

Березюк О.В.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ШНЕКОВЫМ ПРЕССОМ

Винницкий национальный технический университет

Аннотация: Получены зависимости для определения оптимальных значений основных параметров процесса обезвоживания твердых бытовых отходов шнековым прессом от их свойств: начальных относительной влажности и плотности.

Ключевые слова: технико-экономические показатели, управление твердыми бытовыми отходами, математическое моделирование, обезвоживание, энергоемкость, шнековый пресс.

Abstract: Dependencies were obtained to determine the optimal values of the basic parameters of the dehydration process of municipal solid waste by a screw press from their properties: initial relative humidity and density.

Keywords: technical and economic indicators, municipal solid waste management, mathematical modeling, dehydration, energy consumption, auger press.

Сегодня важным вопросом является управление твердыми бытовыми отходами (ТБО), которые, в отличие от твердых промышленных отходов [1, 2], характеризуются рассредоточенностью и неоднородностью состава. Постановление Кабинета Министров Украины № 265 [3] сформировала основу для разработки Национальной стратегии обращения с ТБО в Украине. Поэтому получение зависимостей для определения оптимальных значений основных параметров процесса обезвоживания твердых бытовых отходов шнековым прессом от их свойств является актуальной научно-технической задачей как одной из составляющих для решения проблемы создания научно-технических основ проектирования высокоэффективных рабочих органов машин для сбора и первичной переработки твердых бытовых отходов.

Экономическая составляющая обращения с ТБО позволяет превратить отходы на полезное вторичное сырье [4]. В работе [5] рассмотрена возможность утилизации ТБО на имеющихся коммунальных ТЭЦ с генерирующей мощностью 12 МВт, способных работать на энергетическом топливе (смеси ТБО, обезвоженных до 20 % относительной влажности и каменного угля с массовой долей 16 %) с расчетной низшей теплотой сгорания 10,99 МДж/кг. Это позволит существенно сократить затраты местных бюджетов на отопление зданий и сооружений, а также на подогрев воды.

Начальная относительная влажность смешанных ТБО находится в пределах 39...53 %, пищевой фракции ТБО в весенне-летний период – 60...64 %, а в осенний – 75...92 % [6]. Поэтому для определения возможных путей снижения относительной влажности ТБО до 20 % проведено экспериментальное исследование процессов обезвоживания ТБО шнековым прессом [7, 8].

Используя планирование эксперимента с помощью ротатабельного центрального композиционного планирования второго порядка, применяя разработанное программное обеспечение, защищенное свидетельством на произведение и детально описанное в работе [9], после отбрасывания по критерию Стьюдента незначимых факторов и эффектов взаимодействий, получена в частности зависимость энергоемкости обезвоживания ТБО шнековым прессом от основных параметров процесса [7]

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = & 1504 - 15,92w_0 + 0,3214\rho_0 - 1,069n - 2061\Delta_{uu} / D_{min} - 1947d_{min} / D_{min} + \\ & + 9,118 \cdot 10^{-4} w_0\rho_0 + 0,002142 w_0n + 18,12w_0\Delta_{uu} / D_{min} - 2,115w_0d_{min} / D_{min} + \\ & + 4,392 \cdot 10^{-4} \rho_0n - 2,005\rho_0\Delta_{uu} / D_{min} + 0,3361 \rho_0d_{min} / D_{min} + 0,09031 w_0^2 - 7,923 \times (1) \\ & \times 10^{-4} \rho_0^2 + 0,008241 n^2 + 104172 (\Delta_{uu} / D_{min})^2 + 1318 (d_{min} / D_{min})^2 \text{ [кВт}\cdot\text{ч/т]}, \end{aligned}$$

где \mathcal{E} – энергоемкость обезвоживания ТБО, кВт·ч/т; w_0 – начальная относительная влажность ТБО, %; ρ_0 – начальная плотность ТБО, кг/м³; n – частота обращения шнека, об/мин; Δ_{uu} – зазор между шнеком и корпусом, мм; d_{min} – диаметр сердечника шнека на последнем витке, мм; D_{min} – внешний диаметр шнека на последнем витке, мм.

Для нахождения оптимальных соотношений факторов влияния приравняем к нулю частные производные энергоемкости обезвоживания ТБО шнековым прессом (1) от основных параметров процесса

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial n} = \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial (\Delta_{uu} / D_{min})} = \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial (d_{min} / D_{min})} = 0. \quad (2)$$

В результате чего получены выражения для определения оптимальных значений основных параметров процесса обезвоживания ТБО шнековым прессом от свойств ТБО: начальных относительной влажности и плотности:

$$n_{opt} = 64,86 - 0,13w_0 - 0,02664\rho_0 \text{ [об/мин]}; \quad (3)$$

$$(\Delta_{uu} / D_{min})_{opt} = 9,892 \cdot 10^{-3} - 8,697 \cdot 10^{-5} w_0 + 9,624 \cdot 10^{-6} \rho_0; \quad (4)$$

$$(d_{min} / D_{min})_{opt} = 0,7386 + 8,024 \cdot 10^{-4} w_0 - 1,275 \cdot 10^{-4} \rho_0. \quad (5)$$

Полученные зависимости (1, 3-5) могут быть использованы при создании методики инженерных расчетов параметров машин и механизмов для обезвоживания ТБО.

Проведена оптимизация целевой функции – энергоемкости обезвоживания ТБО \mathcal{E} с помощью выражений (3-5) для таких параметров оптимизации: частота обращения шнека n , отношение радиального зазора между шнеком и корпусом к внешнему диаметру шнека на последнем витке Δ_{uu}/D_{min} , отношение диаметра сердечника шнека к его внешнему диаметру на

последнем витке d_{min}/D_{min} . Установлено, что минимальная энергоёмкость обезвоживания смешанных ТБО составляет $\mathcal{E}_{min} = 172,3...306,3$ кВт·ч/т или $396,1...704,1$ грн/т для таких оптимальных значений параметров технологического процесса обезвоживания: $n_{opt} = 51,84...54,73$ об/мин; $(\Delta_w/D_{min})_{opt} = (7,10...8,71) \cdot 10^{-3}$; $(d_{min}/D_{min})_{opt} = 0,710...0,765$, а для влажной фракции ТБО $\mathcal{E}_{min} = 30,7...158,5$ кВт·ч/т или $70,57...364,4$ грн/т для $n_{opt} = 36,91...47,20$ об/мин; $(\Delta_w/D_{min})_{opt} = (5,45...10,45) \cdot 10^{-3}$; $(d_{min}/D_{min})_{opt} = 0,740...0,757$. Как видно из результатов оптимизации энергоёмкость и стоимость обезвоживания влажной фракции ТБО в $1,93...5,61$ раза меньше чем для смешанных ТБО, что подтверждает необходимость их дифференциального (раздельного) сбора.

На рис. 1 показаны зависимости параметров оптимизации технологического процесса обезвоживания шнековым прессом от свойств ТБО: начальных относительной влажности w_0 и плотности ρ_0 , позволяющие наглядно проиллюстрировать полученные зависимости.

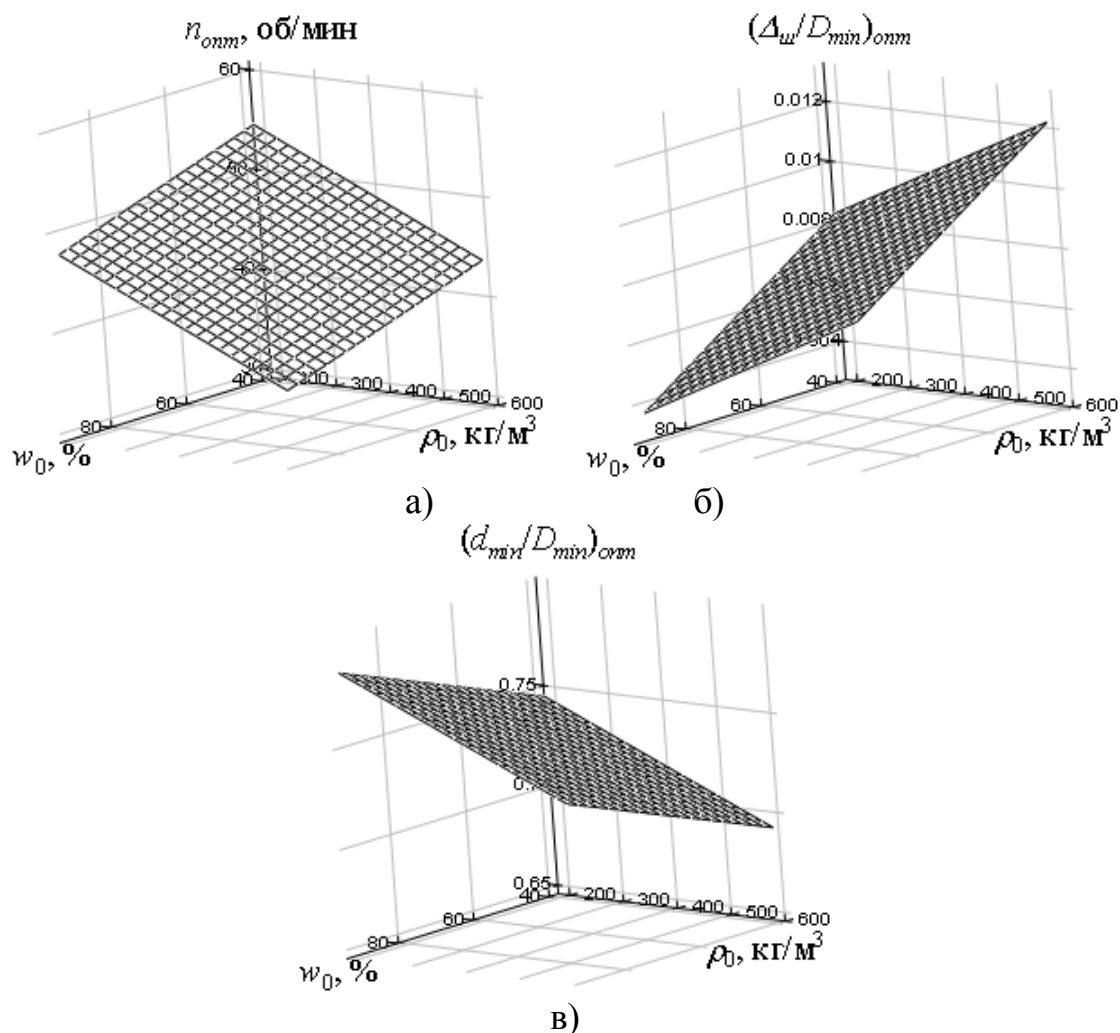


Рис. 1. Зависимости параметров оптимизации технологического процесса обезвоживания шнековым прессом от свойств ТБО: начальных относительной влажности w_0 и плотности ρ_0 : а) $n_{opt} = f(w_0, \rho_0)$; б) $(\Delta_w / D_{min})_{opt} = f(w_0, \rho_0)$; в) $(d_{min} / D_{min})_{opt} = f(w_0, \rho_0)$

Итак, получены зависимости для определения оптимальных значений основных параметров процесса обезвоживания твердых бытовых отходов шнековым прессом от их свойств: начальных относительной влажности и плотности, которые могут быть использованы при создании методики инженерных расчетов параметров машин и механизмов для обезвоживания твердых бытовых отходов. Установлено, что минимальная стоимость обезвоживания смешанных твердых бытовых отходов составляет 396,1...704,1 грн/т, а для влажной фракции твердых бытовых отходов 70,57...364,4 грн/т, что подтверждает необходимость их дифференциального (раздельного) сбора.

Список литературы

1. Лемешев М.С., Христин О.В., Зузяк С.Ю. Ресурсозберігаюча технологія виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. 2018. № 1. С. 18-23.

2. Ковальський В.П. Передумови активації золи-винесення відходами глиноземного виробництва // Наука і освіта : матеріали VIII міжнар. наук.-практ. конф., 7-21 лют. 2005 р. Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2005. С. 31-32.

3. Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами : постанова Кабінету Міністрів України від 4 бер. 2004 р. № 265 // Урядовий кур'єр. 2004. № 55.

4. Радькова О.С. Економічна складова поводження з твердими побутовими відходами в Україні: від проблем до можливостей // Публічне управління ХХІ століття: світові практики та національні перспективи : зб. тез XVIII Міжнар. наук. конгресу, 26 квіт. 2018 р. Х. : Магістр, 2018. С. 448.

5. Рижий В.К., Римар Т.І., Тимофєєв І.Л. Утилізація твердих побутових відходів на наявних комунальних ТЕЦ // Вісник НУ "Львівська політехніка". 2011. № 712. С. 17-22.

6. Варнавская И.В. Анализ условий образования и состава сточных вод полигонов твердых бытовых отходов // Экология и промышленность. 2008. № 1. С. 39-43.

7. Березюк О.В. Експериментальне дослідження процесів зневоднення твердих побутових відходів шнековим пресом // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2018. № 5. С. 18-24.

8. Bereziuk O.V., Lemeshev M.S., Bohachuk V.V., Duk M. Means for measuring relative humidity of municipal solid wastes based on the microcontroller Arduino UNO R3 // Proceedings of SPIE, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2018. 2018. Vol. 10808, No. 108083G.

9. Березюк О.В. Моделювання компресійної характеристики твердих побутових відходів у сміттєвозі на основі комп'ютерної програми "PlanExp" // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2016. № 6. С. 23-28.