944>

**Гарбуз Анастасія Володимирівна**, студентка групи ТЕ-18м, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [te14b.garbuz@gmail.com](mailto:te14b.garbuz@gmail.com)

**Степанова Наталія Дмитрівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний університет, м. Вінниця, e-mail: [Stepanovand@i.ua](mailto:Stepanovand@i.ua)

**GarbuzAnastasiia V.**, student of TE-18m group, Faculty of Construction, Thermal Power Engineering and Gas Suply, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsya, email:[te14b.garbuz@gmail.com](mailto:te14b.garbuz@gmail.com)

**StepanovaNataliya D.**, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsya, e-mail: [Stepanovand@i.ua](mailto:Stepanovand@i.ua)