

УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ ДИМОВИХ ГАЗІВ ПІСЛЯ ПАРОГЕНЕРАТОРА НА БІОМАСІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконано моделювання теплоти, утилізованої з димових газів в циклоні типу ЦН-15-900 після парогенератора на біомасі у CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation. Отримано залежність теплового потоку у вбудованому теплообміннику-утилізаторі від швидкості та температури димових газів на вході у циклон.

Ключові слова: *циклон-утилізатор, біомаса, димові гази.*

Abstract

The heat utilized from flue gases in a cyclone of the TsN-15-900 type after a biomass steam generator was modeled using the CFD package SolidWorks Flow Simulation. The dependence of the heat flux in the built-in heat exchanger-utilizer on the speed and temperature of flue gases at the cyclone inlet was obtained.

Key words: *cyclone recovery, biomass, flue gases.*

Вступ

Сьогодні однією з найбільш актуальних екологічних проблем вважається насичення повітряного басейну промисловими викидами. Для якісного вирішення цієї проблеми необхідно розглядати весь комплекс питань, які вона породжує, це, зокрема, види забруднень атмосфери і їхні властивості, нормування якості повітря й викидів, принципи утворення забруднювачів, зміна складу викидів в атмосфері, фізичні й хімічні процеси газоочищення, конструкція газоочисного устаткування й розробка технологій газоочищення, утилізація вловлених продуктів тощо.

Поширена на даний час тенденція переведення промислових парогенераторів на спалювання твердої біомаси [1], яка вважається вуглецево-нейтральним паливом, усуває проблему не повністю, оскільки при її спалюванні у навколишнє середовище виділяється оксиди азоту NO_x , леткі органічні сполуки, діоксини, тверді частинки. Крім того, під час спалювання біомаси на виході із теплогенераторів димові гази маю значно вищу температуру, ніж при спалюванні природного газу, що призводить до більшого теплового забруднення навколишнього середовища. Влаштування фільтруючих систем дозволяє зменшити забруднення повітря твердими частинками. Для зменшення теплового забруднення можна використати або окремі конструкції утилізаторів, або вбудовані утилізатори теплоти у корпус циклона, так звані циклони-утилізатори.

Мета роботи – дослідити залежність утилізованої теплоти димових газів у циклоні-утилізаторі від зміни температурних і швидкісних показників на вході у циклон.

Результати досліджень

Для виконання поставленої мети виконано тривимірне моделювання циклона-утилізатора типу ЦН-15-900 [2] в системі автоматизованого проектування SolidWorks (рис. 1), розміщення геометричної моделі циклона в розрахунковій області для розв'язання внутрішньої або зовнішньої задачі; введення умов

однозначності; формування цілей; вибір типу, розмірів твердих частинок та умов на стінках для розрахунку ефективності циклона; візуалізація результатів через траєкторії потоку, картини в перерізі, поверхневі параметри [3].

Під час дослідження у Solidworks Flow Simulation були прийняті умови однозначності: фізичні – середовища дослідження повітря, вода; матеріал стінок – вуглецева сталь; граничні умови: діапазон швидкостей потоку відхідних газів котла на вході в циклон – 8, 12,5, 17 і 21 м/с, температура газів на вході в циклон – $t'_r = 140, 160, 180, 200, ^\circ\text{C}$, повний тиск – 101325 Па; масова витрата мережної води на входів теплообмінник – $G_B = 1,5 \text{ кг/с}$; температура води на вході в теплообмінник – $20 ^\circ\text{C}$.

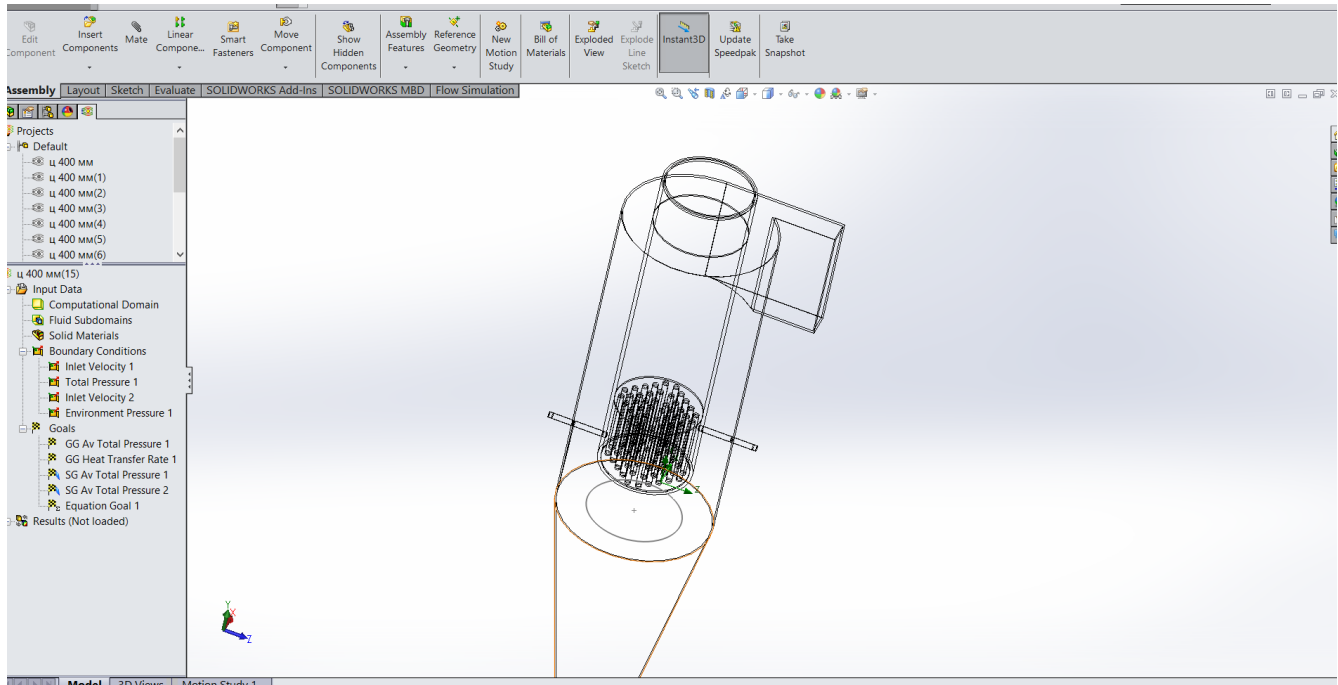


Рисунок 1 – Модель циклона утилізатора у Solidworks.

Якщо основною задачею циклона [4, 5] є ефективне очищення димових газів від твердих частинок, то для виконання додаткової функції у циклон вбудовано теплообмінник-утилізатор. Конструктивно теплообмінник-утилізатор складається із 52 трубок діаметром 32 мм і довжиною 400 мм, які із внутрішньої поверхні омиваються продуктами згорання біопалива, а із зовнішнього боку – водою.

Передавання теплоти від більш нагрітого теплоносія (димових газів) до менш нагрітого (води) через стінку, що їх розділяє називається теплопередачею і характеризується основним рівнянням теплопередачі

$$q = K \cdot F \cdot \overline{\Delta t}, \quad (1)$$

де q – кількість теплоти, що передається від більш нагрітого теплоносія за одиницю часу, Вт;

K – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$;

$\overline{\Delta t}$ – температурний напір, К.

Оцінка впливу витратних і температурних параметрів відхідних газів на тепловий потік у теплообміннику проводилася у модулі Flow Simulation (рис. 2, рис. 3).

Аналізуючи результати, представлені на рис. 2, можна впевнено сказати, що чим вища швидкість (зростання що із збільшенням швидкості потоку із 8,6 до 21 м/с) тим вищий показник теплового потоку (збільшується на 64,8...85 %) а це можна пояснити тим, що чим вища швидкість тим частіше і більш інтенсивніше омиваються внутрішні стінки труб в теплообміннику гарячими димовими газами.

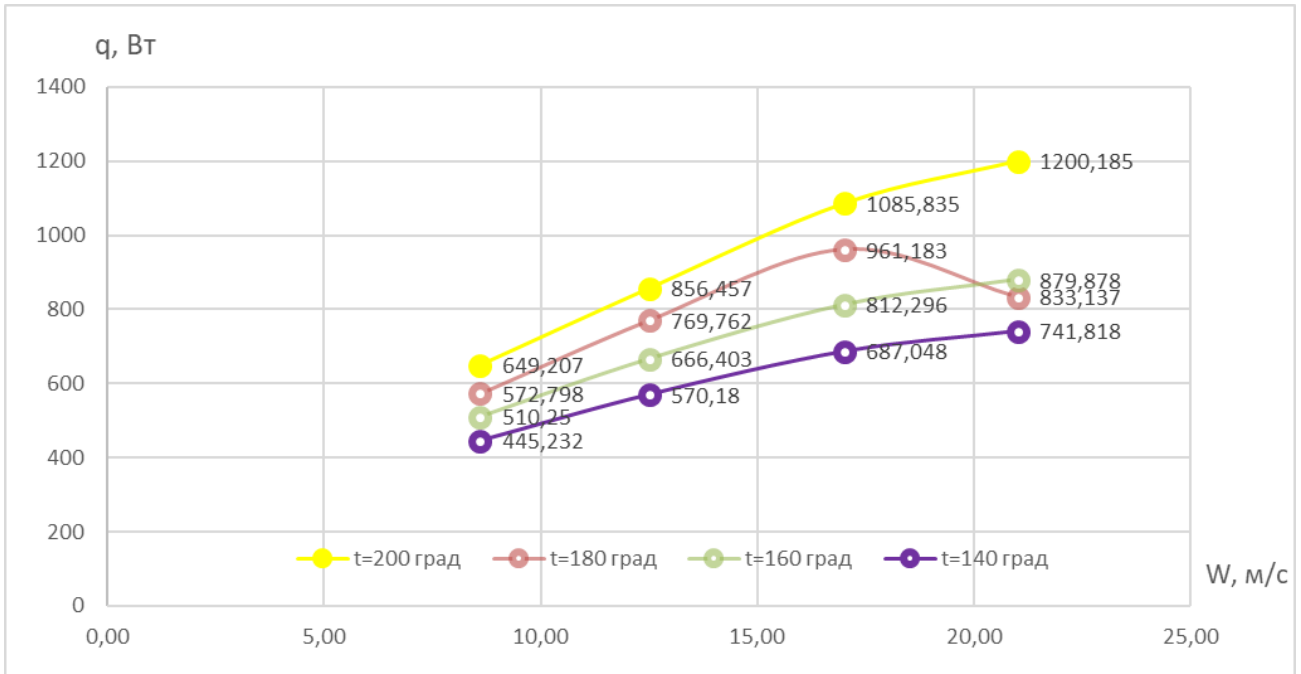


Рисунок 2 – Залежність теплового потоку від швидкості газів на вході.

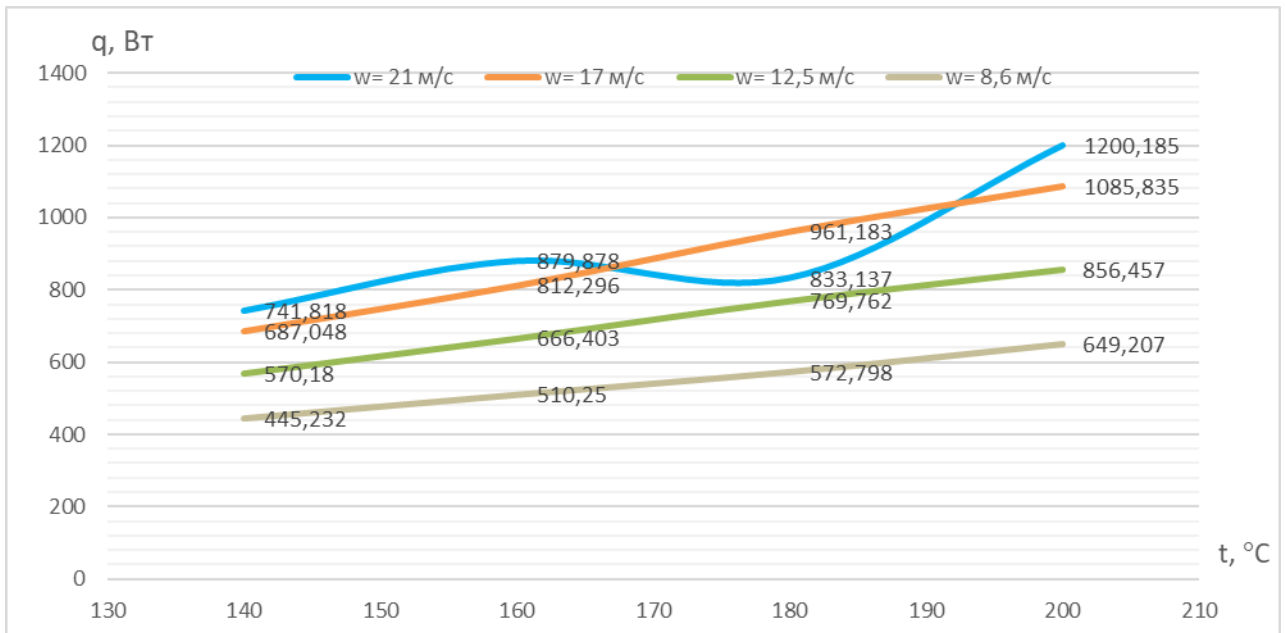


Рисунок 6 – Залежність теплового потоку від температури газів на вході.

Аналогічно із швидкістю показник теплового потоку зростає залежно від збільшення температури газів (із збільшенням температури із 140 до 200 °C за сталої швидкості – збільшується на 45,8...61,8 %) на вході

в циклон це можна спостерігати на наведених графіках. Це пояснюється тим, що чим більша температура газів тим більше теплоти буде сприйматися зовнішньою стінкою трубки.

Висновки

Виконано моделювання циклону типу ЦН-15-900, що застосовується для очищення відхідних газів від парогенератора на біомасі, і його режимів роботи, в CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation. За результатами моделювання отримано фізичні величин, за якими визначено тепловий потік теплообмінника. Встановлено, що із збільшенням швидкості потоку із 8,6 до 21 м/с за сталої його температури тепловий потік збільшується на 64,8...85 %, а із збільшенням температури із 140 до 200 °С за сталої швидкості – збільшується на 45,8...61,8 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Степанова Н.Д., Глеба Я.О., Чернобай О.С. Екологічні та економічні питання переведення промислової парової котельні на спалювання біомаси. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Енергоефективність в галузях економіки України – 2023*, 21 – 23 листопада 2023 р., Вінниця: ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/view/19481> (дата звернення 18.11.2024)
2. Циклон ЦН-15-900х2УП. URL: <https://ventoprom.com.ua/product/cn-15-900-2up-ciklon/> (дата звернення 18.11.2023)
3. Степанова Н.Д., Глеба Я.О. Ефективність очищення димових газів в циклоні-утилізаторі після парогенератора на біомасі. *Матеріали ЛІІІ Науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії ВНТУ*, 20 – 22 березня 2024 р., Вінниця: ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/17733> (дата звернення 18.11.2024)
4. Ляшеник А. В. Обґрунтування конструкції циклона для очищення повітря на підприємствах деревообробної галузі / А. В. Ляшеник, Л. О. Тисовський, Л. М. Дорундяк, Ю. Р. Дадак // Науковий вісник НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.9. – С. 119-125.
5. Батлук В. А. Наукові основи створення високоефективного пиловловлюючого обладнання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 05.05.02 "Машини для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій" / Батлук Вікторія Арсеніївна; НУ "Львівська політехніка". – Львів : НУ "Львівська політехніка", 2001. – 40 с.

Степанова Наталія Дмитрівна – к. т. н., доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Stepanovand@i.ua

Глеба Ярослав Олександрович – студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail; yaroslavg1389@gmail.com

Паламарчук Микола Олександрович, аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: padamarcukn@gmail.com

Stepanova Nataliya D., Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsya, Stepanovand@i.ua

Gleba Yaroslav Oleksandrovych - student of the Department of Heat Power Engineering, Vinnitsya National Technical University, Vinnitsya, e-mail; yaroslavg1389@gmail.com

Palamarchuk Mykola O., postgraduate student of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnitsya National Technical University, Vinnitsya, email : padamarcukn@gmail.com