

УДК 504.064.45+628.336.4/.047

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ СПОРУД І ОБЛАДНАННЯ ПРОЦЕСУ ЗНЕВОДНЕННЯ ШЛАМОВИХ ВІДХОДІВ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

А. В. Пасенко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: pasenko2000@ukr.net

Розроблено методику розрахунку обладнання й споруд щодо зневоднення та висушування шламу до 5ч 10 % вологості. Технологічна схема зневоднення передбачає обробку шламу у відстійниках, фільтрувальних установках, барабаних сушарках. Розроблена методика дозволяє встановити продуктивність відстійників, фільтрів, технологічні параметри сушильного апарату за означених умов низькотемпературного режиму конвективної сушки. Для визначення технологічних параметрів сушильного апарату та тривалості процесу сушки отримані графічні залежності часу сушки від температури сушильного агента (нагрітого повітря) й вихідної вологості матеріалу.

Ключові слова: відходи, шлам водоочищення теплоелектростанцій, зневоднення, методика розрахунку.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РАБОТЫ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СООРУЖЕНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ШЛАМОВЫХ ОТХОДОВ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

А. В. Пасенко

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: pasenko2000@ukr.net

Разработана методика расчета оборудования и сооружений обезвоживания и высушивания шлама до 5ч 10 % влажности. Технологическая схема обезвоживания предусматривает обработку шлама в отстойниках, фильтровальных установках, барабанных сушилках. Разработанная методика позволяет установить продуктивность отстойников, фильтров, технологические параметры сушильного аппарата при заданных условиях низкотемпературного режима конвективной сушки. Для определения технологических параметров сушильного аппарата и длительности процесса сушки получены графические зависимости времени сушки от температуры сушильного агента (нагретого воздуха) и исходной влажности материала.

Ключевые слова: отходы, шлам водоочистки теплоелектростанций, обезвоживание, методика расчета.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Над питанням підвищення екологічної безпеки експлуатації об'єктів теплоенергетики, реконструкції й удосконалення технологічної лінії очищення води на теплоелектростанції (ТЕС) зі зменшенням кількості шламових відходів працювали В.В. Жабо (1992), Л.С. Стерман (1999), І.Є. Воробйов (1999), О.І. Абрамов (2002), Г.Б. Варламов (2003), В.Л. Михайловський (2003), Н.А. Борисов (2005) та ін. вітчизняні й зарубіжні вчені.

З урахуванням переваг й недоліків попередніх розробок у роботі було обрано екологічно та економічно доцільний спосіб зменшення обсягів накопичення вказаних відходів на підприємствах теплоенергетики шляхом застосування шламових відходів водоочищення ТЕС як вторинної сировини у виробництві тротуарної плитки з дотриманням вимог ресурсо- й енергозбереження, що передбачає зневоднення вказаних відходів із застосуванням вторинних енергоресурсів підприємства [1]. Процес зневоднення передбачає дві стадії: 1 стадія – попереднє короткочасне зневоднення матеріалу до 90 % вологості маловитратним седиментаційним способом із подальшим застосуванням методу фільтрування (видалення вологи до 30–50 %); 2 стадія – остаточне зневоднення шламу до 5–10 % вологості методом термічної сушки при утилізації теплової енергії відпрацьованих газів і водяної пари, що утворюється [2].

Виходячи з технічного оснащення розробленої системи зневоднення шламу водоочищення ТЕС, результатів експериментального дослідження й математичного моделювання кінетики процесу сушки шламу за умов низькотемпературного режиму [3], за мету роботи поставлено розробку методики

розрахунку режимів роботи та конструктивних параметрів обладнання вказаної технологічної схеми.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Вихідними даними для вибору обладнання, розрахунку його технологічних та конструктивних параметрів є продуктивність переробки шламових відходів Q (кг/год), вихідна вологість шламу W (%).

Першим процесом зневоднення шламу є відстоювання, яке здійснюється за допомогою відстійників безперервної дії з механізованим видаленням шламу.

Продуктивність відстійників розраховується за формулою:

$$Q_{\phi} = 3,6 \cdot H \cdot B \cdot u \cdot r_T \cdot q, \quad (1)$$

де H – висота відстійника, м; B – ширина зони відстоювання, м; u – подовжня швидкість частинок шламу, м/с; r_T – щільність частинок шламу, кг/м³; q – ступінь рихлості матеріалу шламу ($q = 0,4 \div 0,6$).

Надалі шлам направляється на фільтрувальні установки для зневоднення до 30ч50%. Для цього можна використовувати дискові вакуум-фільтри: ДУ 80–2,7 «Україна»; Д 140–3,5У «Горняк»; ДУ 250–3,75 «Сибір» з поверхнею фільтрування від 80 м² до 250 м².

Продуктивність таких фільтрів визначається за формулою:

$$Q_{\phi} = 3,6K \cdot F \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p m \cdot n j_{\phi}}{m \cdot r}}, \quad (2)$$

де K – коефіцієнт пропорційності, $K = 0,8 \div 0,9$;

F – поверхня фільтрування, m^2 ; Δp – величина вакууму, Па; m – маса шламу при одержанні $1 m^3$ фільтрату, kg/m^3 ; n – частота обертання дисків, ($n = 390 \div 400$), xv^{-1} ; j_ϕ – відносна величина зони фільтрування, ($j_\phi = 90 \div 120^\circ$); m – густина фільтрату, Па·с; r – опір осаду, m^{-1} .

Третім етапом переробки відходів є висушування шламу в барабанних сушарках, що характеризується навантаженням об'єму барабану за вологістю:

$$A = \frac{W}{V_\phi}, \quad (3)$$

де W – маса вологи, яка видаляється зі шламу, $kg/год$; V_ϕ – внутрішній об'єм барабана, m^3 .

Для визначення конструктивних параметрів такої сушарки необхідно визначити залежність часу, який необхідний для сушки матеріалу залежно від температури сушильного агента. Як теплоносії запропоновано використовувати відпрацьовані котлогази теплоелектростанції для підігріву повітря, за допомогою якого забезпечується конвективна низькотемпературна сушка матеріалу у барабані сушарки. Час перебування шламу в барабані за умов означеної температури сушильного агента визначається за формулою:

$$\begin{aligned} t(j) = & 0,94t(j-1) + 57,5882 - 77,4973 \cdot W_\phi(j) + \\ & + 19,851 \cdot W(j) - 31,0382 \cdot T(j) - 33,0274 \cdot m(j) + \\ & + 8,62611 \cdot W_\phi^2(j) - 10,8771 \cdot W_\phi(j) \cdot W(j) + \\ & + 45,4373 \cdot W_\phi(j) \cdot T(j) + 9,00281 \cdot W^2(j) - \\ & - 20,486 \cdot W(j) \cdot T(j) + 20,0715 \cdot W(j) \cdot m(j) + \\ & + 3,65326 \cdot T^2(j) + 20,919 \cdot m^2(j) - \\ & - 54,1329 + 72,8475 \cdot W_\phi(j-1) - 18,6599 \cdot W(j-1) + \\ & + 29,1759 \cdot T(j-1) + 31,0458 \cdot m(j-1) - \\ & - 8,1085 \cdot W_\phi^2(j-1) + 10,2244 \cdot W_\phi(j-1) \cdot W(j-1) - \\ & - 42,7110 \cdot W_\phi(j-1) \cdot T(j-1) - 8,4626 \cdot W^2(j-1) + \\ & + 19,2568 \cdot W(j-1) \cdot T(j-1) - \\ & - 18,8672 \cdot W(j-1) \cdot m(j-1) - \\ & - 3,434 \cdot T^2(j-1) - 19,6639 \cdot m^2(j-1), \end{aligned} \quad (4)$$

де W_ϕ – вологість шламу, %; W – початкова вологість шламу, що висушується, %; T – температура сушки, $^\circ C$; t – час сушки шламу, xv ; m – маса шламу, що висушується, $г$.

Графічні розв'язання цього рівняння для визначеного у проведених дослідях діапазону температур сушки ($+60$ ч $100^\circ C$) та вихідної вологості шламу (30 ч 45%) представлені на рис. 1–5.

Довжина барабана дорівнює:

$$L = \frac{4W}{pd^2 A}; \quad L = u \cdot t, \quad (6)$$

де u – аксіальна швидкість руху шламу в сушарці, m/c ; t – час перебування матеріалу в барабані сушарки, $с$.

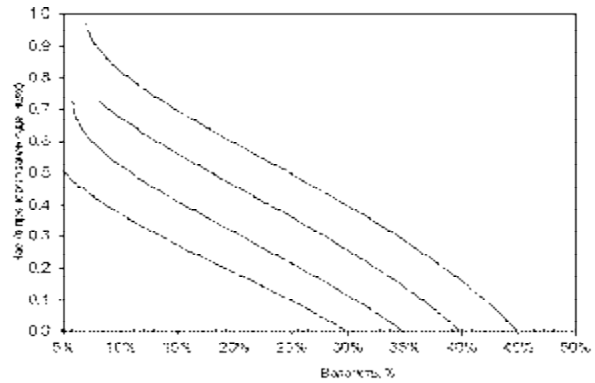


Рисунок 1 – Час сушки шламу нагрітим повітрям при температурі $60^\circ C$

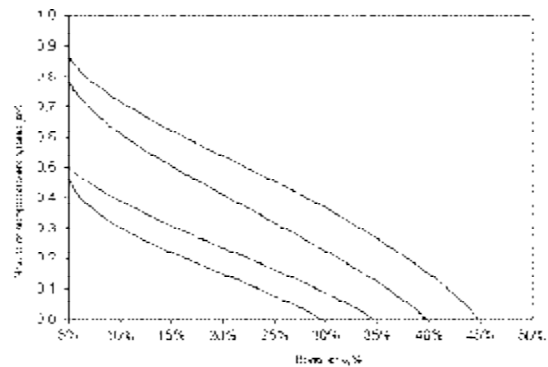


Рисунок 2 – Час сушки шламу нагрітим повітрям при температурі $70^\circ C$

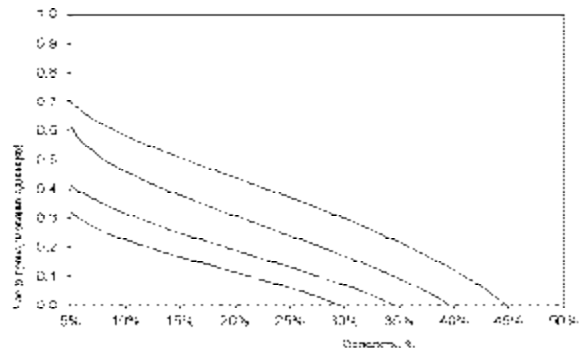


Рисунок 3 – Час сушки шламу нагрітим повітрям при температурі $80^\circ C$

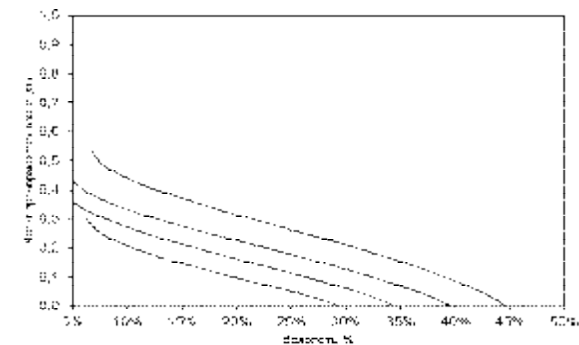


Рисунок 4 – Час сушки шламу нагрітим повітрям при температурі $90^\circ C$

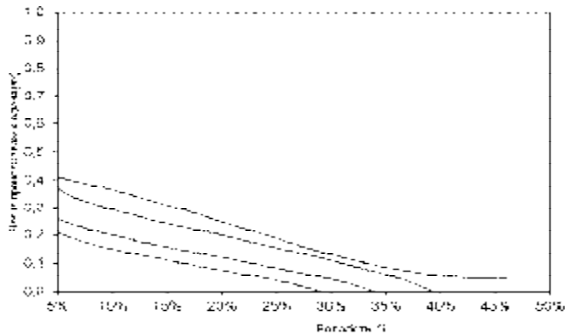


Рисунок 5 – Час сушки шламу нагрітим повітрям при температурі 100 °С

Діаметр барабану визначається за формулою:

$$d = \frac{0,188}{\sqrt{100 - b}} \cdot \sqrt{V_G} \cdot u_G, \quad (5)$$

де V_G – об’єм газу, який виходить з барабану, м³/год; u_G – швидкість газу при виході з сушарки, м/с; b – коефіцієнт заповнення барабану ($b = 0,15 \div 0,25$).

Виходячи з часу перебування шламу в сушильному барабані, визначаємо аксіальну швидкість руху шламу, яка забезпечується параметрами сушильного апарату (швидкістю обертання барабану, кутом нахилу барабану), за формулою:

$$u = \frac{L}{t} = \frac{4W}{pd^2 \cdot A \cdot t}. \quad (7)$$

Розрахунок аксіальної швидкості руху шламу у сушарці згідно з формулою (7) й визначеного часу за виразом (4) та графічними залежностями (рис. 1–5) дозволяє встановити технологічні параметри сушарки за означених умов сушки, при цьому частота обертання барабану не повинна перевищувати 5 хв⁻¹.

THE METHOD OF CALCULATION OF OPERATING MODES AND DESIGN PARAMETERS OF FACILITIES AND EQUIPMENT FOR DEHYDRATION OF SEWAGE SLUDGE OF THERMAL POWER PLANT

A. Pasenko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: pasenko2000@ukr.net

The method of analysis of the equipment and facilities for dewatering and drying of sewage sludge up to 5410% of moisture content is worked out. The dehydration flowsheet implies sludge treatment in slurry tanks, filtrating plants, and dryers. The developed method allows support the productivity of slurry tanks, filters and technological parameters of dryers at the specified low-temperature mode of the convective drying. For determination of technological parameters of dryers the graphic dependences of time of drying on the drying agent (heated air) temperature and initial humidity of material are obtained, that allows define the drying duration.

Key words: waste, sludge waste of thermal power plants, dewatering, method of calculation.

REFERENCES

1. Pasenko A.V. Using of sewage sludge of thermal power plants in paving slabs production // *Transactions of KrNU*. – Iss. 6/2011 (71). – Kremenchuk, 2011. – PP. 157–160. [in Ukrainian]
2. Pasenko A.V., Korobochka A.N. Defuzing of sludge waste of water treatment systems of power-stations // *Collected works of Dniprodzerzhinsk State*

Для запобігання виносу шламу, який висушується, при виході з барабану швидкість руху сушильного агента – повітря u_G не повинна перевищувати 2 – 3 м/с.

ВИСНОВКИ. 1. Розроблена методика розрахунку режимів роботи та конструктивних параметрів обладнання системи зневоднення шламу водоочищення ТЕС з отриманням матеріалу до 5–10 % вологості дозволяє встановити технологічні параметри сушильного апарату за означених умов низькотемпературного режиму конвективної сушки.

2. Для визначення технологічних параметрів сушильного апарату отримані графічні залежності часу сушки від температури сушильного агента (нагрітого повітря) й вихідної вологості матеріалу, що дозволяє визначити тривалість процесу сушки.

3. Згідно з розробленою методикою аксіальну швидкість руху шламу у сушарці розраховують з урахуванням експериментально отриманих даних тривалості сушки матеріалу за умов різних технологічних режимів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пасенко А.В. Застосування шламових відходів водоочищення теплоелектростанцій у виробництві тротуарної плитки // *Вісник Кременчуцького національного університету*. – Вип. 6/2011 (71). – Kremenchuk, 2011. – С. 157–160.
2. Пасенко А.В., Коробочка А.Н. Обезвреживание шламовых отходов систем водоподготовки электростанций // *Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету*. – 2008. – Вип. 1(9). – С. 240–243.
3. Костина Н.С., Пасенко А.В. Дослідження змін основних параметрів сушки шламових відходів водоочищення ТЕЦ // *Нові перспективи*. – 2010. – № 1 (1). – С. 91–96.

Technical University. – 2008. – Iss. 1(9). – PP. 240–243. [in Russian]

3. Kostyna N.S., Pasenko A.V. Study of changes of drying main options of sewage sludge of CHP // *New perspectives*. – 2010. – № 1 (1). – PP. 91–96. [in Ukrainian]

Стаття надійшла 17.10.2012.

Рекомендовано до друку
к.т.н., доц. Бахаревим В.С.