УДК 004.02;519.673;629.361.3:62-82

Березюк О.В., *к.т.н., доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки*

ЧИСЛОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВІБРАЦІЙНОГО ГІДРОПРИВОДУ УЩІЛЬНЕННЯ ТПВ У СМІТТЄВОЗІ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Вінницький національний технічний університет, Україна

Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 265 [1], важливим є забезпечення застосування у комунальному господарстві країни сучасних високоефективних сміттєвозів, як основної ланки в структурі машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів (ТПВ).

З метою дослідження роботи приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки ТПВ в найбільш важких режимах використано методику імітаційного моделювання на ЕОМ. До таких критичних режимів слід віднести: початок та кінець руху виконавчих органів. Моделювання виконувалось з використанням середовища об'єктно-орієнтовного програмування Borland Delphi в операційному середовищі Windows.

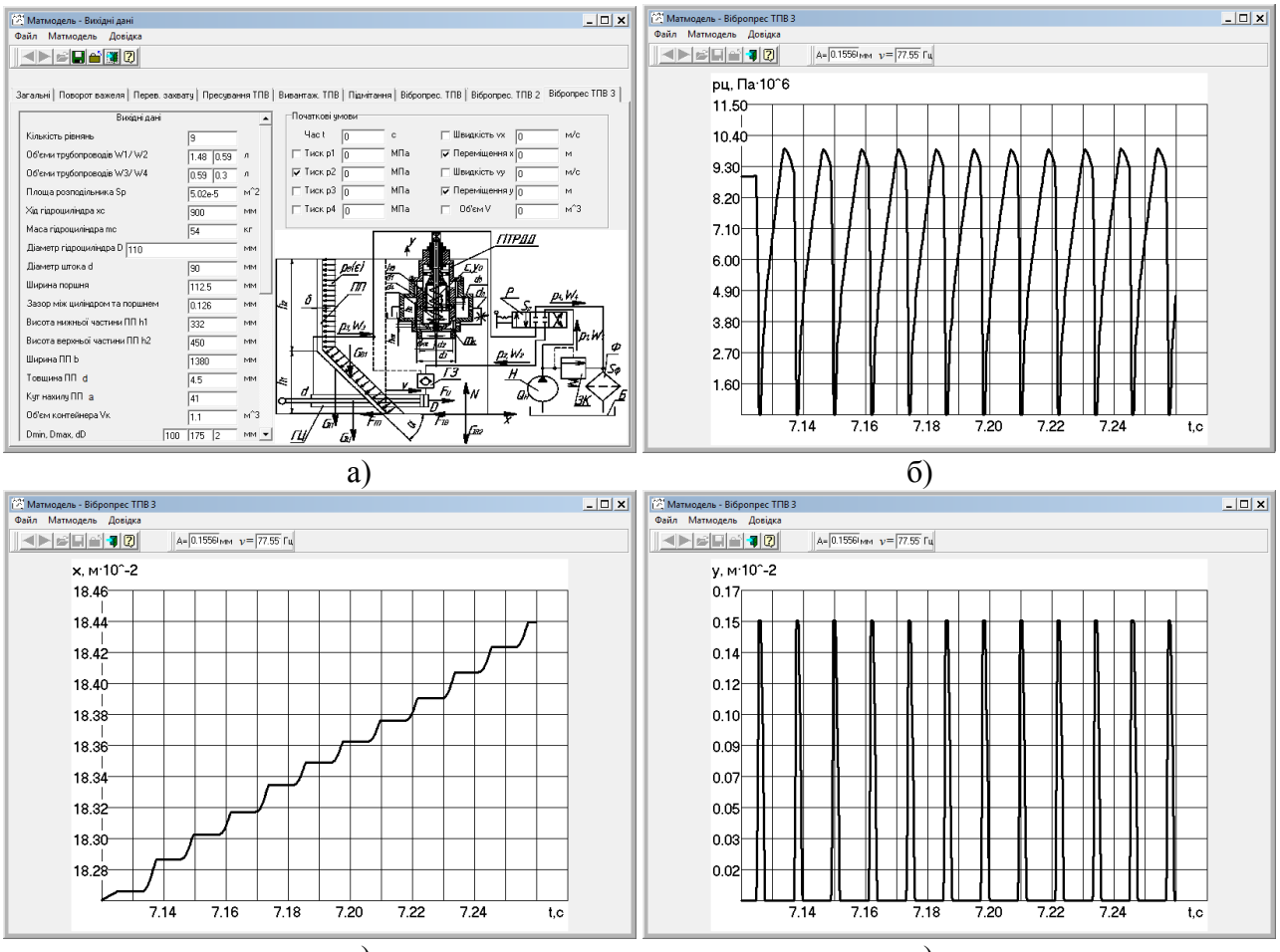
Розроблено оригінальну комп'ютерну програму "MatModel", що захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір [2] і дозволяє вводити значення параметрів приводів робочих процесів машин для збирання та первинної переробки ТПВ на кожній технологічній операції: завантаження ТПВ у бункер сміттєвоза (поворот важеля [3] та перевертання захвату контейнера [4]), ущільнення ТПВ [5], вивантаження ТПВ із сміттєвоза [6], а також робота навісного підмітального обладнання [7, 8], що дозволяє розширити функціональні можливості сміттєвоза, чисельно розв'язувати системи нелінійних звичайних диференціальних рівнянь методом Рунге-Кутта-Фельберга 4-го порядку зі змінним кроком інтегрування [9] й отримувати відповідні результати у вигляді графіків та таблиць.

На рис. 1 представлено загальний вигляд діалогового вікна програми "MatModel" на прикладі дослідження динаміки вібраційного гідроприводу ущільнення ТПВ у сміттєвозі з використанням генератора імпульсів тиску релейної диференціальної дії (ГІТРДД), захищеного патентами України, останній з яких 92720 U [10]. Блоки введення вихідних даних, початкових умов, розрахункової схеми показано на рис. 1а, блоки виведення результатів: зміни тиску в напірній порожнині гідроциліндра плити пресування – рис. 1б, переміщення плити пресування – рис. 1в, переміщення запірного елемента ГІТРДД – рис. 1г.

Наведені на рис. 1 результати, отримані за допомогою удосконаленої математичної моделі вібраційного гідроприводу ущільнення ТПВ у сміттєвозі з використанням ГІТРДД:

$$
\begin{cases}
Q_H = \mu S_P \sqrt{2(p_1 - p_2)/\rho_{PP}} + \sigma(p_1 - p_2) + KW_1 \dot{p}_1; & (1)\\
S_P \sqrt{2(p_1 - p_2)/\rho_{PP}} = \dot{x} S_{Ц1} + \sigma(p_2 - p_3) + KW_2 \dot{p}_2 + \dot{y}\pi[d_3^2 - 1(h_{нж} - y)d_1^2]/4 + 1(y - h_n)\mu \times \\
\times \pi d_3 (y - h_n)\sqrt{2p_2/\rho_{pp}} + 1(y)\mu\pi d_Д^2 \sqrt{2p_2/\rho_{pp}}/4 + 1(y - h_в)\mu\pi d_в^2 \sqrt{2p_2/\rho_{pp}}/4 & (2)\\
\dot{x} S_{Ц2} = \mu S_P \sqrt{2(p_3 - p_4)/\rho_{PP}} + \sigma(p_3 - p_4) + KW_3 \dot{p}_3; & (3)\\
\mu S_P \sqrt{2(p_3 - p_4)/\rho_{PP}} = k_Ф p_4 S_Ф / \mu_Д + \sigma p_4 + KW_4 \dot{p}_4; & (4)\\
p_2 S_{Ц1} - p_3 S_{Ц2} = m_P \ddot{x} + \beta \dot{x} + p_B(\varepsilon) S_{П1} + Sign(\dot{x})(F_{ТП} + F_{ТВ}); & (5)\\
p_2 \pi \{1(y)(d_3^2 - d_2^2) + [d_2^2 - 1(h_{нж} - y)d_1^2]\}/4 = m_к(\ddot{y} + g) + Sign(\dot{y})\beta_1 \dot{y}^2 + c(y + y_0); & (6)\\
0 \le \{p_1, p_2, p_3, p_4\} \le p_{зк};\ 0 \le x \le x_{max};\ 0 \le y \le y_{max}, & (7)
\end{cases}
$$

де p_1, p_2, p_3, p_4 – тиски відповідно на виході насоса, на вході гідроциліндра, на виході гідроциліндра та на вході фільтра; W_1, W_2, W_3, W_4 – об'єми трубопроводів між насосом та гідророзподільником, гідророзподільником та входом гідроциліндра, виходом гідроциліндра та гідророзподільником, гідророзподільником та фільтром; Q_H – фактична подача насоса; S_P – площа умовного проходу отвору розподільника; S_ϕ – площа поверхні фільтрувального елемента; k_ϕ – питома пропускна спроможність фільтра; μ_∂ – коефіцієнт динамічної в'язкості; $S_{Ц1}$, $S_{Ц2}$ – площі поршневої та штокової порожнин гідроциліндра; x – переміщення плити пресування; $F_{ТП}$ – сила тертя між плитою пресування та напрямними; $F_{ТВ}$ – сила тертя між ТПВ і кузовом; **1**() – одинична функція, *Sign*() – функція знаку; y – переміщення запірного елемента ГІТРДД; d_1 – діаметр надклапанної порожнини; d_2 – діаметр 1-го ступеня запірного елемента ГІТРДД; d_3 – діаметр 2-го ступеня запірного елемента ГІТРДД; $m_к$ – маса запірного елемента; c – жорсткість пружини; y_0 – попередня деформація пружини; h_n – додатне перекриття запірного елемента, d_∂ – діаметр прохідного вікна дроселя, $h_в$ – внутрішнє перекриття, що являє собою відстань від нижньої точки внутрішнього отвору до верхнього торця внутрішньої кільцевої розточки, $h_{нж}$ – нижнє перекриття, що являє собою відстань від верхньої точки поперечного отвору до верхнього кола отвору в нижній частині клапана, $d_в$ – діаметр внутрішнього отвору, μ – коефіцієнт витрат робочої рідини; $p_{зк}$ – тиск спрацювання запобіжного клапана; x_{max} – максимальний хід гідроциліндра; y_{max} – максимальне переміщення запірного елемента ГІТРДД до упора.



а) б)

в) г)

Рис. 1. Скріншоти діалогового вікна програми "MatModel" під час дослідження удосконаленої математичної моделі вібраційного гідроприводу ущільнення ТПВ у сміттєвозі з використанням ГІТРДД

Під час дослідження як параметри математичної моделі (1-7) використовувались вихідні дані, що відповідають реальним параметрам базової моделі сміттєвоза КО-436 із заднім способом завантаження ТПВ [11], а отримані результати використовувались для розробки науково-обґрунтованих методик проектного розрахунку параметрів приводів [12]. Розрахунки проводились з кроком інтегрування $h = 10^{-4}$ с і відносною похибкою $\varepsilon = 10^{-16}$. Стійкість розв'язання системи диференціальних рівнянь забезпечувалась перевіркою на ідентичність результатів, отриманих при повному та половинному кроках інтегрування.

Отже, розроблено оригінальну комп'ютерну програму "MatModel", за допомогою якої проведено числове дослідження удосконаленої математичної моделі вібраційного гідроприводу ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі з використанням генератора імпульсів тиску релейної диференціальної дії. Результати дослідження можуть бути використані для визначення раціональних значень параметрів, які необхідно враховувати під час проектування машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів.

Література

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

2. Березюк О. В. Комп'ютерна програма "Математичне моделювання динаміки приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів" ("MatModel") / О. В. Березюк // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 64349. – К. : Державна служба інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації : 03.03.2016.

3. Березюк О. В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 4. – С. 81-86.

4. Березюк О. В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів перевертання контейнера під час завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз / О. В. Березюк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 5. – С. 60-64.

5. Савуляк В. І. Технічне забезпечення збирання, перевезення та підготовки до переробки твердих побутових відходів : монографія / В. І. Савуляк, О. В. Березюк. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 217 с.

6. Березюк О. В. Дослідження динаміки гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвозів / О. В. Березюк // Машинознавство. – Львів : НУ "Львівська політехніка". – 2008. – № 10 (136). – С. 25-28.

7. Березюк О. В. Розробка та дослідження нової структури екологічної машини для очистки населених пунктів від твердих відходів / О. В. Березюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – С. 92-98.

8. Berezyuk O. V. Dynamics of hydraulic drive of hanging sweeping equipment of dust-cart with extended functional possibilities / O. V. Berezyuk, V. I. Savulyak // TEHNOMUS. – Suceava, Romania, 2015. – No. 22. – P. 345-351.

9. Дьяконов В. П. Справочник по алгоритмам и программам на языке бейсик для персональных ЭВМ : справочник / В. П. Дьяконов. – М. : Наука, 1987. – 240 с.

10. Березюк О. В. Генератор імпульсів тиску релейної диференціальної дії. Патент України № 92720 U, МПК(2014.01) F15B 21/00 – u201404118; Заявл. 16.04.2014. Одерж. 26.08.2014, Бюл. № 16.

11. Мусоровоз кузовной КО-436 : [техническое описание и инструкция по эксплуатации]. – Турбов, 1996. – 27 с.

12. Березюк О. В. Методика инженерных расчётов параметров навесного подметального оборудования экологической машины на основе мусоровоза / О. В. Березюк // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2016. – № 2. – С. 39-45.