

**APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR DESIGNING MACHINES
FOR ASSEMBLY AND PRIMARY PROCESSING OF MSW**

Vinnitsia National Technical University, Ukraine

Along with the problem of solid industrial waste [1], the problem of municipal solid waste (MSW) is important, the annual volume of which in Ukrainian localities exceeds 46 million m³, 93.9% of which are exported to landfills and landfills, and only 5.1% are processed and disposed of at incinerators. Collection of MSW is the main task of sanitary cleaning of settlements and is carried out by more than 4.1 thousand special cars (garbage trucks), and therefore is associated with significant financial costs. More than 45 thousand tons of fuel per year is spent on transporting waste to the disposal site outside the sanitary zone of 30 km. According to [2], the worn-out fleet of garbage trucks of municipal enterprises in Ukraine is almost 70%. In accordance with the Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 265, among the priority areas of MSW management is to ensure the use of modern high-efficiency garbage trucks by the country's utilities, as the main link in the structure of machines for cleaning and primary processing of municipal solid waste. Therefore, the development of scientific and technical bases for designing highly efficient working bodies of machines for cleaning and primary processing of municipal solid waste is an urgent scientific and technical problem. In particular, the use of information technologies for the design of such machines is relevant.

In most garbage trucks, technological operations are carried out using a hydraulic drive of the working bodies. To study the operation of drives of working bodies of machines for cleaning and primary processing of MSW in the most severe modes, a computer simulation method was used. These critical modes include: the beginning and end of the movement of Executive bodies. Pressure surges in the event of loss of stability or in the mode of poor-quality transients that occur when starting the hydraulic drive can cause a rupture of high-pressure pipelines, equipment failure, loss of working fluid (expensive mineral oil). The simulation was performed using the Delphi software development environment in the Windows operating environment.

Systems of differential equations describing the dynamics of drives of working bodies of garbage trucks are systems of nonlinear ordinary differential equations that are unsolvable with respect to higher derivatives.

The nonlinearity of these equations lies in the fact that the desired functions – the pressure of the working fluid on various parts of the hydraulic drive, the movement of the Executive bodies of machines and their derivatives are included in the differential equations in the form of expressions with fractional powers. In addition, some of the equations under consideration contain complex dependencies that cannot be linearized by the usual Taylor series expansion of functions. The presence of logical functions (sign functions and unit functions) in the above-mentioned equations also makes it difficult to solve them analytically. Among the significant non-linearities whose functions have a discontinuity are the dependences of the friction coefficients on the speed of the moving elements of the hydraulic drives under study. To date, we do not know analytical methods for converting systems of differential equations to a linear form.

The unsolvability of equations with respect to higher derivatives and significant nonlinearities allow us to conclude that it is necessary to use numerical methods for solving systems of differential equations. A number of methods for numerical solution of systems of ordinary differential equations are known [3]. The main disadvantage of these methods is the bulkiness of calculations, which once again confirms the need to use a computer to integrate numerical methods of systems of differential equations to study the dynamics of working processes of hydraulic drives for pressing MSW.

To solve ordinary differential equations, you need to know the value of the variable and / or its derivative for some values of the independent variable. If these additional conditions are set for a single value of an independent variable, such a problem is called a problem with initial conditions or a Cauchy problem [3]. A class of Cauchy problems can include systems of ordinary differential equations, in which the specific value of the independent variable – time t corresponds to certain initial values of the dependent variable pressures of the working fluid on various parts of the hydraulic drive, the movement of the Executive bodies of machines.

Developed an original computer program "MatModel", which is protected by a certificate of copyright registration for the work [4] and allows you to enter the values of the parameters of the drives of working bodies, numerically solve systems of differential equations by the Runge-Kutta-Felberg method of the 4th order with a variable integration step and get the corresponding results in the form of graphs and tables.

Program "MatModel" allows to investigate the dynamics of drives of the working processes of the machines for harvesting and primary processing of municipal solid waste at each technological operation: loading of MSW into the hopper of a garbage truck [5-7], compaction of MSW [8], unloading of MSW from the garbage truck [9, 10], as well as work attachment equipment that allows you to extend the functionality of the garbage truck [11-13].

In the course of the research, the initial data corresponding to the real parameters of the basic model of the KO-436 garbage truck were used as parameters of the mathematical model, and the results obtained were used to develop scientifically-based methods for design calculation of drive parameters [14].

When developing mathematical models of the garbage truck hydraulic drives, such assumptions were made, as shown in [13, 15].

For example, Fig. 1 shows the results of a numerical study of the dynamics of the hydraulic drive of container overturning during loading of MSW into a garbage truck using a mathematical model given in [7].

Graphs of transient processes of operation of the hydraulic drive of container overturning during loading of MSW into the garbage truck are obtained for parameters corresponding to the real serial model of the garbage truck KO-436 [13] produced by LLC "Turbovsky machine-building plant" (JSC "ATECO"). Numbers 1-9 in Fig. 1 curves are indicated for different values of the distance between the centers of rotation of the grip and the rod: 35 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm, 80 mm, 100 mm, 130 mm, 150 mm, 160 mm, respectively.

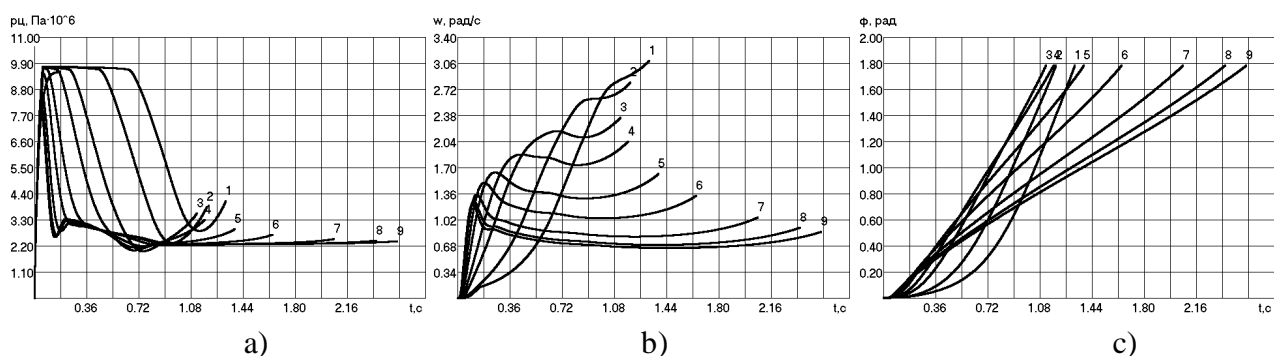


Fig. 1. Results of a numerical study of the dynamics of the hydraulic drive of container overturning during loading of MSW into a garbage truck: a) change in pressure in the hydrocylinder; b) angular speed of container overturning during operation; c) change in the angle of container overturning

The calculations were performed with an integration step $h=10^{-4}$ s and a relative error $\varepsilon=10^{-16}$. Stability of the solution of systems of differential equations was provided by checking the identity of the results obtained at the values of integration steps h and $h/2$.

So, the computer program "MatModel" has been developed, which allows us to numerically study the dynamics of drives of working bodies of machines for cleaning and primary processing of municipal solid waste on the basis of mathematical models in the form of systems of nonlinear

ordinary differential equations by the Runge-Kutta-Felberg method, saving the results in the form of graphs and tables that can be used to determine the rational parameters of machines in their design.

References

1. Ковальський В. П. Обґрунтування доцільності використання золошламового в'язучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне : Видавництво НУВГІП, 2013. – Випуск 26. – С. 186-193.
2. Попович В. В. Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі "місто-сміттєзвалище" / В. В. Попович, О. В. Придатко, М. І. Сичевський та ін. // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Т. 27, № 10. – С. 111-116.
3. Дьяконов В. П. Справочник по алгоритмам и программам на языке бейсик для персональных ЭВМ : справочник / В. П. Дьяконов. – М. : Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1987. – 240 с.
4. 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. : Держ. служба інтелект. власності України. – Дата реєстрації : 03.03.2016.
5. 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.
6. Березюк О. В. Дослідження динаміки гідроприводу робочих органів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози / О. В. Березюк // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса, 2009. – № 33. – С. 403-406.
7. 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.
8. Березюк О. В. Вплив основних параметрів вібраційного гідроприводу на показники вібрації в процесі ущільнення твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій. – Львів, 2009. – № 8. – С. 380-387.
9. 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.
10. Березюк О. В. Вплив характеристик тертя на динаміку гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза / О. В. Березюк, В. І. Савуляк // Проблеми тертя та зношування. – 2015. – № 3 (68). – С. 45-50.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. Березюк О. В. Моделювання компресійної характеристики твердих побутових відходів у сміттєвозі на основі комп'ютерної програми "PlanExp" / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – № 6. – С. 23-28.