

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ПАРОГЕНЕРАТОРА Е - 1- 9 ПРИ ПЕРЕВЕДЕННІ НА СПАЛЮВАННЯ ТВЕРДИХ ВИДІВ ПАЛИВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проведено числові дослідження показників роботи парогенератора Е-1-9 при спалюванні пелет соломи. Досліджено вплив коефіцієнта надлишку повітря на адиабатну температуру та температуру димових газів на виході з топки. Проаналізовано вплив коефіцієнта надлишку повітря на коефіцієнт корисної дії парогенератора. Порівняно викиди забруднювальних речовин в разі спалювання в парогенераторі твердих видів палива.

Ключові слова: паливо, солома, температура відхідних газів, відходи деревини, парникові гази.

Abstract

The numerical studies of the performance of the steam generator E-1-9 in the combustion of straw pellets were carried out. The influence of the coefficient of excess air on the adiabatic temperature and the flue gas temperature at the outlet of the furnace is investigated. The influence of the coefficient of excess air on the efficiency of the steam generator is analyzed. Comparison of pollutant emissions in the case of solid fuel combustion in a steam generator.

Keywords: fuel, straw, temperature of exhaust gases, wood waste, greenhouse gases.

Вступ

В сучасній енергетиці спостерігається тенденція до переведення котелень на спалювання низькосортних видів палива. Існує багато різновидів низькосортних енергетичних палив. До них належать високозольне або високовологе вугілля, солоне вугілля, горючі сланці, торф, горюча частина міських відходів, відходи виробництв (деревобробної, целюлозно-паперової промисловості), сільськогосподарські відходи (солома, лушпиння, стебла соняшника, а також пелети з них, тощо), шлами і проміжні продукти збагачення кам'яного вугілля, призначені для технологічного споживання. Загальною ознакою низькосортних енергетичних палив є низька теплота згорання, яка переважно не перевищує $Q_n^p = 10...15$ МДж/кг [1, 2]. Така низька теплота згорання палив цієї категорії визначається насамперед високим вмістом в них баласту: золи і вологи.

З огляду на складну економічну ситуацію в державі і енергетичну кризу, пов'язану з залежністю енергетичного сектору від імпорتنих постачальників палива, все більше актуальним є ширше використання для виробництва енергії низькосортних видів палива, зокрема біомаси.

Мета роботи – числові дослідження показників роботи парогенератора Е - 1- 9 при спалюванні пелет з соломи.

Основна частина

Для дослідження показників роботи парогенератора було створено математичну модель котла, яку реалізовано в середовищі MSExcel. Перед проведенням числових досліджень, нами проаналізовано літературну інформацію по експериментальних дослідженнях котлів на альтернативних видах палива. Проаналізувавши роботи [3-11], нами виявлено, що при проектуванні котлів із шаровими топковими пристроями необхідно враховувати, що рівень і характер розподілення теплових потоків в топці суттєво відрізняється від інших видів спалювання твердого палива. При шаровому спалюванні екрани сприймають теплоту випромінюванням в основному від поверхні шару, і в меншій мірі від газового факела. В нормативному методі теплового розрахунку котельних агрегатів [12], розробленого спеціалістами ВТИ, пропонується та ж розрахункова напівемпірична залежність, що і для факельного спалювання, але із введенням різних поправок [5]. При такому

підході не враховується вирішальний вплив шару, оскільки ігнорується його температура, що є головним фактором процесу радіаційного теплообміну, що призводить до зниження інтенсивності інтегрального теплообміну. В існуючих методах розрахунку топкового теплообміну не враховується різний механізм випромінювання газів і твердих тіл, ігнорується відмінність температур газів і поверхні шару. В зв'язку з цим, в котлах малої потужності (3 МВт), як показали дослідження [3] розходження між експериментальною і розрахунковою температурами газів на виході з топки становлять 148...182 °С. Це свідчить про те, що для широкого використання альтернативних видів палив в котлах малої потужності (до 3 МВт) необхідні ґрунтовні експериментальні дослідження процесів спалювання таких палив і відповідні корегування Нормативного методу.

В розрахунках прийнято, що втрати теплоти від хімічної неповноти згорання складають 0,5 %, з механічним недопалюванням 1 %, втрати теплоти в навколишнє середовище 3%. Досліджено роботу котла на таких видах палива як шматковий торф, солома сіра, відходи деревини та вугілля.

Змінним параметром в дослідженнях є коефіцієнт надлишку повітря, який варіювався в межах від 1,3 до 1,9. Нами досліджено вплив коефіцієнту надлишку повітря на адиабатну температуру в топці при спалюванні деревини, соломи, торфу та вугілля (рис. 1). Найбільшу адиабатну температуру має вугілля, що пояснюється тим, що в нього найвища теплота згорання палива.

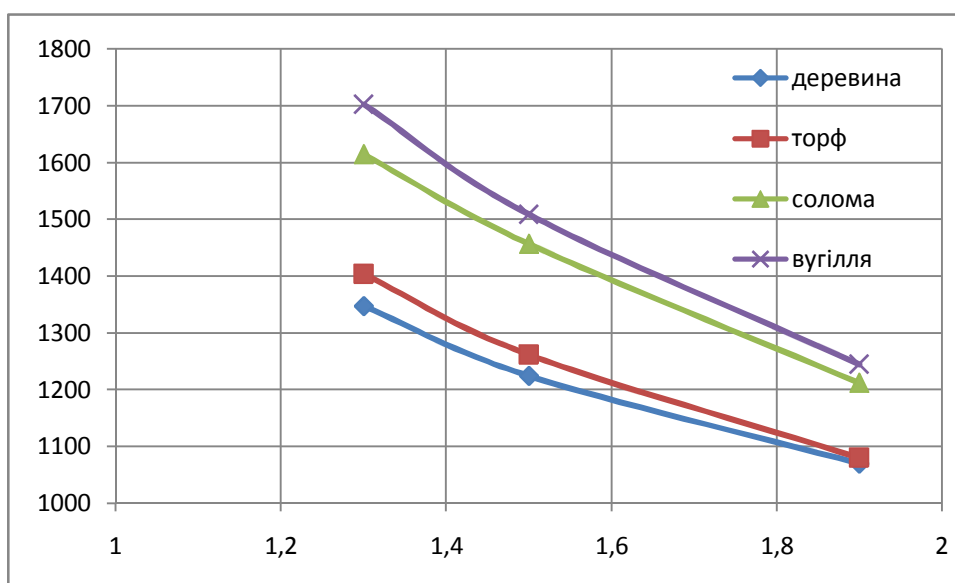


Рисунок 1 – Зміна адиабатної температури в топці при різних коефіцієнтах надлишку повітря

При збільшенні коефіцієнта надлишку повітря, адиабатна температура зменшується, що пояснюється тим, що в топку надходить більша кількість холодного повітря. Для торфу і деревини значення адиабатної температури близькі. Адиабатна температура для вугілля майже на 350 °С вища за аналогічне значення для деревини.

В роботі досліджено вплив коефіцієнта надлишку повітря на температуру газів на виході з топки (рис. 2). Коефіцієнт надлишку повітря взято від 1,3 до 1,9. При менших надлишках повітря можливе хімічне і механічне недопалювання палива. При надлишку повітря паливо згорає повністю, але частина теплоти витрачається на підігрів надлишкового повітря. Відбувається зниження температури газів на виході і зменшення ККД. Надлишкове повітря що надходить в газовий тракт котла, викликає збільшені втрати теплоти з відхідними газами, збільшується опір тракту, викликає перенавантаження димососів і вентиляторів і внаслідок цього може знизитись продуктивність котла і його ККД.

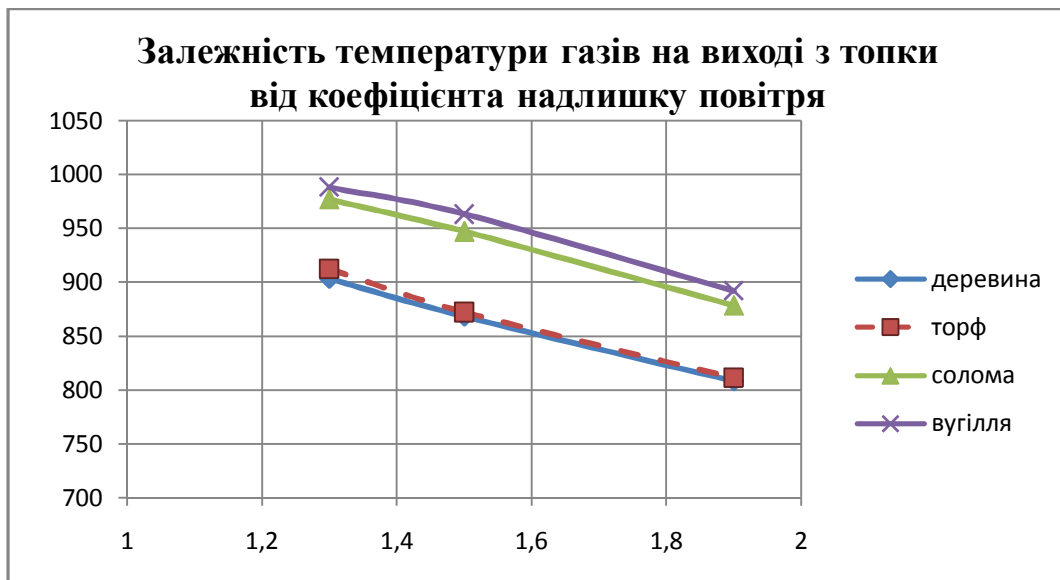


Рисунок 2 – Зміна температури газів на виході з топки при різних коефіцієнтах надлишку повітря

На рисунку 3 наведено залежність зміни ККД котла для різних коефіцієнтів надлишку повітря.

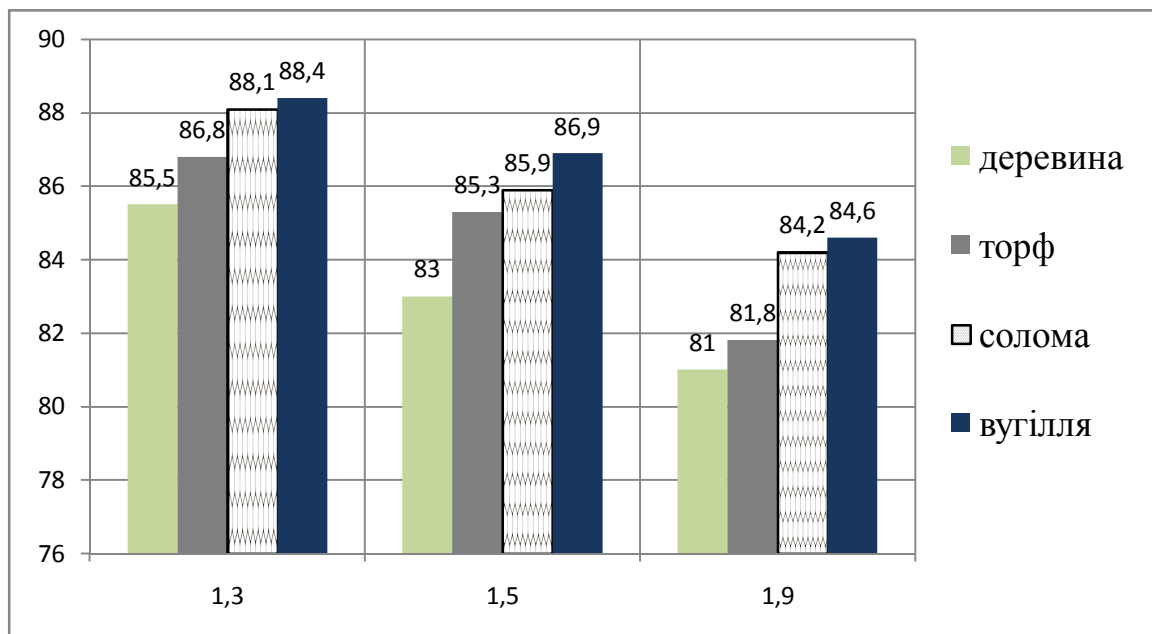


Рисунок 3 – Зміна коефіцієнта корисної дії котла залежно від зміни коефіцієнта надлишку повітря

Найбільше значення коефіцієнта корисної дії має парогенератор при спалюванні в ньому вугілля, що пояснюється вищою теплотою згорання та меншою вологістю палива. Найменше значення коефіцієнта корисної дії має деревина, що пояснюється високою вологістю палива $W^p=40\%$ та низькою теплотою згорання $Q_H^p = 10$ МДж/кг.

Нами проведено порівняльну оцінку викидів шкідливих речовин в разі спалювання в парогенераторі відходів деревини, пелет соломи, торфу та вугілля. В розрахунках прийнято, що котел працює протягом 360 діб. Розрахунки проведено з врахуванням ККД характерного для котлоагрегатів в разі спалювання того чи іншого палива. На рис. 4 показано очікувані викиди вуглекислого газу та водяної пари в разі спалювання зазначених видів палив. Як показали розрахунки, очікувані викиди

парникових газів під час спалювання деревини дещо більші, ніж для соломи та торфу. Викиди вуглекислого газу в разі спалювання вугілля менші на 438 тонн порівняно з деревиною. Це пов'язано з тим, що відходи деревини мають високу вологість і меншу, ніж у вугілля, теплоту згорання. Це призводить до більшої кількості спаленого палива, а, отже і до збільшення викидів. Слід зазначити, що до складу соломи, торфу та вугілля входить сірка та зола, тому окрім викидів парникових газів, в навколишнє середовище будуть викидатись оксиди сірки та золи.

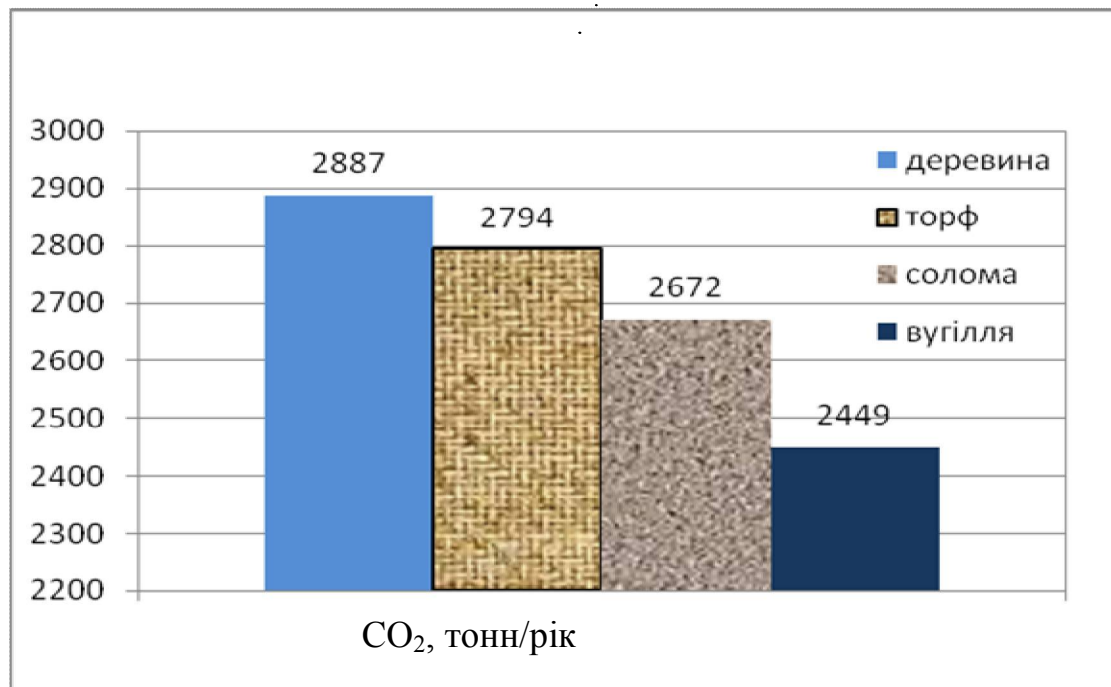


Рисунок 4 – Викиди вуглекислого газу при спалюванні в парогенераторі таких палив: деревини, торфу, соломи, вугілля

Нами визначено очікувані викиди водяної пари при спалюванні різних видів палив. Кількість утвореної водяної пари залежить від вмісту в паливі водню.

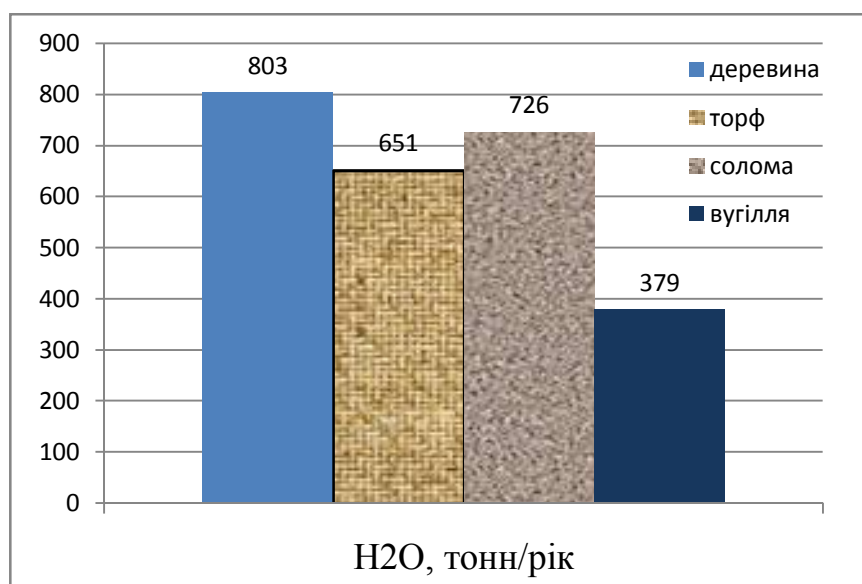


Рисунок 5 – Викиди водяної пари при спалюванні в парогенераторі таких палив: деревини, торфу, соломи, вугілля

Найбільше викидів водяної пари буде при спалюванні деревини та торфу, найменше (379 тонн) для вугілля.

Оскільки до складу палива входить зола, то нами також визначено її викиди при спалюванні палива.

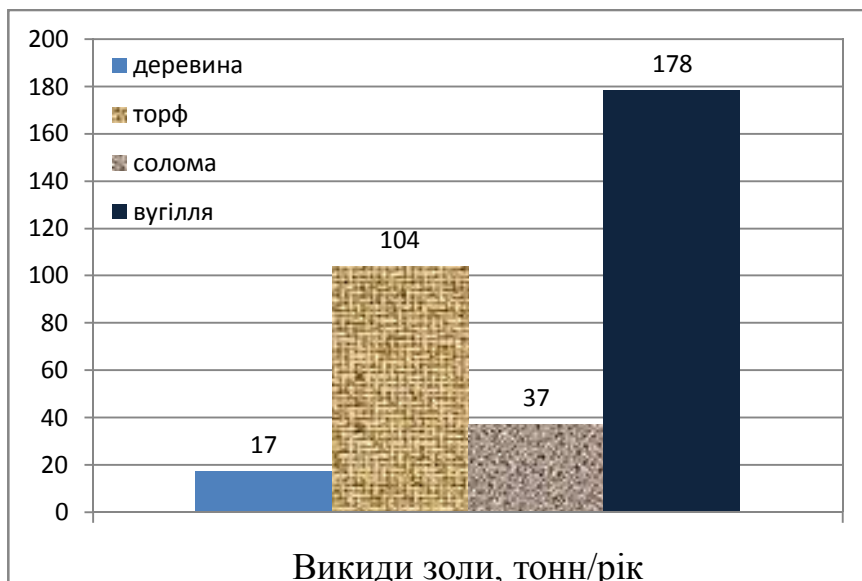


Рисунок 6 – Викиди золи при спалюванні в парогенераторі таких палив: деревини, торфу, соломи, вугілля

Найбільше викидів золи буде при спалюванні вугілля (на 161 тону більше, ніж для деревини, на 74 тони більше, ніж для торфу та на 141 тону більше, ніж при спалюванні соломи). Для зменшення викидів золи рекомендується встановлювати циклони.

Оскільки до складу вугілля, торфу та соломи входить сірка, то в роботі також визначено викиди оксидів сірки. До складу деревини, взятої для розрахунків сірка не входить.

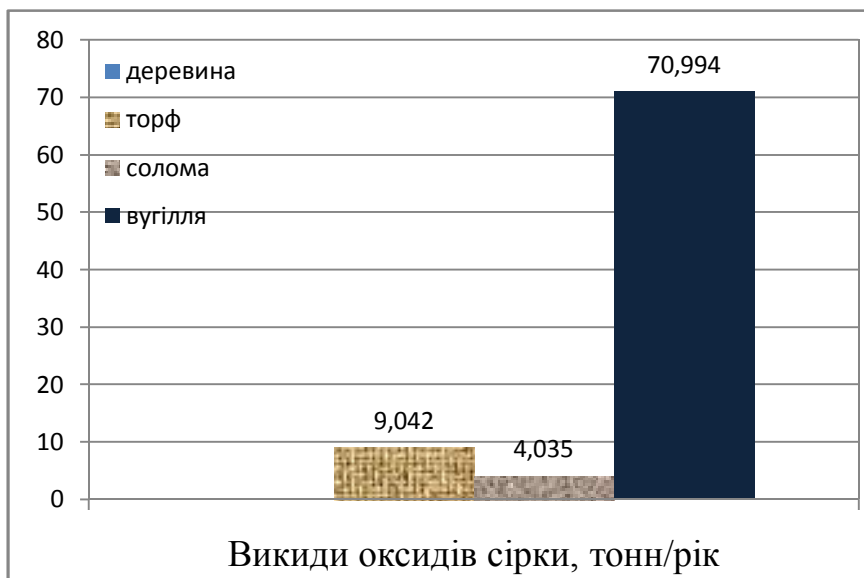


Рисунок 7 – Викиди оксидів сірки при спалюванні в парогенераторі таких палив: деревини, торфу, соломи, вугілля

Найбільше викидів оксидів сірки буде при спалюванні вугілля (в 7,85 рази більше, ніж при спалюванні торфу, та в 17,6 рази більше, ніж при спалюванні соломи).

Кожне з розглянутих видів палива має переваги та недоліки. Для застосування того, чи іншого виду палива необхідно проводити техніко-економічне обґрунтування.

ВИСНОВКИ

В роботі проведено числові дослідження показників роботи парогенератора Е-1-9 при спалюванні твердого палива. Проведено розрахунок парогенератора Е-1-9 при спалюванні в ньому деревини, торфу, соломи та вугілля. Визначено показники енергетичної ефективності парогенератора. Визначено, що найбільший коефіцієнт корисної дії має парогенератор при спалюванні в ньому вугілля 87 %, а найменший – при спалюванні деревини 85 % (при коефіцієнті надлишку повітря 1,5). Проаналізовано вплив коефіцієнта надлишку повітря на адіабатну температуру, температуру газів на виході з топки та коефіцієнт корисної дії котла.

В роботі проведено оцінку викидів забруднювальних речовин. Визначено очікувані викиди водяної пари, вуглекислого газу, золи та оксидів сірки при спалюванні різних видів палив. Найбільше викидів водяної пари буде при спалюванні деревини та торфу, найменше (379 тонн) для вугілля. Найбільше викидів золи буде при спалюванні вугілля (на 161 тону більше, ніж для деревини, на 74 тони більше, ніж для торфу та на 141 тону більше, ніж при спалюванні соломи). Для зменшення викидів золи рекомендується встановлювати циклони. Найбільше викидів оксидів сірки буде при спалюванні вугілля (в 7,85 рази більше, ніж при спалюванні торфу, та в 17,6 рази більше, ніж при спалюванні соломи).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Боднар Л. А. Екологічні аспекти виробництва енергії з низькосортних видів палив/Л. А. Боднар, О. В. Дахновська, М. Г. Робак// Всеукраїнський науково-технічний журнал. Техніка, енергетика, транспорт АПК - 2015. - №2. - С.112-116
2. Боднар Л. А. Проблеми спалювання низькосортних палив в котлах малої потужності / Л. А. Боднар, С. Й. Ткаченко, О. В. Дахновська // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2012. – № 4.
3. Бабенко Г. С. Слоевое сжигание низкосортных углей с высоким влажосодержанием в механизированных топках водогрейных котлов малой мощности / Г. С. Бабенко, Г. А. Захаров // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2017. – №4. – С. 44 – 55.
4. Каменецкий Б. Я. Выбор оптимального избытка воздуха слоевых топков котлов/Б. Я. Каменецкий // Промышленная энергетика. – 2010. – № 9. - С.24-25
5. Каменецкий Б. Я. О применимости нормативного метода расчета топочного теплообмена к слоевым топкам/Б. Я. Каменецкий // Теплоэнергетика. – 2006. – №2. - С.58 - 61
6. Каменецкий Б. Я. Оптимизация воздушного режима слоевых топков /Б. Я. Каменецкий // Теплоэнергетика. – 2006. – № 6. – С. 60 – 62
7. Каменецкий Б. Я. Эксплуатационные показатели котлов со слоевыми топками /Б. Я. Каменецкий // Промышленная энергетика. – 2009. – № 10. - С.23-26
8. Каменецкий Б. Я. Закономерности выгорания твердого топлива в неподвижном слое /Б. Я. Каменецкий // Промышленная энергетика. – 2013. – № 5.-С.21-26
9. Жумагулов М. Г. К вопросу о математическом моделировании процессов теплопередачи в движущемся слое коксующихся частиц/М. Г. Жумагулов, А. С. Никифоров, А. Г. Калиакпаров // Промышленная энергетика. – 2009. – № 6. – С. 36 – 40.
10. Каменецкий Б. Я. Стадии горения полифракционного топлива в слое / Б. Я. Каменецкий // Теплоэнергетика. – 2009. – № 6. – С.22 – 25.
11. Карницкий Н.Б. Проблемы сжигания местных видов топлива в котлах со слоевыми топками/ Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединенных сил. – 2011. – № 6. – С.47 – 55.
12. Тайлашева Т. С. Оценка условий сжигания высоковлажного непроектного топлива в камерной топке на основе численного моделирования/ Т. С. Тайлашева// Известия Томского политехнического университета. – 2016. – № 1. – С. 121 – 127.
13. Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод). Под ред. С. И. Мочана. Изд. 3-е. – Л. : Энергия, 1977. – 256 с.
14. Тепловой расчет котлоагрегатов (нормативный метод). Санкт-Петербург: НПО ЦКТИ, 1998.

Боднар Лілія Анатоліївна, к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики ВНТУ. e-mail: Bodnar06@ukr.net

Сологуб Тетяна Анатоліївна, студентка групи ТЕ-15 м, факультет будівництва, теплоенергетики та теплогазопостачання, Вінницький національний технічний університет. e-mail: tasologub@gmail.com

Bodnar Lilia, Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Bodnar06@ukr.net.

Sologub T. – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University.