

Крот О.П., Крот О.Ю.*Харківський національний університет будівництва та архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: bjieknuca@gmail.com)***ВПЛИВ МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ НА ПРОЦЕСИ ЇХ ТЕРМІЧНОГО ЗНЕШКОДЖЕННЯ**

Розглянуто термічне знешкодження відходів як альтернативне рішення поводження з відходами. Була використана методика узагальнення елементного складу відходів в чотирьох основних категоріях: паперові відходи, пластмаси, харчові і рослинні відходи, текстиль-шкіра-гума. Формулювання модельованих відходів базувалися на даних, зібраних з фактичного дослідження їх характеристик, проведеного в Харкові у 2015 році. Було проведено порівняння зі значеннями вищої та нижчої теплоти згоряння. Проаналізовано дані морфологічного і елементного складу відходів, а також проведені розрахунки залежності теплоти згоряння відходів від змісту різних компонентів.

Ключові слова: тверді побутові відходи, термічне знешкодження, теплотворна здатність, відходи в енергію, альтернативне паливо.

Вступ. Кількість накопичених на звалищах твердих побутових відходів (ТПВ) в Україні збільшується (12 мільйонів тон сміття щорічно), що призводить до забруднення усіх компонентів біосфери. Захоронення на звалищах є загально прийнятим методом утилізації ТПВ, в основному це відкритий спосіб зберігання. В середньому по Україні кожен українець протягом року накопичує до 268÷300 кг побутових відходів. За прогнозними оцінками [1] у складі ТПВ в Україні протягом року накопичуються такі компоненти: полімерні побутові відходи – 750÷800 тис. т; папір, картон – 1,5 млн. т; склотара і склобій – 1 млн. т; кольорові метали – 30 тис. т; чорні метали – 36 тис. т; харчові відходи – до 1 млн. т. В Харкові щорічно накопичується ресурсно-сировинних компонентів, з загальної кількості накопичених відходів: полімерні відходи – 25,9 тис. т/рік; папір, картон – 37,1 тис. т/рік; склотара і склобій – 45,9 тис. т/рік; кольорові метали – 9,8 тис. т/рік; чорні метали – 18,6 тис. т/рік [1].

За останні роки просліджується тенденція до скорочення долі харчових відходів, а відсоток полімерних матеріалів збільшується, також збільшується вміст паперу і картону (за рахунок загального збільшення тари та пакування), а вміст металів зменшується. Щодо харчових відходів спостерігаються сезонні коливання (28% весною та 45% влітку та в восени).

Спалювання і отримання енергії (наприклад, для опалення будинків [2]) розглядаються як потенційна альтернатива для вирішення проблеми поводження з відходами. Знання фізичних характеристик та хімічного складу ТПВ має вирішальне значення, оскільки ці параметри впливають на загальну поведінку системи спалювання. ТПВ включають в себе екстремальні зміни розмірів і форм, тому для повного спалювання відходів потрібно більш тривалий час перебування у зоні згоряння. Фізичні та хімічні характеристики ТПВ важливі при проектуванні системи спалювання. Наприклад, інформація про вуглецевий, водневий і кисневий склад ТПВ дозволяє розрахувати: потребу в повітрі для повного згоряння, кількість надлишкового повітря для спалювання, кількість додаткового палива для запалювання відходів.

У багатьох роботах автори попередньо вивчали морфологічний склад ТПВ [3–6] і отримані моделі в таких дослідженнях орієнтувалися на конкретний матеріальний баланс. Такий підхід описує технологію тільки на локальному рівні. Деякі моделі передбачають розрахунок матеріально-теплогового балансу в окремих, послідовно розташованих теплових агрегатів, параметри на вході в кожний наступний визначається параметрами в попередньому [7–11]. Основна мета цих досліджень полягала в отри-

манні регресійної залежності, яка була прив'язана до оцінки теплотворної здатності ТПВ.

Теплотворну здатність ТПВ вивчали багато авторів [12,13]. Було встановлено, що теплотворна здатність сильно залежить від морфологічного складу, вологості і зольності відходу і коливається в широкому діапазоні від 4 до 15 МДж/кг.

У [14] статті експериментально проаналізовано ефективність італійської установки «енергія з відходів» невеликого розміру, що виробляє тільки електричну енергію. Сміттєспалювальний завод працює в центральній Італії з 2000 року та обробляє в середньому близько 42000 тонн залишкових відходів за рік. У роботі [15] наведено критичний аналіз впливу ефективності рекуперації енергії на баланс парникових газів на основі даних існуючих установок. Наприклад, в Австрії немає особливого критерію ефективності, але існує загальна нормативна потреба в комбінованому виробленні тепла і електроенергії на заводах по отриманню енергії з відходів. У роботі [16] була розроблена трапецієподібну радарну діаграму, яка забезпечує загальне рішення для усіх установок, що перетворюють відходи в енергію. Особливу увагу автори приділяють процесам газифікації й піролізу. Але ці технології більш підходять для таких відходів, як пластмаси, резина, тощо. Піроліз не рекомендується для загальних муніципальних відходів. Для термічного знешкодження відходів ефективно використовуються обертові печі [17].

Важливо визначити вміст енергії або теплотворну здатність відходів. Енергетична складова такого матеріалу, як тверді відходи, залежить від багатьох параметрів, а саме: фізичного складу відходів, вмісту вологи та вмісту золи. Теплотворна здатність служить як індикатор для визначення можливості використання відходів в якості палива, а висококалорійне значення є показником високоякісного палива. ТПВ вважаються низькокалорійним паливом у порівнянні з іншими видами (вугіллям, торфом, газом тощо). Високий вміст вологи знижує теплотворну здатність відходів, крім того високий вміст вологи може призвести до

поганого запалювання, зниження температури горіння та перешкоджати спалюванню продуктів реакції, що в свою чергу, впливає на якість горіння. Таким чином, при впровадженні процесу термічного знешкодження відходів необхідно врахувати фактори які впливають на підвищення теплотворної здатності ТПВ.

Матеріали і методи досліджень. Використання термічного знешкодження відходів має такі переваги: скорочення обсягу відходів (термічне спалювання обробляє громіздкі тверді складові відходів, одночасно зменшуючи їх обсяг в 10 разів і більше; це дозволяє ефективно використовувати землю, яку займають під звалища і значно поліпшити екологічне середовище міста); безпечна обробка відходів (під час спалювання відходи піддаються детоксикації; цей процес усуває небезпечні властивості горючих канцерогенів, патогенних організмів, токсичних органічних сполук і біологічно активних речовин); спалювання знищує потоки газоподібних і рідких відходів, залишаючи дуже мало залишків; відновлення енергії (отримання теплової та електричної енергії). В залежності від потужності сміттєспалювального заводу, річне виробництво електроенергії може забезпечити значну кількість споживачів. Зниження впливу на навколишнє середовище у порівнянні з захороненням на звалищах спостерігається у меншій кількості парникових газів. Згідно з аналізом Гарвардської школи громадської охорони здоров'я в Бостоні, штат Массачусетс, CO₂, що утворюється при спалюванні, істотно менше, ніж викид метану і CO₂, що утворюються при операціях захоронення відходів на звалищах.

Дослідження були розділені на три сегменти, а саме: методика складання та утилізації імітованих ТПВ, фізико-хімічні властивості імітованих ТПВ, визначення теплотворної здатності ТПВ. Спочатку була проведена категоризація і спрощення фактичних композицій ТПВ, і були обрані чотири основні категорії, які впливають на показник теплотворної здатності відходів. Перша група – органічні відходи (харчові

відходи, жири із закладів харчування, деревина, садові рослини); друга – паперові відходи (картонні коробки для харчових продуктів, газетний папір, коробки з гофрованого паперу, поштовий папір, грубий обгортковий папір, журнальний папір, вощений картон); третя – полімерні матеріали; четверта – галантерейна (текстиль, гума, шкіряні вироби). Інші відходи не враховуються в аналізі через незначний вплив на загальні характеристики ТПВ. Змодельовані компоненти відходів були визначені опираючись на однотипний елементний склад.

Визначення теплотворної здатності відходів. Теплоту згоряння визначають двома методами: експериментальним і розрахунковим. При експериментальному визначенні теплоти згоряння застосовують калориметри. Сутність експериментального методу визначення теплоти згоряння палива полягає в спалюванні проби досліджуваного палива (наприклад, ТПВ) в середовищі стисненого кисню в герметично закритому металевому посуді (калориметричних бомбі), зануреної в воду. При цьому вся теплота палива, що виділяється, сприймається водою і вимірюється. Знаючи масу води, зміни її температури можна обчислити теплоту згоряння. Цей метод хороший тим, що простий. Для визначення теплоти згоряння досить мати дані технічного аналізу. Недоліком методу є систематичні помилки, які обумовлені обмеженою точністю приладу, неправильним вибором методу вимірювання, неправильною установкою приладу або недообліком деяких зовнішніх чинників, наприклад теплообміну калориметра з зовнішнім середовищем при визначенні теплоти згоряння палива.

Теплотворну здатність відходів традиційно розраховують за емпіричною формулою Менделєєва:

$$Q_p^H = 4,18 \cdot (81C_p + 300H_p - 26(O_p - S_p) - 6(9H_p + W_p)) \quad (1)$$

де Q_p^H – нижча теплота згоряння ТПВ на робочу масу, кДж/кг; C_p – загальний вміст вуглецю, мас%; H_p – загальний вміст водню, мас%; O_p – загальний вміст кисню,

мас.%; S_p – загальний вміст сірки, мас.%; W_p – загальна вологість, мас.%

Вища теплота згоряння ТПВ може бути розрахована за формулою:

$$Q_p^B = Q_p^H + 25(9H_p + W_p), \quad (2)$$

Елементний склад ТПВ, визначається виходячи з його морфологічного складу за формулами:

$$C_{p_{sum}} = C_{p_1} \cdot I_1 + C_{p_2} \cdot I_2 + \dots + C_{p_{pn}} \cdot I_{pn}; \quad (3)$$

$$H_{p_{sum}} = H_{p_1} \cdot I_1 + H_{p_2} \cdot I_2 + \dots + H_{p_{pn}} \cdot I_{pn}; \quad (4)$$

$$O_{p_{sum}} = O_{p_1} \cdot I_1 + O_{p_2} \cdot I_2 + \dots + O_{p_{pn}} \cdot I_{pn}; \quad (5)$$

$$N_{p_{sum}} = N_{p_1} \cdot I_1 + N_{p_2} \cdot I_2 + \dots + N_{p_{pn}} \cdot I_{pn}; \quad (6)$$

$$S_{p_{sum}} = S_{p_1} \cdot I_1 + S_{p_2} \cdot I_2 + \dots + S_{p_{pn}} \cdot I_{pn}, \quad (7)$$

де $C_{p_1}, C_{p_2}, C_{p_3} \dots C_{p_n}$ – вміст вуглецю в кожному компоненті ТПВ, % (аналогічно і по іншим елементам); $I_1, I_2, I_3 \dots I_n$ – частки відповідних компонентів в загальній масі ТПВ, сума яких дорівнює 1; p – показник робочої маси ТПВ; n – порядковий номер компонента [18].

Вологість робочої масі кожного компонента відходу визначається за формулою:

$$W_{p_{sum}} = W_{p_1} \cdot I_1 + W_{p_2} \cdot I_2 + \dots + W_{p_{pn}} \cdot I_{pn} \quad (8)$$

Вміст золи в робочій масі кожного компонента відходу можна визначити за формулою:

$$A_{p_{sum}} = A_{p_1} \cdot I_1 + A_{p_2} \cdot I_2 + \dots + A_{p_{pn}} \cdot I_{pn}, \quad (9)$$

де A_p – вміст золи, %.

Необхідно відзначити, волога знижує якість палива, а саме зменшує його теплоту згоряння і ускладнює займання палива. Зола також знижує якість палива і перешкоджає повному згорянню палива, утворюючи на поверхні незгорілих частин відходів герметичний шар. В процесі спалювання відходів сміттєпереробний комплекс виділяє тепло, частина якого використовується для підсушування ТПВ з високою вологістю. Система підсушування дозволяє підвищити теплоту згоряння палива і зменшити подачу додаткового палива на підримку горіння.

Поділяють теоретичну (калориметричну) і практичну (дійсну) температури горіння відходів. Калориметричну температуру (температура, яку набувають продукти згоряння за умови, що вся теплота, яка

виділилася при повному згорянні одиниці палива, пішла на нагрівання тільки продуктів згоряння). Її визначають з рівняння теплового балансу, в нашому випадку вона дорівнює, °С:

$$t_{kal} = \frac{Q_H^p + I_T + I_{\text{возд}}}{V_{RO_2}^o \cdot c_{RO_2} + V_{N_2}^o \cdot c_{N_2} + V_{H_2O}^o \cdot c_{H_2O} + (\alpha - 1)V_{\text{возд}}^o \cdot c_{\text{возд}}}, \quad (10)$$

де Q_H^p - нижча теплота згоряння робочої маси відходів, c_{RO_2} , c_{N_2} , c_{H_2O} , $c_{\text{возд}}$ - теплоємності продуктів згоряння, відповідно двоатомних газів, азоту, води і повітря, кДж/(кг·К); I_T - ентальпія палива, кДж/кг, розраховується за формулою: $I_T = c_T \cdot t_T$; $I_{\text{возд}}$ - ентальпія повітря, кДж/кг, розраховується за формулою: $I_{\text{возд}} = V_{\text{возд}}^o \cdot \alpha \cdot c_{\text{возд}} \cdot t_{\text{возд}}$.

Дійсна температура згоряння, °С:

$$t_d = t_{kal} \left(1 - \frac{q_{\text{ном.вОС}}}{100}\right) (1 - \sigma), \quad (11)$$

де $q_{\text{ном.вОС}}$ – коефіцієнт, що враховує втрати в навколишнє середовище, %; σ – коефіцієнт, який враховує пряму віддачу (коефіцієнт долевого випромінювання газів), дорівнює 0,15.

Кількість теоретично необхідного повітря для повного згоряння 1 кг відходів розраховувалося за формулою:

$$V_{\text{возд}}^o = 0,088Cp_{\text{sum}} + 0,265Hp_{\text{sum}} + 0,033Sp_{\text{sum}} - 0,033Op_{\text{sum}} \quad (12)$$

Теоретичний об'єм азоту розраховувався за формулою, м³/кг:

$$V_{N_2}^o = 0,79V_{\text{возд}}^o \quad (13)$$

Теоретичний об'єм трьохатомних газів розраховувався за формулою, м³/кг:

$$V_{RO_2}^o = 1,866Cp_{\text{sum}} / 100 \quad (14)$$

Теоретичний об'єм водяної пари, м³/кг, розраховувався за формулою:

$$V_{H_2O}^o = 0,111Hp_{\text{sum}} + 0,0124Ap_{\text{sum}} + 0,0161V_{\text{возд}}^o \quad (15)$$

Сумарний теоретичний об'єм продуктів згоряння, м³/кг:

$$V_{\text{газов}}^o = V_{N_2}^o + V_{RO_2}^o + V_{H_2O}^o \quad (16)$$

Результати та обговорення досліджень. Методика узагальнення відходів використовувалася для зменшення складу відходів в чотирьох основних категоріях:

папір, пластмаси, харчові і рослинні відходи, текстиль-шкіра-гума. Ці композиції використовувалися в якості основи для складання імітованих ТПВ. Формулювання модельованих ТПВ базувалися на даних, зібраних з фактичного дослідження характеристик ТПВ, проведеного в Харкові у 2015 році [19], і було також проведено порівняння зі значеннями вищої та нижчої теплоти згоряння.

Аналіз зразків показав, що вуглець став найбільш домінуючим компонентом: 44,63 % – в папері; 74,5 % – у полімерних відходах; 55,54 % – в харчових відходах та 50,88 % – у галантерейних. За вуглецем слідує кисень: 41,15 % – в папері; 31,93 % – в харчових відходах та 17,3 % – у галантерейних, за винятком полімерних відходів – 3,98 %. Середній відсоток вмісту сірки і азоту в усіх категоріях був нижче 2,7 %. Пластик має найвищий вміст вуглецю (74,5 %). Тоді як пластик має найнижчий вміст кисню (3,98 %). Тим часом, найвищий водень міститься в пластиці (12 %). Золи більше утворюється з категорії - текстиль, гума, шкіряні вироби, складає 21,11 %.

Незважаючи на те, що в аналізі зразків була виявлена незначна частка азоту, вона може мати значний вплив на забруднення повітря шляхом утворення оксидів азоту. Пластик має найнижчий вміст азоту, сірка, яка може в процесі спалювання перетворюватися у SO₂ була присутня в невеликій кількості. Нижча теплота згоряння ТПВ в кДж/кг: органічні відходи – 21634,34; паперові відходи – 16432,39; полімерні матеріали – 37333,84; текстиль, гума, шкіряні вироби – 21796,51. В свою чергу вища теплота згоряння така: органічні відходи – 25208,53; паперові відходи – 18458,49; полімерні матеріали – 40233,84; текстиль, гума, шкіряні вироби – 23797,26. Розрахунки були проведені при вологості органічних відходів – 72 %; паперових – 25 %; полімерних – 8 %; текстилю, гуми, шкіряних виробів – 20 %.

Висновки. Імітований склад ТПВ, використана в цьому дослідженні, була складений на основі основних відходів, отриманих в результаті дослідження характеристик твердих побутових відходів, проведеного в

Харкові у 2015 році. Методика узагальнення була використана для оцінки властивостей імітованих ТПВ. Цей метод був розроблений для подолання гетерогенної складності реальних ТПВ. Композиції змодельованої ТПВ були узагальнені на чотири основні компоненти, що складаються з паперу (19%), пластику (25%), продуктів харчування (27%) і рослинних відходів (29%). Властивості модульованих ТПВ можуть бути репрезентативними для фактичних составів муніципальних твердих відходів.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бабаєв, В. М. Комплексна система управління у сфері поводження з твердими побутовими відходами [Текст] // В. М. Бабаєв, В. В. Панов, Я. М. Хайло, М. П. Горох // Комунальне господарство міст. – 2017. – Вип. 139. – С. 2-9.
2. Тарадай А. М. Модернизация системы отопления многоэтажного жилого дома в г. Чугуеве Харьковской области [Текст] // А. М. Тарадай, В. С. Бугай, Е. Д. Шахненко, С. В. Фомич // Науковий вісник будівництва. – 2018. – Т. 92, №2. – С. 259-264.
3. Kong W.M. Implementation of incineration for efficient waste reduction. International Conference on Advances in Environment Research, 2015, vol. 87, pp. 77-80. doi: 10.7763/IPCБЕЕ. 2015. V87. 14
4. Young G.C. Municipal solid waste to energy conversion processes: Economic, technical, and renewable comparisons. New Jersey, United States: John Wiley & Sons, Inc., 2010, 396p.
5. Malinauskaite J., Jouhara H., Czajczyńska D., Stanchev P., Katsou E., Rostkowski P., Thorne R.J., Colón J., Ponsá S., Al-Mansour F., Anguilano L., Krzyżyńska R., López I.C., Vlasopoulos A., Spencer N. Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. Energy, 2017, vol. 141, pp. 77-80. doi:10.1016/j.energy.2017.11.128.
6. Consonni S., Viganò F. Material and energy recovery in integrated waste management systems: The potential for energy recovery. Waste Management, 2011, vol. 31, pp. 2074–2084. doi: 10.1016/j.wasman.2011.05.013
7. Ainie Khuriati, Wahyu Setia Budi1, Muhammad Nur1, Istadi Istadi1, and Gatot Suwoto. Modeling of heating value of municipal solid waste based on ultimate analysis using stepwise multiple linear regression in Semarang. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2017, vol. 12, no. 9, pp. 2870-2876.
8. Jean Fidele NZIHOU, Salou Hamidou, Medard Bouda, Jean Kouliadiati, B. Gerard Segda. Using Dulong and Vandralek Formulas to Estimate the Calorific Heating Value of a Household Waste Model. International Journal of Scientific & Engineering Research, 2014, vol.5, is. 1, pp. 1878-1883.
9. Johari A., Generalization, formulation and heat contents of simulated MSW with high moisture content [Text] / A. Johari, H. Hashim, R. Mat, H. Alias, M. H. Hassim, M. Rozainee. // Journal of Engineering Science and Technology. – 2012. – Vol. 7, No. 6. – P. 701-710.
10. Shubham Gupta, R. S. Mishra. Estimation of Electrical Energy Generation from Waste to Energy using Incineration Technology. International Journal of Advance Research and Innovation, 2015, vol. 3, is. 4, pp. 631-634.
11. Ujam A.J., Eboh F., Chime T.O. Effective utilization of a small-scale municipal solid waste for power generation. Journal of Asian Scientific Research, 2013, vol. 3(1), pp.18-34. Available at: <http://aessweb.com/journal-detail.php?id=5003>.
12. Kong W. M. Implementation of incineration for efficient waste reduction. International Conference on Advances in Environment Research. 2015. Vol. 87. P. 77 – 80. Doi: 10.7763/IPCБЕЕ. 2015. V87. 14.
13. Young G. C. Municipal solid waste to energy conversion processes: Economic, technical, and renewable comparisons. New Jersey, United States: John Wiley & Sons, Inc., 2010, 396p.
14. Francesco D. M, Stefano Contini, Gianni Bidini, Antonio Boncompagni, Marzio Lasagni, Federico Sisani. Energetic efficiency of an existing waste to energy power plant. Energy Procedia. 2016. №101. P. 1175–1182. Doi: 10.1016/j.egypro.2016.11.159.
15. Gohlke O. Efficiency of energy recovery from municipal solid waste and the resultant effect on the greenhouse gas balance. Waste Management & Research. 2009. №27. P.894–906. Doi: 10.1177/073 4242X09349857.
16. Vakalis S., Moustakas K., Loizidou M., Assessing the 3T method as a replacement to R1 formula for measuring the efficiency of waste-to-energy plants (Greece). 5th International Conference on Sustainable Solid Waste Management 21–24 June 2017 Athens,

- Greece. – available at: <http://athens2017.uest.gr/>
17. Крот О.П., Ровенский А. И. Моделирование установок с вращающейся печью для термического обезвреживания отходов // Проблемы региональной энергетики, Молдова, 2018. – №1 (36). – С44-57. DOI: 10.5281/zenodo.1217255.
 18. Твердые бытовые отходы (сбор, транспорт и обезвреживание) : справочник / В. Г. Систер, А. Н. Мирный, Л. С. Скворцов, Н. Ф. Абрамов, Х. Н. Никогосов. – Москва : АКХ им. К. Д. Панфилова, 2001. – 319 с.
 19. Екологізація технологій регенерування та утилізації відходів [Текст]: навч. посібник / І.В. Корінько, М.П. Горох, В.О. Вороненко, та ін.; під заг. ред. І.В. Корінька. – Х.: КП «ХВК» – ХНУМГ, 2015. – 492 с.

Крот О.П., Крот А.Ю. ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА ПРОЦЕССЫ ИХ ТЕРМИЧЕСКОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ. Рассмотрен метод термического обезвреживания отходов в качестве альтернативного решения обращения с отходами. Была использована методика обобщения элементного состава отходов в четырех основных категориях: бумажные отходы, пластмассы, пищевые и растительные отходы, текстиль-кожа-резина. Формулировка моделируемых отходов базировались на данных, собранных из фактического исследования их характеристик, проведенного

в Харькове в 2015 году. Было проведено сравнение со значениями высшей и низшей теплоты сгорания. Проанализированы данные морфологического и элементного состава бытовых отходов, а также проведены расчеты зависимости теплоты сгорания бытовых отходов от содержания различных компонентов.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, термическое обезвреживание, теплотворная способность, отходы в энергию, альтернативное топливо.

Krot O.P., Krot O.Yu. EFFECT OF THE MORPHOLOGICAL COMPOSITION OF MUNICIPAL SOLID WASTE ON THE INCINERATION PROCESSE. The method of incineration waste is considered as an alternative solution for waste management. A methodology to generalize the elemental composition of wastes in four main categories was used: paper waste, plastics, food and vegetable waste, textile-leather-rubber. The formulation of the simulated wastes was based on data collected from the actual study of their characteristics, conducted in Kharkiv in 2015. A comparison four main categories wastes on the higher calorific value and lower calorific value has been made. The data of the morphological and elemental composition of domestic wastes are analyzed, as well as the calculation of the dependence of the heat of combustion of municipal solid waste on the content of various components.

Keywords: municipal solid waste, incineration, calorific value, waste to energy, alternative fuel.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-93-3-269-275
УДК 614.8:62-05:613.6.027:364.26:331.582.2

Данова К.В.

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
(вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002, Україна, e-mail: bgd@kname.edu.ua)*

ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ОСІБ ІЗ ІНВАЛІДНІСТЮ В УМОВАХ ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

Будівельні роботи становлять високу небезпеку внаслідок впливу на працівників значної кількості небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Це призводить до того, що будівництво входить до п'ятірки найбільш травмонебезпечних галузей виробництва. Нещасні випадки, що відбуваються із працівниками при виконанні технологічних завдань, призводять до тяжких наслідків, зокрема отримання працівником інвалідності внаслідок стійкої втрати професійної працездатності. Законодавство України визначає, що роботодавець має працевлаштувати працівника із інвалідністю на підприємство та здійснити адаптацію робочого місця із урахуванням його фізичного та психічного стану. У разі недостатності належних заходів безпеки для цієї категорії працівників, виконання робіт працівником із інвалідністю пов'язано із зростанням рівня травматизму в цілому на підприємстві, що є неприйнятним для роботодавця. Складність вирішення цього завдання призводить до зростання чисельності осіб