

Науково-практична інтернет-конференція молодих учених та студентів

об'єктно-орієнтовані технології

EOM

КОНТРОЛЕР

ВИРОБНИЧІ ПРОЦЕСИ

МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ

матеріали конференції

АСУ

АСУ ТП

ІНФОРМАЦІЙНА БАЗА

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

EOM

Інформаційні системи

Випуск №2

2014

ОРГАНІЗАТОРИ

Луцький національний технічний університет

Кафедра “Автоматизованого управління виробничими процесами”

Національний університет «Львівська політехніка»

Кафедра автоматизації теплових та хімічних процесів

Київський Національний університет харчових технологій

Кафедра автоматизації процесів управління

Національний гірничий університет м. Дніпропетровськ

Кафедра автоматизації та комп’ютерних систем

Люблінська Політехніка

Факультет електротехніки та інформатики

ГОЛОВА ПРОГРАМНОГО КОМІТЕТУ

В.БОЖИДАРНИК професор, ректор Луцького національного технічного університету

ЗАСТУПНИК ГОЛОВИ

А.ЛАДАНЮК професор, Київський Національний університет харчових технологій

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Є.ПІСТУН – професор, Національний університет «Львівська політехніка»

В.ТКАЧЕВ – професор, Національний гірничий університет м. Дніпропетровськ

Б.ПАЛЬЧЕВСЬКИЙ – професор, Луцький національний технічний університет

Р.КУЗНЄЦОВ – доцент, Луцький національний технічний університет

ГОЛОВА ОРГАНІЗАЦІЙНОГО КОМІТЕТУ

З.ГЕРАСИМЧУК - професор, перший проректор Луцького національного технічного університету

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Л.ГУМЕНЮК – доцент, Луцький національний технічний університет

В.ЛОТИШ – доцент, Луцький національний технічний університет

О.РЕШЕТИЛО – доцент, Луцький національний технічний університет

П.ПЕХ - доцент, Луцький національний технічний університет

О.СМОЛЯНКІН – асистент, Луцький національний технічний університет

П.ГУМЕНЮК – асистент, Луцький національний технічний університет

СЕКРЕТАР КОНФЕРЕНЦІЇ

Р.ГРУДЕЦЬКИЙ – асистент, Луцький національний технічний університет

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ «АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ОСВІТИ, НАУКИ ТА ВИРОБНИЦТВА»

АНДРУЩАК І. Є.....	5
АНДРУЩАК І.Є., ОЛЕКСІВ Н.А.....	10
DANILENKO V.V., FEDIUK R.S., KOMARDIN D.V., MIRONOV K.K., PUJKA I.A.....	13
ЄГАРМІНА Л.М.....	16
ЖЕРЕБЦОВ О.А., БЕЛОКОНЬ Ю.О., ЩИПАНСЬКИЙ П.....	20
МАРКІНА Л.М., СМОЛЯНКІН О.О., ЗАХАРЧУК О.Б.,.....	25
РЕШЕТИЛО О.М., КОЛЯДИНСЬКА К.М., САЦИК В.О.	30
ТУЛАШВІЛІ Ю.Й., ФЕДІК Л.Ю., ПОДОЛЯК В.М.	33
ФЕДОРИШИН Р. М., ЧУРА М. В., МОТ В. Р.....	37
FEDIUK R.S., DANILENKO V.V., KOMARDIN D.V., MIRONOV K.K., PUJKA I.A.	42
ФОЩ Т.В.....	46
ЧОВНЮК Ю.В., СІВАК І.М.....	50

СЕКЦІЯ «АВТОМАТИКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ НА ТРАНСПОРТІ»

КОВАЛЕВСЬКИЙ С.В., МАТВІЄНКО С.А., ЛУКІЧОВ О.В., САКНО О.П.....	54
КОЗАК С.О., ГРУДЕЦЬКИЙ Р.Я.....	59
САХНО В.П., ТІМКОВ О.М., ФАЙЧУК М.І., МОЙСЯ Д.М.	66
СПІРІН А.В., К.Т.Н., ДОЦЕНТ, КОРМАНОВСЬКИЙ С.І., К.Т.Н., ДОЦЕНТ,	74
ТІМКОВ О.М., ТАРАНУХА В.І.	80
ТОМЕЙ І.І., ТІМОФЕЄВ С.С., САКНО О.П.	85

СЕКЦІЯ «МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ»

КОЦЮБА А.Ю.....	90
ПЕТРИК А.В.	96

СЕКЦІЯ «ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ В ГАЛУЗІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

БАХОВСЬКИЙ П.Ф.	102
ГУМЕНЮК Л.О.	107
ПАЛЬЧЕВСЬКИЙ Б.О.....	110
САВАРИН П.В., ОЛЕКСІВ Н.А.....	113

СЕКЦІЯ «АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ОСВІТИ, НАУКИ ТА ВИРОБНИЦТВА»

УДК 61:004.651(075.8)

Андрушак І. Є.

Луцький національний технічний університет

E-mail: westa@land.ru

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЧИСЕЛЬНОГО МЕТОДУ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ В ЗАДАЧАХ ПРОФІЛАКТИЧНОЇ МЕДИЦИНИ

В даній роботі розглядається програмна реалізація прямого методу знаходження оптимального керування і демонстрування його для отримання розв'язку задач профілактичної медицини. Програмна реалізація має доступну графічну інтерпретацію, що робить можливим її використання на практиці.

Ключові слова: чисельний метод оптимального керування, модель співіснування двох штамів вірусу, метод DCA.

Andrushchak I. Ye. Software implementation of numerical methods of optimal control in the problem of preventive medicine.

The work is dedicated to software implementation of the direct method of optimal control and demonstrate it for solving tasks of preventive medicine. Software implementation is available graphical interpretation, which allows its use in practice.

Keywords: numerical method for the optimal control model of coexistence of the two strains, the method of DCA.

Андрушак И. Е. Програмная реализация численного метода оптимального управления в задачах профилактической медицины.

В работе рассматривается программная реализация прямого метода нахождения оптимального управления и демонстрации его для получения решения задач профилактической медицины. Программная реализация имеет доступную графическую интерпретацию, что делает возможным ее использование на практике.

Ключевые слова: численный метод оптимального управления, модель сосуществования двух штаммов вируса, метод DCA.

Методи чисельного розв'язку задач оптимального керування можна класифікувати як прямі, так і непрямі [Betts, 2001; Von Stryk, 1992]. Ці методи відрізняються підходами для пошуку розв'язку задачі оптимального керування. Непрямі методи намагаються розв'язати крайову задачу необхідних умов оптимальності. Напротивагу, прямі методи не вимагають безпосередньої побудови необхідних умов. Прямі методи не будують спряжену систему, систему керування та умови трансверсальності. Вивчаючи оптимальне керування використовуються обидва підходи. Головним недоліком використання непрямих методів є те, що навіть знаючи апіорі допустимий стан та керування, немає гарантії, що обчислений розв'язок покращить відомий. Більше того, непрямий метод потребує початкових наближених значень для спряжених змінних, а чисельний розв'язок спряженої системи на практиці є слабо обумовленою задачею [Bryson, 1975].

З цієї причини ми використали прямий метод, запропонований в роботі [Fabien, 1998], який дозволяє знайти чисельні розв'язки наступних задач.

Постановка задачі оптимального керування для прямого методу. Розглядається система керування для фазових координат $x(t) \in R^n$, вектора керувань $u(t) \in R^m$ і невідомих параметрів $p \in R^{n_p}$:

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(t, x, u, p), \quad (1)$$

$$x(t_0) = x_0$$

Накладаються обмеження на стан системи, керування та параметри у вигляді рівностей:

$$c(t, x, u, p) = 0, \quad t \in [t_0, t_f], \quad (2)$$

де $c(t, x, u, p) \in R^{n_c}$,

у вигляді нерівностей:

$$d(t, x, u, p) \leq 0, \quad t \in [t_0, t_f], \quad (3)$$

де $d(t, x, u, p) \in R^{n_d}$,

обмеження на стан системи в кінцевий момент часу та параметри у вигляді рівностей:

$$y(x(t_f), p) = 0, \quad (4)$$

де $y(x(t_f), p) \in R^{n_y}$,

у вигляді нерівностей:

$$g(x(t_f), p) \leq 0, \quad (5)$$

де $g(x(t_f), p) \in R^{n_g}$.

Задача полягає в знаходженні керування $u(t) \in R^m$ та параметрів $p \in R^{n_p}$, що мінімізують критерій якості:

$$J[u, p] = \int_{t_0}^{t_f} L(t, x, u, p) dt + j(x(t_f), p),$$

тобто:

$$J[u^*, p^*] = \inf_{u, p \in (16)-(19)} J[u, p]. \quad (6)$$

Зауважимо, що хоча в постановці задачі (15)-(20) вважається, що t_f – фіксований, вона може бути пристосована до задачі оптимальної швидкодії. Це можна зробити нормалізуючи часову змінну t і поклавши невідомий кінцевий час як параметр.

Чисельний метод. Метод полягає в тому, що нескінченновимірна задача типу (1)-(6) зводиться до скінченновимірної задачі оптимізації.

Це досягається шляхом дискретизації часового інтервалу $t \in [t_0, t_f]$ з використанням N вузлів t_i таких, що $t_0 = t_0 < t_1 < \dots < t_{N-1} = t_f$.

В кожен момент часу t_i керування є невідомим скалярним вектором $\bar{u}_i \in R^m$. На кожному відкритому інтервалі $t \in (t_i, t_{i+1})$, $i = 0, N-2$ керування наближається шляхом лінійної апроксимації:

$$u(t) = \bar{u}_i + \frac{t - t_i}{t_{i+1} - t_i} (\bar{u}_{i+1} - \bar{u}_i). \quad (7)$$

Набір векторів керування у вузлах t_i формують загальний вектор:

$$\bar{u} = [\bar{u}_0^T, \dots, \bar{u}_{N-1}^T]^T. \quad (8)$$

Для заданого початкового наближення $\bar{u}$ ми можемо проінтегрувати (1) на $t \in [t_0, t_f]$ і отримати траєкторію $x(t, \bar{u}, p)$. Таким чином нескінченновимірна задача (1)-(6) апроксимується скінченновимірною задачею нелінійного програмування відносно $\bar{u}, p$:

$$J(\bar{u}, p) = \int_{t_0}^{t_f} L(t, x(t, \bar{u}, p), \bar{u}, p) dt + j(x(t_f, \bar{u}, p), p) \rightarrow \inf_{\bar{u}, p}, \quad (9)$$

при обмеженнях:

$$\mathbf{c} = [c(t_0)^T, \dots, c(t_{N-1})^T, y^T]^T = 0 \quad (10)$$

$$\mathbf{d} = [d(t_0)^T, \dots, d(t_{N-1})^T, g^T]^T \leq 0 \quad (11)$$

та $u(t)$ апроксимується (7).

Модель співіснування двох штамів вірусу. Розглядається модель співіснування двох штамів вірусу, запропонована в роботі [Марценюк, Кучвара, Проблеми управління та інформатики]. В моделі припускається, що вакцинація застосовується до вразливих осіб. При цьому вважаємо, що обсяг вакцинації є функцією від часу $u(t)$. Тобто $u(t)$ – це частка вразливих індивідумів, які піддаються вакцинації за одиницю часу в момент часу t . Таким чином ми приходимо до системи керування:

$$\begin{aligned} S' &= m(N - S) - (b_1 I_1 + b_2 I_2)S - u(t)S, \\ I_i' &= b_i S I_i - (m + a_i) I_i, \\ R_i' &= a_i I_i - (m + s_j b_j I_j) R_i, \\ Y_i' &= q_i b_i R_i I_i - (m + a_i) Y_i, \quad i, j = 1, 2, i \neq j, \end{aligned} \quad (12)$$

з відповідними початковими умовами:

$$S(0) = S_0, \quad I_i(0) = I_{i,0}, \quad R_i(0) = R_{i,0}, \quad Y_i(0) = Y_{i,0}. \quad (13)$$

Біологічно значимою областю для (1), (2) є:

$$\Omega = \{(S, I_1, I_2, R_1, R_2, Y_1, Y_2) \in R_+^7 \mid S + I_1 + I_2 + R_1 + R_2 + Y_1 + Y_2 \leq N\},$$

що накладає фазові обмеження:

$$S \geq 0, \quad I_1 \geq 0, \quad I_2 \geq 0, \quad R_1 \geq 0, \quad R_2 \geq 0, \quad Y_1 \geq 0, \quad Y_2 \geq 0, \dots \quad (14)$$

$$S + I_1 + I_2 + R_1 + R_2 + Y_1 + Y_2 \leq N. \quad (15)$$

Множина керування U задається як:

$$U = \{u(t) : 0 \leq u(t) \leq 1, \quad 0 \leq t \leq t_f, \quad u(t) - \text{вимірна}\}.$$

Тут t_f – кінцевий час керування.

Зазначимо, що модель (1) $u(t) \equiv 0$ прогнозує сценарій без вакцинації. Коли він є неприйнятним, то вводиться програма вакцинації. Критерієм якості в такому випадку є функціонал:

$$J[u] = \int_0^{t_f} (I_1(t) + I_2(t) + Y_1(t) + Y_2(t) + \frac{1}{2} W u^2(t)) dt.$$

Тут W є ваговим коефіцієнтом для вакцинації. Отже, метою є визначення оптимального керування $u^* \in U$, що задовольняє:

$$J[u^*] = \inf_{u \in U} J[u]. \quad (16)$$

Програмна реалізація. Прямий метод чисельного розв'язування задачі оптимального керування, наведений вище, реалізовано в пакеті Java-класів dyn.Opt [Fabien, 1998]. Для використання цього методу в пакеті healthinsurance запускається окремий процес у try-блоці:

```
try {
    Process p = Runtime.getRuntime().exec ("java dyn.Opt");
}
```

```
catch (java.io.IOException ex) {
    System.err.println("Problems invoking class dyn.Opt: "+ex);
}
```

В якості прикладу розглядалася задача (12)-(16). Опис задачі зроблено за допомогою вхідного текстового файлу. Так змінні стану системи визначено командою:

```
state S I1 I2 R1 R2 Y1 Y2
```

змінна керування:

```
control u
```

константи:

```
integer N
```

```
real mu beta1 beta2 alpha1 alpha2 sigma1 sigma2 theta1 theta2 W
```

кількість часових вузлів:

```
nodes = 365
```

метод розв'язування задачі нелінійного програмування:

```
method = dyn_sqp
```

метод інтегрування системи диференціальних рівнянь:

```
ode = huen
```

файл для вихідних даних:

```
output_file = Coexistence2strainsV4
```

точність методу:

```
epsilon = 1.0e-4
```

Система керування (12) із значеннями параметрів описується у блоці:

dynamic_equation:

```
N = 100000
mu = 0.005
beta1 = 0.4e-5
beta2 = 0.3e-5
alpha1 = 0.1428
alpha2 = 0.1428
sigma1 = 1
sigma2 = 1
ddt S = mu*(N-S) - (beta1*I1+beta2*I2)*S - u*S
ddt I1 = beta1*S*I1 - (mu+alpha1)*I1
ddt I2 = beta1*S*I2 - (mu+alpha2)*I2
ddt R1 = alpha1*I1 - (mu+sigma2*beta2*I2)*R1
ddt R2 = alpha2*I2 - (mu+sigma1*beta1*I1)*R2
ddt Y1 = sigma1*beta1*R1*I1 - (mu+alpha1)*Y1
ddt Y2 = sigma2*beta2*R2*I2 - (mu+alpha2)*Y2
```

Блок початкових умов (13):

initial_condition:

```
S = 99360
I1 = 150
I2 = 120
R1 = 140
R2 = 110
Y1 = 70
Y2 = 50
```

Обмеження типу рівності:

equality_constraint:

```
N = 100000
c = S+I1+I2+R1+R2+Y1+Y2-N
```

Обмеження типу нерівності:

inequality_constraint:

$$d = -u \quad \# \quad -u \leq 0$$

$$d = u-1 \quad \# \quad u \leq 1$$

Блок критерія якості:

cost_functional:

$$W = 20000$$

$$\text{initial_time} = 0.0$$

$$\text{final_time} = 365$$

$$L = I1 + I2 + Y1 + Y2 + 0.5*W*u*u$$

Дані щодо застосування методу наведені нижче:

$$f = 3784075.596838219$$

$$hg_max = 0.049150674707690155$$

$$|dL| = 529.1810423858765$$

$$nfun = 33580$$

$$ngrad = 91$$

$$\# \text{ of function evaluations} = 33581$$

Висновки. В роботі запропоновано і програмно реалізовано чисельний прямий метод знаходження оптимального керування. Метод апробовано на реальному прикладі профілактичної медицини.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Lukes, D.L., Differential Equations: Classical to Controlled, Academic Press, New York, 1982.
2. Piccinini, L.C., Stampacchia, G., and Vidossich, G., Ordinary Differential Equations in R^n , Springer-Verlag, New York, 1984.
3. Macki, J., and Strauss, A., Introduction to Optimal Control Theory, Springer-Verlag, New York, 1982.
4. Sethi, S.P., and Thompson, G.L., Optimal Control Theory: Applications to Management Science and Economics, Kluwer, Boston, 2nd edition, 2000.
5. Fleming, W.H., and Rishel, R.W., Deterministic and Stochastic Optimal Control, Springer Verlag, New York, 1975.
6. Kamien, M.I., and Schwartz, N.L., Dynamic Optimization, North-Holland, Amsterdam, 1991.
7. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Наука, 1969.
8. Betts, J.T. (2001). Practical Methods for Optimal Control Using Nonlinear Programming, SIAM Society for Applied and Industrial Mathematics, Philadelphia
9. Von Stryk, O.; Bulirsch, R. (1992). Direct and Indirect methods for trajectory optimization. Annals of Operations Research, Vol.37, 357-373
10. Bryson Jr, A.E.; Ho, Y.-C. (1975). Applied Optimal Control, John Wiley & Sons, New York
11. Fabien, B.C., Some Tools for the Direct Solution of Optimal Control Problems, Advances in Engineering Software, Vol.29, pp.45-61, 1998.
12. Об условиях асимптотической устойчивости в SIR-моделях математической эпидемиологии / Марценюк В.П., Андрущак И.Е., Кучвара А.М. // Проблемы управления и информатики. – 2011. – №6. – С.125-133.

УДК 61:004.651(075.8)

Андрущак І.Є., Олексів Н.А.

Луцький національний технічний університет

E-mail: westa@land.ru

ПРО АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ ДЕРЕВА РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ПОКАЗНИКА ВІДНОШЕННЯ ПРИРОСТІВ ІНФОРМАЦІЇ

В даній роботі розглядаються питання програмної реалізації методу індукції дерева рішень на основі показника відношення приростів інформації. Даний підхід порівнюється з традиційним показником приросту інформації при розробці систему підтримки клінічних рішень. Проект реалізовано в середовищі Netbeans на основі Java-класів.

Ключові слова: прийняття рішень, дерево рішень, Java, SQL.

I.Ye. Andrushchak, N.A. Oleksyv. On building a tree algorithm decisions on the basis of indicators relationships increments of information.

In this work deals with the software implementation of the method of decision tree induction based index of the increments of information. This approach is compared with the traditional measure of growth in developing information system to support clinical decisions. The project was implemented in Netbeans environment based on Java-classes.

Keywords: adoption decisions, decisions tree, Java, SQL.

И.Е. Андрущак, Н.А.Олексив. О алгоритме построения дерева решений на основе показателя отношения прироста информации.

В данной работе рассматриваются вопросы программной реализации метода индукции дерева решений на основе показателя отношения приростов информации. Данный подход сравнивается с традиционным показателем прироста информации при разработке систему поддержки клинических решений. Проект реализован в среде Netbeans на основе Java-классов.

Ключевые слова: принятие решений, дерево решений, Java, SQL.

Одним з підходів, що відображає природний процес мислення при прийнятті рішень є метод індукції дерева рішень, який знайшов реальні практичні застосування, зокрема в диференціальній діагностиці. Алгоритм ґрунтується на виборі визначальних атрибутів, за допомогою яких будуються класифікаційні правила в задачах класифікації або прогнозування [Quinlan, 1986], [Breiman, 1984].

Традиційний метод індукції дерева рішень ґрунтується на обчисленні показника приросту інформації. Як вже було попередньо зазначено [Нап, 2001], показник приросту інформації $Gain(A)$ має ухил в сторону тестів з багатьма виходами. Тобто він надає перевагу атрибутам, які мають дуже велике число значень.

Тому метою даної роботи є реалізація алгоритму індукції дерева рішень, який би був позбавлений такого недоліку через використання показника відношення приростів інформації.

Метод на основі відношення приростів інформації. Для прикладу розглянемо як атрибут ідентифікатор id з таблиці навчальних даних categorised_data. Поділ набору навчальних даних по даному атрибуту призведе до великої кількості розбиттів (дорівнює кількості пацієнтів), кожне з яких включатиме лише один запис. Оскільки кожне розбиття не потребує подальшого поділу, то інформація, яка необхідна для класифікації даних в D_j на основі цього розбиття становить $Info_{id}(D_j) = 0$ (це можна показати і з формул для обчислення $Info_A(D_j)$ та $Info(D_j)$ також). Отже, приріст інформації внаслідок розбиття по цьому атрибуту є максимальним. З іншої сторони, таке розбиття є безглуздом з точки зору класифікації.

З метою подолання такого недоліку в методі C4.5 [Нап, 2001] використовується удосконалений показник на основі приросту інформації, який називається відношення приростів (gain ratio). Він застосовує до приросту інформації свого роду нормалізацію, використовуючи значення «розділяючої інформації», яке визначається за аналогією до $Info(D)$:

$$SplitInfo_{A_i}(D_j) = - \sum_{l=1}^{K_i} \frac{\#(D_j^l)}{\#(D_j)} \log_2 \left(\frac{\#(D_j^l)}{\#(D_j)} \right). \quad (1)$$

Таке значення представляє потенційну інформацію, яка генерується при поділі набору навчальних даних D_j на K_i розбиттів, що відповідають K_i виходам тесту щодо атрибуту A_i . Зауважимо, що для кожного виходу розглядається кількість записів, що відповідають умові даного виходу відносно загального числа записів в D_j . Це відрізняє його від показника приросту інформації, в якому вимірюється інформація щодо класифікації, яка отримується на основі того ж розбиття. Згідно означення відношення приростів становить:

$$GainRatio(A_i) = \frac{Gain(A_i)}{SplitInfo(A_i)}. \quad (2)$$

Атрибут з максимальним значенням відношення приростів обирається як атрибут поділу. Хоча, як зазначають в [Нап, 2001] у випадку, коли інформація поділу наближається до нуля, то значення відношення приростів стає нестійким. Тому слід накладати відповідні обмеження на значення інформації поділу.

В цілому отримуємо таку рекурсивну процедуру.

Генерація дерева рішень

Вхідні дані: D — множина навчальних наборів даних $(A_1^i, A_2^i, \dots, A_p^i, C^i)$.

Вихідні дані: дерево рішень

Метод:

1. Створити вузол N .
2. Якщо усі набори в D належать до спільного класу C , тоді повернути вузол N як листок із назвою класу C .
3. Якщо список атрибутів (а отже і D) є порожнім, тоді повернути вузол N як листок із назвою найпоширенішого класу в D .
4. Застосувати *Алгоритм відбору атрибуту* із списку атрибутів і для множини D (на основі показника відношення приростів інформації) з метою відшукування «найкращого» атрибуту поділу.
5. Вилучити атрибут поділу із списку атрибутів.
6. Для кожної умови поділу j для атрибуту поділу розглянемо D_j — множину наборів з D , що задовольняють умову поділу j .
7. Якщо D_j — порожня, тоді приєднати до вузла N листок під заголовком наявних в D_j класів з вказуванням їх розподілів, інакше — приєднати до N вузол, що повертається рекурсивним викликом методу *Генерація дерева рішень* з вхідними даними D_j та список атрибутів.
8. Кінець циклу кроку 6.
9. Повернути вузол N .

SQL-реалізація розрахунку інформаційних показників. При реалізації методу `Attribute_selection_method` слід розрахувати інформаційні показники $Info(D_j)$, $Info_{A_i}(D_j)$ та $SplitInfo_{A_i}(D_j)$ на j -му кроці рекурсії для атрибута A_i .

Зауважимо, що множина наборів D_j тут описується хеш-таблицею `htAttribute_list`, з якої отримуємо перелік включених атрибутів `sAttribute_list` та умов поділу `sConditions`.

Використавши вкладені запити, псевдоніми та агрегативні функції можна розрахувати показник інформації поділу $SplitInfo_{A_i}(D_j)$ в результаті виконання такого запиту:

```
sql = "select -SUM((Alias1.Dj/Alias2.D)*(LOG(Alias1.Dj/Alias2.D)/LOG(2))) from (select SUM(1) as Dj
from (select * from categorised_data " + (sConditions.matches("")?"": " where " + sConditions) + ")Alias3
group by Alias3." + ((Attribute_for_list)htAttribute_list.get(A)).attribute.getAttributeFieldName() +
```

")Alias1, (select SUM(1) as D from (select " + sAttribute_list + " from categorised_data " + (sConditions.matches("")?"": " where " + sConditions) + ")Alias4)Alias2";

Зауважимо, що тут дещо змінено крок 7 методу генерації дерева рішень [Han, 2001], а саме, якщо D_j – порожня, тоді пропонується приєднати до вузла N листок під заголовком наявних в D_j класів з вказуванням їх розподілів. З цієї метою в класі AttributeListPeer розроблено метод:

```
public String Classes_ratio_in_D (DataManager dataManager, Hashtable htAttribute_list)
```

В результаті виконання запиту:

```
String sql = "select Alias1.class_name, (Alias1.count_class / Alias2.count_tuples)*100 from (select  
DISTINCT(class) as class_name,SUM(1) as count_class from (select * from categorised_data " +  
(sConditions.matches("")?"": " where " + sConditions) +  
)Alias3 group by class) Alias1, (select SUM(1) as count_tuples from (select * from categorised_data " +  
(sConditions.matches("")?"": " where " + sConditions) + ")Alias4) Alias2";
```

метод повертає перелік наявних в D_j класів з вказуванням їх розподілів.

Приклад. Метою є побудувати дерево рішень щодо діагностування серцевої недостатності на основі даних 63-х пацієнтів навчально-практичного центру первинної медико-санітарної допомоги Тернопільського державного медичного університету імені І.Я.Горбачевського. Використано таку таблицю атрибутів:

```
INSERT INTO mysql.attribute (id, attribute_name, attribute_field_name) VALUES (1, 'What is age?', 'A1'),  
(2, 'What is sex?', 'A2'), (3, 'What is pulse?', 'A3'), (4, 'What is SAP?', 'A4'), (5, 'What is DAP?', 'A5');
```

Набори включають лише категоріальні дані (попередньо оброблені), наприклад:

```
INSERT INTO mysql.categorised_data (id, A1, A2, A3, A4, A5, class) VALUES  
(1,'senior','female','normal','high','high','healthy');
```

На рис.1 представлене побудоване дерево рішень. Час, затрачений на індукування дерева – 1233 мілісекунд, що більше порівняно з показником приросту інформації. Це пов'язано з тим, що здійснюється розрахунок ще одного показника, а саме – розділяючої інформації $SplitInfo_A(D_j)$.

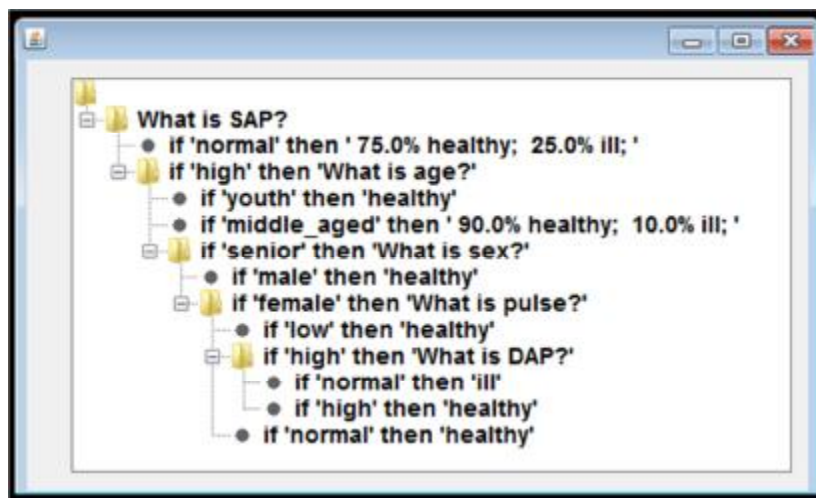


Рис.1. Дерево рішень для діагностування серцевої недостатності на основі показника відношення приростів інформації

Висновки. У роботі розглянуто питання програмної реалізації методу індукції дерева рішень на основі показника відношення приростів інформації.

Аналізуючи отримані дерева рішень на основі показника відношення приростів інформації, бачимо, що змінився порядок ієрархічності атрибутів. Так вдалося позбавитися ухилу в сторону атрибутів з більшим числом категоріальних значень, що спостерігається при використанні показника інформаційного приросту.

У перспективі бачиться необхідним вивчення питання обчислювальної складності запропонованого методу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. J.Han and M.Kamber, Data Mining: Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann, San Francisco, 1st edition, 2001.
2. T.Hastie, R.Tibshirani and J.H.Friedman, The Elements of Statistical Learning, Springer, New York, 1st edition, 2001.
3. C.Ordonez, Comparing association rules and decision trees for disease prediction, In Proc. ACM HIKM Workshop, 2006, pp. 17-24.
4. C.Ordonez, Integrating K-means clustering with a relational DBMS using SQL, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering (TKDE) 18(2) (2006), 188-201.
5. J.R.Quinlan. Induction of decision trees. Machine Learning, 1: 81-106, 1986.
6. J.R.Quinlan. C4.5: Programs for Machine Learning. Morgan Kaufmann, 1993.
7. L.Breiman, J.Friedman, R.Olshen, and C.Stone. Classification and Regression Trees. Wadsworth International Group, 1984.
8. Марценюк В.П., Кравец Н.О. О программной среде проектирования интеллектуальных баз данных // Клиническая информатика и телемедицина – 2004. – №1. – с.47-53.
9. Марценюк В.П. Математичні моделі в системі підтримки прийняття рішень страхового забезпечення лікування онкологічних захворювань: підхід на основі динаміки Гомперца / В.П. Марценюк, І.Є. Андрушак, І.С. Гвоздецька, Н.Я. Климук // Доповіді Національної академії наук України. –2012. – №10. – С. 34-39.
10. Марценюк В.П. Підхід на основі актуарних математичних моделей до задач страхової медицини / В. П. Марценюк, І.Є. Андрушак, Н.Я Климук // Медична інформатика та інженерія. Науково-практичний журнал. – 2010. – №4. – С. 85-87.

UDC 621.38

Danilenko V.V., Fediuk R.S., Komardin D.V., Mironov K.K., Pujka I.A.

Far Eastern Federal University

E-mail: gera210307@yandex.ru

MEASUREMENT OF NETWORK CAPACITY BETWEEN THE INDIVIDUAL PHASES AND EARTH

Current-carrying parts and the housing of the electrical product (or land) form a kind of capacitor having a certain capacity. Two conductive medium isolated from each other, are at different potentials: a tire under U_0 , and the case (or ground) at a zero potential.

Keywords: inductance, choke, magnetic flux, magnetic field, coil.

В.В. Даниленко, Р.С. Федюк, Д.В. Комардин, К.К. Миронов, И.А. Пуйка. Измерение ёмкости сети между отдельными фазами и землей. Токоведущие части и корпус электротехнического изделия (либо земля) образуют своеобразный конденсатор, обладающий определенной емкостью. Две токопроводящих среды, изолированных друг от друга, находятся под разными потенциалами: шина под U_0 , а корпус (или земля) под нулевым потенциалом.

Ключевые слова: индуктивность, дроссель, магнитный поток, магнитное поле, катушка индуктивности.

For select the settings for the device protective neutral earthing is necessary to determine the capacitance values between the individual phases of the network and housing (ground). Measurements can be made when an inverter circuit of each phase of the network to the body (to the ground) through the ammeter RA with a switch Q₁. Circuit of the ammeter is shown in Fig. 1.

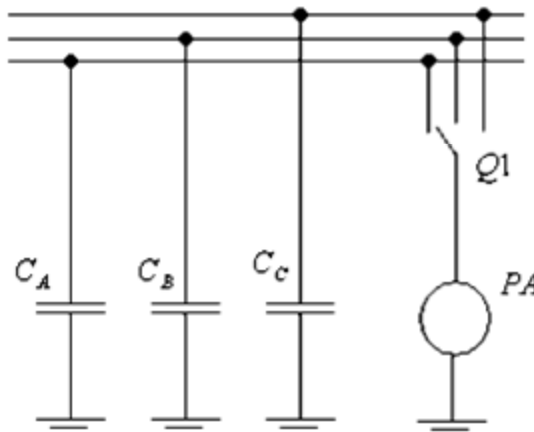


Fig. 1. Measurement scheme of single-phase fault current housing

Measured by the method described insulation fault currents are used to calculate the phase capacitance $C_A + C_B + C_C$. C_A, C_B, C_C . The calculation of these tanks carried by the following formula [1]:

$$N_A = \frac{I_B + I_C - I_A}{3\omega U_0}$$

$$N_B = \frac{I_C + I_A - I_B}{3\omega U_0}$$

$$N_C = \frac{I_A + I_B - I_C}{3\omega U_0}$$

where I_A, I_B, I_C - current values of the measured currents; ω - the angular frequency of the current in the network; U_0 - the rms value of the phase voltage.

The above described procedure was used to find containers phases of the tug "Vasily Albanov", which was made for the device the protective earth [2].

Once tuned to resonance with the network arc suppression coil will not be useful in a highly branched network with a large number of consumers, because the network capacity often changes not only in the event of fault, but also in the normal state as a result of changes in the length of the line when connecting or disconnecting users and under the influence of temperature, frequency fluctuations. Therefore, the inductance of arc suppression coil have to be kept at a value that resonates with the capacity of the network.

This task can perform, for example, the meter type mismatch compensation IRK-5A, which is designed for compensated networks 6-35 kV, equipped with stepped and continuously-variable Peterson coils [3].

The principle of this device is as follows:

Between the ground and the ground terminal arc-suppression coil is switched current source control U_{25} , which provides a current with a frequency of 25 Hz, is closed through the arc suppression coil, busbars total network capacity C_Σ .

Circuit of the current source control is shown in Fig. 2.

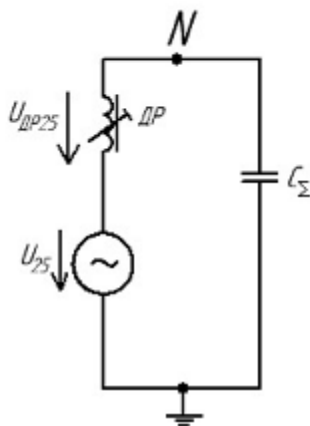


Fig. 2. Circuit of the current source control

Ratio of the voltage with a frequency of 25 Hz (U_{DP25}) for arc suppression coil to the voltage control current source is uniquely dependent on the ratio of arc suppression coil inductance and the total capacity of the network.

For resonance tuning the ratio is:

$$\frac{U_{DP25}}{U_{25}} = \frac{1}{3}$$

From this formula it is clear that in order to maintain the resonant voltage on the reactor configuration should be three times greater than the voltage reference source current.

If you change the network capacity varies mismatch compensation. If the network capacity increased, and emerged with underdosing exceeded exposed to IRK-5A setting in Undercompensation, the relay, which starts the motor arc suppression coil in the direction of increasing current arc suppression coil (increasing the air gap of the reactor) and vice versa [4-8].

REFERENCES

1. Ivanov E.A. Control methods of isolation of ship electric power systems: studies. manual / E.A.Ivanov, S.E. Kuznetsov. - St. Petersburg.: Elmore, 1999 - 80.
2. Blaginin V.A. Test device of protective grounding neutral in the ship's electric power system // Bezopasnost Zhiznedeyatelnosti. - 2010. - No 2. - Pp. 40-47.
3. Drozdov N. Measuring device mismatch compensation and automatic tuning arc suppression reactors setpoint mismatch compensation // Operational management in the electricity sector. - 2014. - No. 1. Pp. 40-43.
4. Kaminsky E.A. Star, delta, zigzag. M.: Energy, 1973.
5. Li, T., Miao, X.-P., Li, X.-B. A new tuning method of arc suppression coil based on the constant zero-sequence voltage amplitude // Dianli Xitong Baohu yu Kongzhi/Power System Protection and Control.- 2014. - Vol. 42. - Issue 9. - Pp. 86-90.
6. Cai, B. Research on parallel operation technology of following-setting compensation mode arc-suppression coils // Applied Mechanics and Materials. - 2014. - Volume 532. - Pp 595-602.
7. Wang, Y., Chen, G., Zhang, S. A continuously magnetic valve arc-suppression coil and its modeling // Diangong Jishu Xuebao/Transactions of China Electrotechnical Society. - 2014. - Vol. 29. - Issue 5. - Pp. 239-245.
8. Shirinskaya I.V. Complex equipment to protect networks from single-phase earth fault // ELEKTRO. Elektrotehnika, electricity, electrical engineering. - 2011. - No 5.- Pp. 34-40.

УДК 539.3

Егарміна Л.М.

Запорізька державна інженерна академія

E-mail: auster13@ukr.net

ПРОГРАМА МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НЕСТАЦІОНАРНОЇ ПРУЖНОЇ ХВИЛІ У ОДНОВИМІРНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

У даній роботі розроблено програмний комплекс моделювання розповсюдження нестационарних хвиль у пружних одновимірних конструкціях. Використано нову уточнену математичну модель процесу, яка побудована на основі дослідження тривимірних рівнянь теорії пружності. Отримані уточнені розв'язки дозволили виявити та відобразити графічно нові складні ефекти, що відбуваються поблизу фронту хвилі. Програма дозволяє спостерігати розповсюдження збурення по перерізу конструкції задаючи такі параметри, як час, розміри, повздовжні або поперечні переміщення. Для реалізації обрано мову програмування C#.

Ключові слова: асимптотико-груповий аналіз, уточнені рівняння повздовжньої деформації стержня, фронт хвилі, раптово прикладене повздовжнє навантаження, нестационарні хвилі.

Л.Н. Егармина. Програмное моделирование распространения нестационарной упругой волны в одномерных конструкциях. В данной работе разработан программный комплекс моделирования распространения нестационарных волн в упругих одномерных конструкциях. Использована новая уточненная математическая модель процесса, построенная на базе исследования трехмерных уравнений теории упругости. Полученные уточненные решения позволили выявить и графически отобразить новые сложные эффекты, происходящие вблизи фронта волны. Программа позволяет наблюдать распространение возмущения по сечению конструкции задавая такие параметры, как время, размеры, продольные или поперечные перемещения. Для реализации выбран язык программирования C#.

Ключевые слова: асимптотико-групповой анализ, уточненные уравнения продольной деформации стержня, фронт волны, внезапно приложенная продольная нагрузка, нестационарные волны.

L. Yegarmina. Software-based modeling of spread of the unsteady elastic waves in one-dimensional structures. A new software system for modeling of unsteady waves in elastic one-dimensional structures is developed in this work. A new specified mathematical model of the process that is based on the study of three-dimensional equations of the theory of elasticity is used here. The specified solutions made possible to identify and graphically display the new complex effects occurring near the wave front. The program allows you to monitor the spread of disturbance across the section by changing the design parameters such as time, size, longitudinal or transverse movement. The programming language selected for implementation is C #.

Keywords: asymptotic-group analysis, specified equalizations of longitudinal dynamic deformation of bar, wave front, suddenly appeared longitudinal load, unsteady waves.

Постановка проблеми. Проектування інженерних конструкцій складної конфігурації у динамічних випадках потребує попередніх досліджень динаміки окремих складових таких конструкцій. Такими складовими, як правило, є пластини, оболонки та стержні. Але виявляється, що, на відміну від задач статички, у розрахунках динамічних задач виникають складні проблеми навіть у начебто простих елементах конструкцій. Особливо це стосується так званих нестационарних задач, які виникають при розрахунках реакцій конструкцій на раптово прикладене або ударне навантаження. Дослідження відповідних хвильових процесів у пластинах, оболонках та стержнях, дозволяє розробити адекватні математичні моделі і методи вирішення задач. Це обумовлює постійний достатньо тривалий інтерес і велику кількість досліджень, проведених у області аналізу хвильових процесів у стержнях, пластинах та інших елементах механічних конструкцій. Незважаючи на це, існують і по сьогодні проблеми, що залишають актуальними дослідження у цій області.

Існує два основних підходи до дослідження перехідних процесів у шарі. По-перше, можна вирішувати ці задачі на основі тривимірних рівнянь теорії пружності [1-3]. Він пов'язаний із

подоланням дуже складних технічних проблем, викликаних, частково, внутрішнім багатократним відбиттям фронтів хвиль, що розповсюджуються, від границі шару. По-друге, широко використовуються різні спрощені двовимірні і одновимірні моделі [4-6]. Але їх використання не завжди обґрунтоване і не дає можливості отримання відповідей на багато важливих питань.

У роботах [9, 10] було показано, що дослідження безпосередньо тривимірних динамічних рівнянь теорії пружності методом асимптотико-групового аналізу, розробленим Шамровським О.Д. [7], дозволяє побудувати нові уточнені моделі динаміки пружних тіл, що враховують раніше невідомі ефекти поблизу фронтів збурень. Представимо основні результати таких досліджень на прикладі задачі прикладення до торця напівнескінченного стержня раптового навантаження.

Асимптотико-груповий аналіз дозволив перейти від тривимірних рівнянь теорії пружності до наступної системи диференціальних рівнянь [9], що описують повздовжню деформацію стержня під час дії раптово прикладеного навантаження:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0, \quad c \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{8} \left(\frac{h_2}{h_3} \right)^2 \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

$$c \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{8} \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} = 0, \quad P = \frac{\partial u}{\partial x}$$

тут t – безрозмірний час, $W = \frac{u_3}{h_3}$, $V = \frac{u_2}{h_2}$ – поперечні переміщення, h_2, h_3 – поперечні розміри стержня.

Для пошуку розв'язків системи (1) використано метод послідовних наближень. Для цього шукані функції представляються у вигляді рядів:

$$u = \sum_{i=1}^{\infty} u_i, \quad V = \sum_{i=1}^{\infty} V_i, \quad W = \sum_{i=1}^{\infty} W_i, \quad P = \sum_{i=1}^{\infty} P_i \quad (2)$$

Відповідно до [9] для довільного наближення можна записати:

$$u_i = \sum_{j=1}^i u_{i,j} x^{i-j} (t-x)^{g+i+j-1}, \quad P_i = \sum_{j=1}^i P_{i,j} x^{i-j} (t-x)^{g+i+j-2} \quad (3)$$

$$V_i = \sum_{j=1}^i V_{i,j} x^{i-j} (t-x)^{g+i+j}, \quad W_i = \sum_{j=1}^i W_{i,j} x^{i-j} (t-x)^{g+i+j}$$

де коефіцієнти знаходять за рекурентними формулами:

$$u_{i,j-1} = \frac{1}{2(i-j+1)(g+i+j-2)} \{ u_{i,j-2} (i-j+2)(i-j+1) + \quad (4)$$

$$+ c [V_{i-1,j-2} (i-j+1) - V_{i-1,j-1} (g+i+j-2) + W_{i-1,j-2} (i-j+1) - W_{i-1,j-1} (g+i+j-2)] \}$$

$$(i=2,3,\dots; \quad j=2,\dots,i)$$

$$V_{i,j} = -\frac{8}{(g+i+j)(g+i+j-1)} \left(\frac{h_3}{h_2} \right)^2 \{ V_{i-1,j-1} + c W_{i-1,j-1} +$$

$$+ c [u_{i,j-1} (i-j+1) - u_{i,j} (g+i+j-1)] \} \quad (i=1,2,\dots; \quad j=1,\dots,i)$$

$$W_{i,j} = -\frac{8}{(g+i+j)(g+i+j-1)} \{ W_{i-1,j-1} + c V_{i-1,j-1} +$$

$$+ c [u_{i,j-1} (i-j+1) - u_{i,j} (g+i+j-1)] \} \quad (i=1,2,\dots; \quad j=1,\dots,i)$$

$$P_{i,j} = u_{i,j-1} (i-j+1) - u_{i,j} (g+i+j-1) + c (V_{i-1,j-1} + W_{i-1,j-1})$$

$$(i=1,2,\dots; \quad j=1,\dots,i)$$

$$u_{i,i} = \frac{u_{i,i-1} + c(V_{i-1,i-1} + W_{i-1,i-1}) - F_i}{g + 2i - 1} \quad (i = 1, 2, \dots)$$

Розв'язки отримані у вигляді асимптотичних рядів. При чому головні величини знаходяться рекурсивно.

Зазвичай, коли мова йде про звичайні математичні ряди, обов'язково виконують дослідження на їх збіжність. Однак, для асимптотичних рядів для знаходження кінцевого результату збіжність не є необхідною. Для ряду, що збігається характерне його представлення у вигляді функції при $x = x_0$, $n \rightarrow \infty$, а для асимптотичного ряду – при $n = n_0$, $x \rightarrow x_0$. Сумування асимптотичного ряду потрібно виконувати до найменшого члену ряду. Як тільки значення чергового члену ряду отримано більшим ніж значення попереднього – сумування завершують. Такий підхід забезпечує експоненціальну точність [8].

До виникнення комп'ютерної техніки розв'язки (2-4) майже не мали ніякої практичної цінності через необхідність у великих часових затратах на пошук кінцевого значення вручну. Однак на сьогоднішній день процес розрахунків за такими формулами не важко автоматизувати.

Для пошуку розв'язку поставленої задачі на мові програмування C# створено програмний продукт, що дозволив графічно відобразити розповсюдження нестационарної пружної хвилі у стержні під час дії раптово прикладеного навантаження.

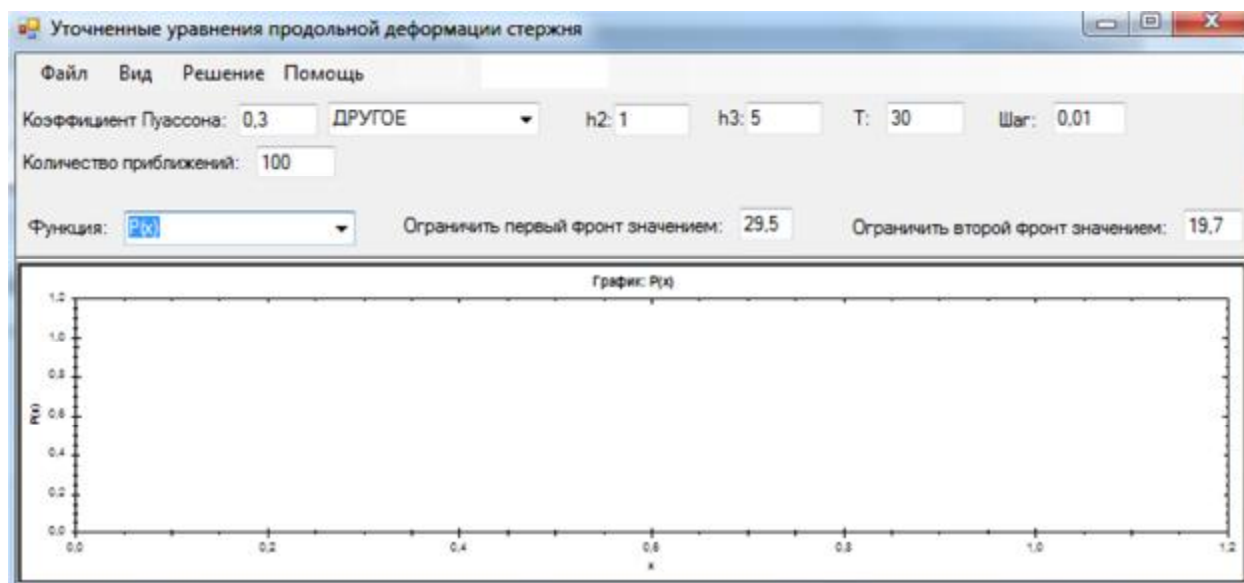


Рис. 1. Інтерфейс програми.

Задаючи різні параметри моделі (вид прикладеного навантаження, розміри поперечного перерізу конструкції, час і т.д.), можна спостерігати розповсюдження збурення по перерізу раптово навантаженого стержня (Рис. 2-4).

За допомогою програми вдалось виявити нові складні ефекти, що відбуваються поблизу фронту хвилі (Рис. 3). На графіку чітко видно, що хвиля, яка з'являється у стержні після прикладення навантаження, має складний характер. Поблизу першого фронту $x = \tau$, що розповсюджується із швидкістю тривимірних повздовжніх хвиль, маємо процес, що швидко змінюється. Він швидко затухає із віддаленням від фронту. Далі виникає квазифронт переходу від тривимірного напружено-деформованого стану до двовимірного. А потім, за допомогою ще одного квазифронту, відбувається остаточний перехід від двовимірного стану до одновимірного.

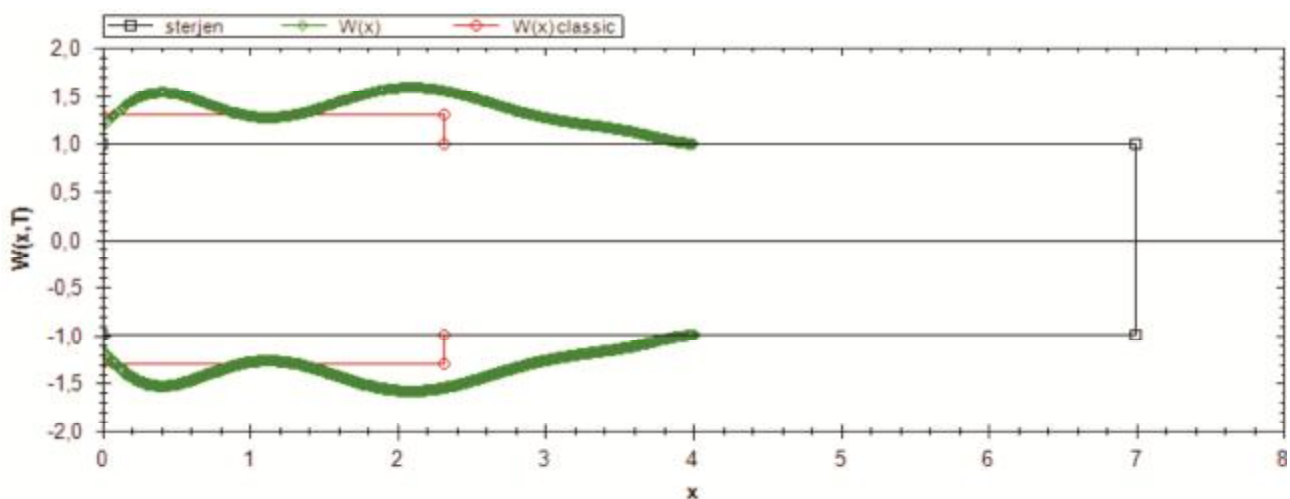


Рис. 2. Розподілення поперечного переміщення у стержні ($t = 4, h_2 = h_3 = 1$).

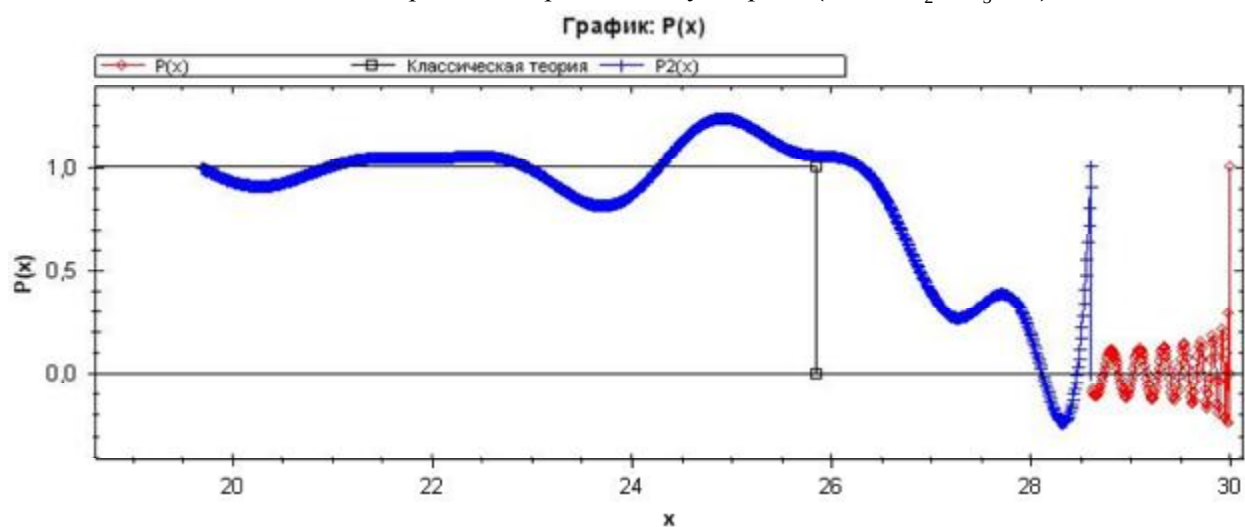


Рис.3. Розповсюдження повздовжньої хвилі у стержні $P(x)$ для значень $\frac{h_2}{h_3} = 0.2; t = 30$.

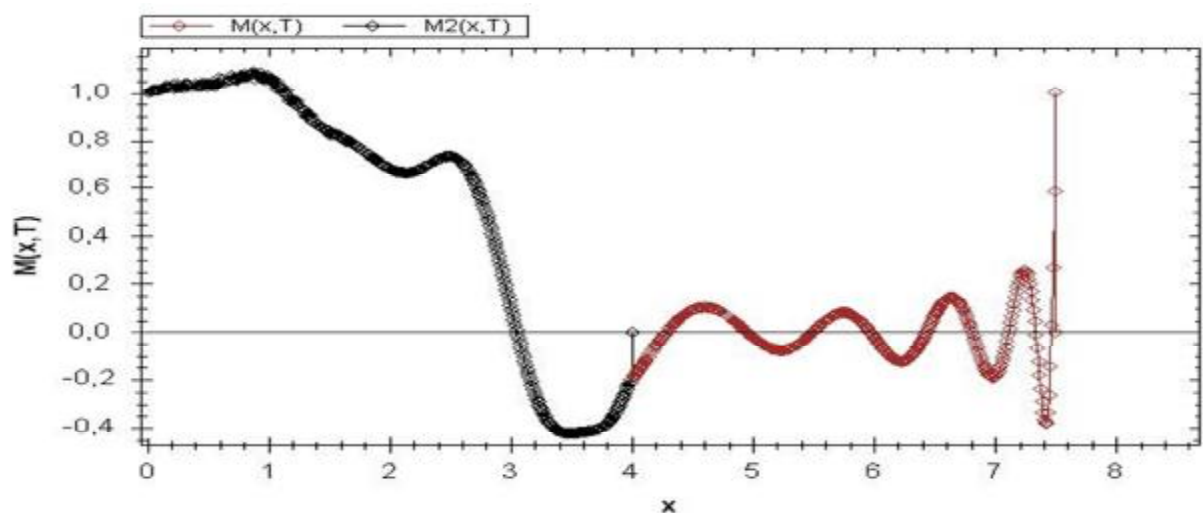


Рис. 4. Розповсюдження хвилі $M(x, t)$ у стержні квадратного перерізу $\tau = 7,5$ під час раптово прикладеного на торці моменту, що згинає

Висновки. Таким чином пропонується автоматизований підхід до розрахунків динамічних задач для стержневих конструкцій. Отримані за допомогою програми результати показують додаткові можливості уточнених рівнянь по відношенню до попередніх.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Амбарцумян С.А. Теория анизотропных пластин. – М.: Наука, 1967. – 266 с.
2. Векуа И.Н. К вопросу распространения упругих волн в бесконечном слое, ограниченном двумя параллельными плоскостями. // Тр. Тбилисс. Геофизич. Ин-та, 1937, т.2.
3. Кабулов В.К. Интегральные уравнения типа баланса и их применение к динамическому расчету стержней и балок. Изд. АН УзССР, 1961.
4. Лурье А.И. Операционное исчисление. Гостехиздат, М.-Л., 1951
5. Гильман Л.С. Теоретическое и экспериментальное исследование напряжений в плитах при действии кратковременных нагрузок. // Строит. механ. и расчет сооруж., 1960, №4.
6. Мазинг Р.И. Влияние формы импульсов на прогибы круглой пластинки. // Изв. АН СССР, ОТН, Мех. и машиностр., 1960, №6.
7. Шамровский А.Д. Асимптотико-групповой анализ дифференциальных уравнений теории упругости. – Запорожье: Изд. ЗГИА, 1997. – 169 с.
8. Рамис Ж.-П. Расходящиеся ряды и асимптотическая теория. М.; Ижевск: Ин-т компьютер. иссл., 2002, 80 с.
9. Егармина Л.Н., Михайлуца Е.Н. Поперечные перемещения в стержне при внезапной продольной нагрузке. Классическая и уточненная теории // Вісник східноєвропейського національного університету ім. В. Даля, 2013. - № 6 (195) – Ч. 2. – 64-69 с.
10. Шамровский О.Д., Егармина Л.М. Розповсюдження нестационарних пружних хвиль у тонкостінних конструкціях: монографія / О.Д Шамровский, Л.М. Егарміна – Запоріжжя, ЗДІА, 2011. – 132 с.

УДК 004.42:657.42

Жеребцов О.А., Белоконов Ю.О., Щипанский П.

Запорізька державна інженерна академія

E-mail: AAZherebtsov@gmail.com

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА РОЗРАХУНКУ МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ ІНТЕРМЕТАЛІДНИХ СПЛАВІВ

У даній роботі розроблені заходи автоматизованого розрахунку потоків матеріального балансу шляхом їхнього формування у середовищі створеного програмного продукту. Встановлено, що розроблений програмний комплекс володіє достатнім інструментарієм для розрахунку систем матеріального балансу, та може використовуватись на практиці при створенні нових або оптимізації існуючих технологічних процесів отримання інтерметалідних сплавів.

O.A. Zherebtsov, Y.O. Belokon, P.Shchipansky. The automated system for mass balance calculation of technological processes of intermetallic alloys obtaining. The measures of automated calculation of material balance flows by its formation in the environment created by the created software were developed in this paper. It is found that the developed software system has sufficient tools for material balance system calculation and can be used in practice for creating new or optimize existing processes for intermetallic alloys production.

Keywords: material balance, algorithm, software, intermetallic alloys.

А.А. Жеребцов, Ю.А. Белоконов, П. Щипанский. Автоматизированная система расчета материального баланса технологических процессов получения интерметаллидных сплавов. В данной работе разработаны мероприятия автоматизированного расчета потоков материального баланса путем его формирования в среде созданного программного продукта. Установлено, что разработанный программный комплекс имеет достаточный инструментарий для расчета систем материального баланса и

может использоваться на практике при создании новых или оптимизации существующих технологических процессов получения интерметаллидных сплавов.

Ключевые слова: материальный баланс, алгоритм, программный продукт, интерметаллидные сплавы.

Постановка проблеми. Матеріальний баланс - це баланс, що фіксує джерела і масштаби надходження і витрачання матеріальних ресурсів і відповідність їхніх обсягів[1].

Матеріальний баланс спрямований на рішення забезпечення узгодження проектного й діючого виробництва з постачальниками сировини й матеріалів, споживачами готової продукції, основної і попутної; на забезпечення самого процесу проектування й роботи з матеріалами, необхідними для розрахунку й роботи встаткування й оцінки якісних показників прийнятої схеми й діючого виробництва.

На практиці витрати робочого часу на складання та розрахунок матеріального балансу досить значні. Тому застосування обчислювальної техніки у задачах матеріального балансу є актуальною потребою.

Одним із засобів вирішення матеріального балансу - це його перетворення у математичну систему лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) [2]. Складання СЛАР відбувається по-етапно за наступним алгоритмом (рис. 1):

1. Перша система рівнянь зв'язує вихідні продукти із вхідними для кожної технологічної операції.
2. Друга система рівнянь зв'язує невідомі вихідного продукту із вхідним коефіцієнтом їхнього розподілу. Кількість рівнянь від однієї операції дорівнює кількості дій, які починаються від цієї операції, за виключенням одного, при цьому вибір дії не має принципового значення.
3. Для визначення роботи системи одному з ресурсів балансу надають певного значення (зазвичай це кінцевий продукт технологічної схеми).

Вирішення системи СЛАР відбувається за розширеним методом Гаусса де матриця коефіцієнтів ортонормується разом зі стовпцем вільних членів, у якому й отримується необхідний результат (рис. 2).

За середовище розробки програми було обрано Borland Delphi 7.0 з мовою програмування Object Pascal, та використанням базових компонентів розробки.

Для реалізації складових частин блок-схеми матеріального балансу було створено два класи:

1. TOperation (що описує технологічні операції):

```
Type TOperation = class(tshape)
public
  Opname:string;
  labelP:Tlabel;
  edit:tedit;
  fldrag,flfocus,fldelete:boolean;
  x1,y1:integer; num:longint;
  n,k:array[1..255] of integer;
  nkol,kkol,num2:byte;
  procedure DbClickP(Sender: TObject);
  procedure PCopy(sender1,sender2:TOperation);
  procedure Opcreate(sender:tWinControl);
```

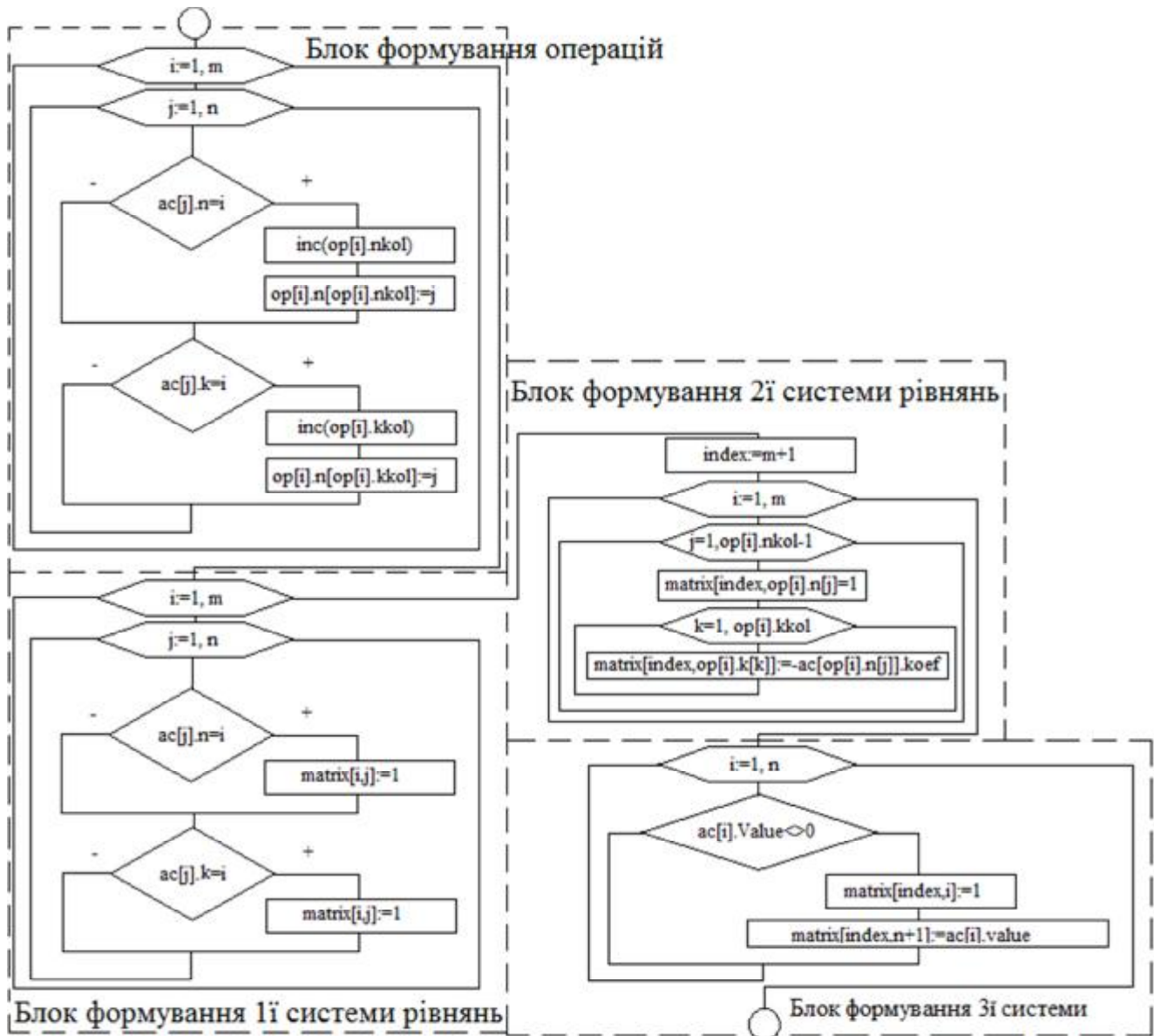


Рис. 1. Алгоритм формування матриці технологічних потоків

2. TAction (що описує розподіл виробничих ресурсів системи).

type TAction = class(object)

ActName:string;

XYkol:byte;

XY:array[1..255] of TLine;

n,k,last,x1,y1,nx,ny:integer;

koef,value:real;

labelA:tlabel;

fldrag,fldelete:boolean;

edit:tedit;

procedure fantom_line(x,y:integer; num:longint);

procedure ACopy(sender, sender2:taction);

procedure XYPoint(X,Y,Z:longint);

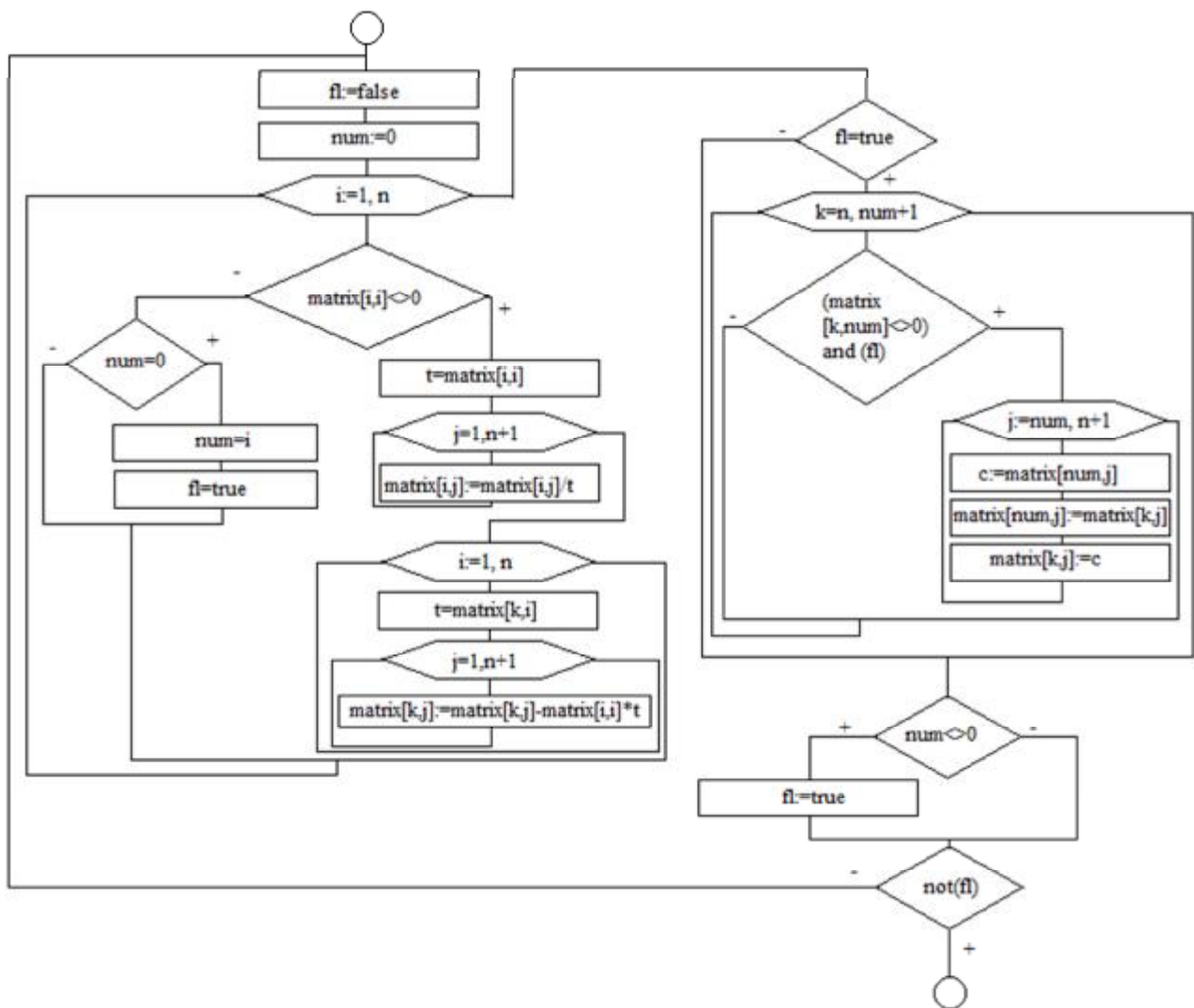


Рис. 2. Алгоритм вирішення сформованої матриці матеріальних потоків

СЛАР системи зберігається та обробляється у двовірному масиві.

Інтерфейсна частина програми створювалась на умові зручного діалогу з користувачем, та включає у себе (рис. 3): основне меню програми, де відображені загальні дії та операції; панель швидкого доступу; основне робоче поле, де створюється, редагується та форматується технологічна блок-схема виробничого процесу; контекстне меню; рядок стану, для відображення попутної інформації. При необхідності користувач може викликати додаткове діалогове вікно роботи зі СЛАР, де відображається математична реалізація процесу.

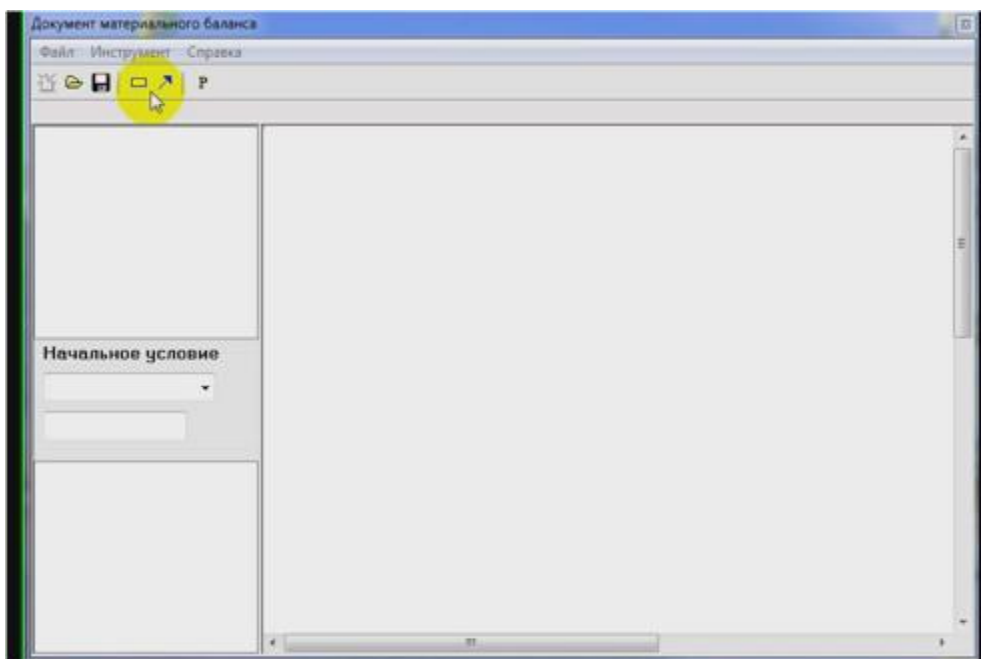


Рис. 3. Діалоговий інтерфейс роботи з програмою

Крім того дана програма може зберігати інформацію з поточним станом рішення задачі до файлів з розширенням *.mtb та відкривати ці файли для подальшого використання.

Основні дії користувача з програмою:

- створює, редагує, форматує, зберігає технологічну схему матеріального балансу,
- вирішує задачу матеріального балансу.

Ця програма була спеціально розроблена для отримання інтерметалідних сплавів в умовах саморозповсюджувального високотемпературного синтезу (СВС). СВС є ефективним засобом отримання широкого класу матеріалів і являє собою сильно екзотермічну взаємодію хімічних реагентів у конденсованій фазі, що відбувається у режимі горіння [3]. Одним з варіантів проведення СВС-процесу є нагрівання з заданою швидкістю до такої високої температури, при якій починається об'ємне саморозігрівання системи за рахунок хімічної реакції, та СВС минає у режимі об'ємного теплового спалаху. Цим способом синтезовано найбільшу кількість матеріалу, в першу чергу це інтерметаліди (найпоширеніше алюмініду металів) і композити на їх основі. Однак з урахуванням значної різниці нового методу від традиційного способу гарячого пресування і складності компонування матеріалів дослідження процесу утворення компактного матеріалу з високопористих продуктів горіння можливо тільки з урахуванням повного матеріального балансу усіх стадій СВС-процесу.

Загальна технологічна схема отримання порошків СВС-продуктів містить у собі наступні стадії: допоміжні операції з підготовки шихти, заповнення реактора шихтою та газами, безпосередньо синтез і наступний розподіл кінцевих продуктів.

Програма заснована на рівняннях матеріального балансу кожної ступені і всієї схеми технологічного процесу, вираження залежності коефіцієнта розподілу алюмініда титана від його рівноважної концентрації у твердій фазі і має можливість розраховувати кількість теоретичних ступеней операцій підготовки, синтезу, ущільнення, а також необхідну кількість реакційної суміші.

Висновки. Таким чином розроблена програма володіє достатнім інструментарієм для розрахунку систем матеріального балансу, та може використовуватись на практиці при створенні нових або оптимізації отримання технологічних сплавів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Грошева Л.П. Основы материального баланса: Методическое пособие. - Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2006. - 14 с.
2. В.В. Апанасенко. Расчет материального баланса металлургического производства с использованием электронных таблиц Excel. М.: Вестник МИТХТ, т.4 № 4. 2009 – с. 71-77.

3. Обробка металів тиском при нестационарних температурних умовах: монографія / Б.П. Серeda, І.В. Кругляк, О.А. Жеребцов, Ю.О. Белокопья. – Запоріжжя: ЗДІА, 2009. – 252 с.

УДК 681.5.015.8

Маркіна Л.М., Смолянкін О.О., Захарчук О.Б.,

Кафедра АУВП

Луцький Національний Технічний Університет

E-mail: marckina.luda@yandex.ua

РОЗРАХУНОК ПЕРЕДАТОЧНОЇ ФУНКЦІЇ МЕТОДОМ ПЛОЩ СІМОЮ М.П.

В даній роботі проведено розрахунок передаточної функції методом площ та побудову перехідної характеристики теплового процесу.

Ключові слова: метод площ, передаточна функція, крива розгону, перехідна характеристика, регулятор, система автоматичного регулювання.

Маркина Л.Н., Смолянкин А.А., Захарчук О.Б. Расчет передаточной функции методом площадей Симой М.П. В данной работе проведен расчет передаточной функции методом площадей и построение переходной характеристики теплового процесса.

Ключевые слова: метод площадей, передаточная функция, кривая разгона, переходная характеристика, регулятор, система автоматического регулирования.

Markina L.M, Smolyankin O.A, Zakharchuk O.B. Calculation of the transfer function space by Sima M.P. In this paper, the calculation method of the transfer function space and the construction of the transient response of the thermal process.

Keywords: method of space, transfer function curve acceleration transient response of the regulator, automatic regulation

Постановка проблеми. В останні роки значного розвитку набули методи ідентифікації об'єктів регулювання, які дають змогу розробляти і вивчати математичні моделі об'єктів. Усі методи розділяють на два класи: аналітичні та експериментальні. Для точного, або як кажуть адекватного, математичного опису об'єкта доцільно застосовувати експериментальні методи. Однак для проведення експериментів і опрацювання отриманої інформації, зазвичай, потрібні значні витрати часу і засобів. Тому ми спробуємо поєднати аналітичний метод знаходження передаточної функції об'єкта за основу взявши метод площ Сімою та експериментальну частину провівши за допомогою створеного апаратного комплексу.

Завдання САР у загальному випадку полягає в забезпеченні такої зміни регульованої величини $x(t)$, при якій відхилення від потрібного значення не перевищувало б допустимих відхилень за технологічними умовами. З цією метою параметри і вид регулятора мають бути узгоджені з параметрами і динамічними характеристиками об'єкта. В ТАК однією з особливостей регулятора є можливість впливу на статичні і динамічні помилки САР, що залежить від характеристик регулятора, які визначаються його законом керування (регулювання)

При аналітичному визначенні перехідної характеристики потрібно знайти рішення диференціального рівняння САУ (елемента) при вхідному сигналі $X_{вх}(t)=1(t)$ і нульових початкових умовах. Конкретні обриси характеристики $h(t)$ залежать від динамічних властивостей САУ (елемента) і можуть бути досить різноманітними.

При експериментальному визначенні необхідно провести активний експеримент, і по його даних зазвичай графічно зображають перехідний процес. Перехідні характеристики – невід'ємна частина будь-якого технологічного процесу. Неможливо створити систему, яка хоча б раз не преходила з одного стану в інший. Тому задача дослідження цих характеристик є дуже важливою в системах автоматичного керування. Особливо вона відіграє роль у підборі автоматичного регулятора, оскільки саме він повинен забезпечувати стійкість і стабільність системи.

Виклад основного матеріалу. Основою для роботи з перехідними характеристиками і регулятором служить технологічний процес або дослідження характеристик за допомогою апаратного

комплексу, який максимально наближений до реальних умов. У нашому випадку ми проводимо дослідження за допомогою апаратного комплексу, який відповідає наступним вимогам:

1. Витримує необхідну задану температуру. Для розгляду характеристик і з точки зору безпеки температура не повинна перевищувати 60-80°C.
2. Дає можливість проводити регулювання.
3. Дає можливість створювати збурення.

Оскільки в жодній реальній системі не має можливості повністю видалити зовнішні дію, тому наша модель надає можливість створювати зовнішні збурення. Отримані в результаті дослідження дані потім можуть бути використані при автоматизації теплових процесів на виробництві.

Для розрахунку регулятора та побудови перехідної характеристики було використано метод площ Сімою.

Після запуску апаратного комплексу необхідно зняти криву розгону. Крива розгону це значення від початкового стану спокою до стану усталеного режиму. Нехай усталений режим роботи буде при 60 °C. Тоді необхідно знайти за який час система прийде від температури в приміщенні до температури 60 °C.

По отриманим значенням можна побудувати графік залежності температури від часу. Він зображений на рис.1.2

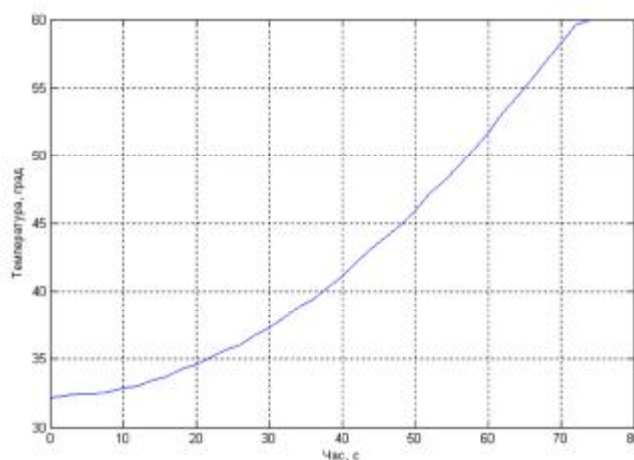


Рис. 1.2. Крива розгону

По кривій розгону необхідно побудувати перехідну характеристику та налаштувати регулятор. Для побудови перехідної характеристики було вибрано метод площ Сімою М.П. Метод площ Сімою М.П. дозволяє визначити передаточну функцію моделі об'єкта по кривій розгону.

Динамічні властивості об'єкта апроксимуються моделлю наступного вигляду:

$$W_M(s) = K \overline{W}_M(s) \cdot e^{-s\tau} = K \cdot \frac{1+b_1s+b_2s^2+\dots+b_ms^m}{1+a_1s+a_2s^2+\dots+b_ns^n} \cdot e^{-s\tau} \quad (1)$$

$$\overline{W}_M(s) = \frac{1+b_1s+b_2s^2+\dots+b_ms^m}{1+a_1s+a_2s^2+\dots+b_ns^n} \quad (2)$$

де:

K – коефіцієнт підсилення,

τ – час запізнення (запізнення),

a_i, b_i – коефіцієнти передаточної функції,

Основною задачею є визначення коефіцієнтів a_i, b_i передаточної функції методом, запропонованим М.П. Сімою.

Величина запізнення τ не перевищує 0,5% ÷ 1% від усталеного значення $\Delta u_{уст.}$

Після побудови кривої розгону необхідно побудувати криву розгону у відхиленнях, тобто змістити початок кривої у точку (0,0) рис.3.5.

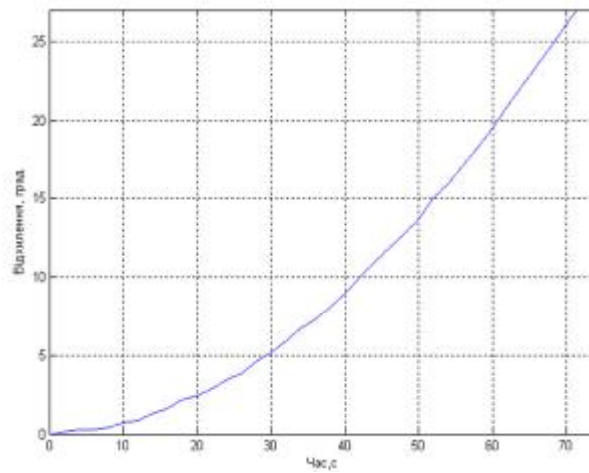


Рис. 1.3. Крива розгону у відхиленнях

Коефіцієнт підсилення визначається за формулою:

$$K_{\text{об}} = \frac{\Delta y_{\text{уст.}}}{\Delta x_{\text{уст.}}} = 5.5640$$

Для розрахунку параметрів моделі методом площ доцільно ввести нормовану криву розгону (перехідну характеристику) (рис. 3.6), визначену за формулою:

$$\bar{h}(t) = \frac{\Delta y(t)}{\Delta y_{\text{уст.}}} \quad (3)$$

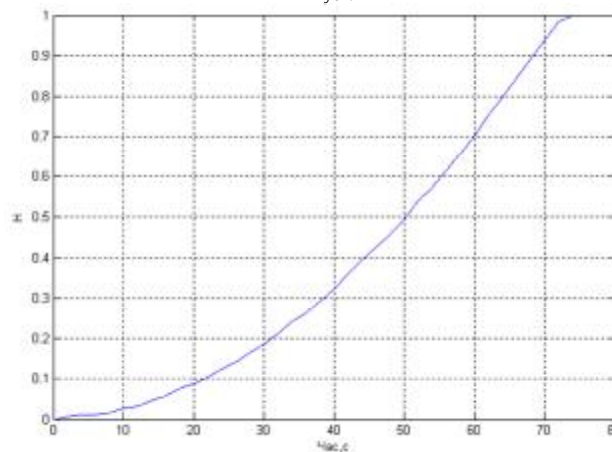


Рис. 1.4. Нормована крива розгону (нормована перехідна характеристика)

Тоді зображення по Лапласу $\bar{h}(t)$ можна записати наступним чином

$$\bar{H}(s) = L\{\bar{h}(t)\} = \bar{W}_m(s) \frac{1}{s} \quad (4)$$

Введемо в розгляд допоміжну функцію $\varphi(t)$ (рис.3.7), яка визначається за формулою:

$$\varphi(t) = 1 - \bar{h}(t) = 1 - \frac{\Delta y(t)}{\Delta y_{\text{уст.}}} \quad (5)$$

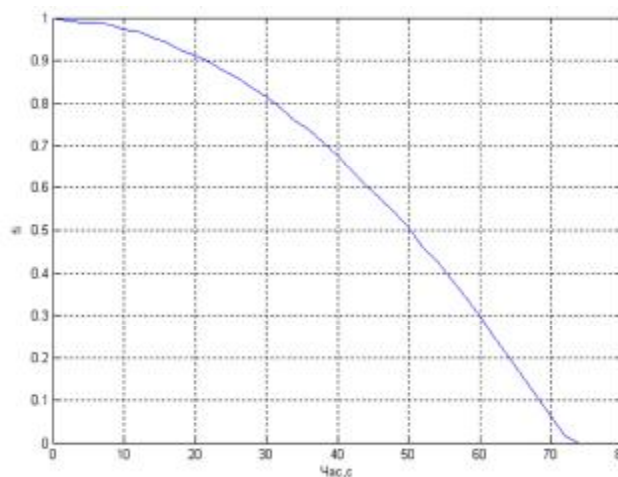


Рис. 1.5. Допоміжна функція $\varphi(t)$

Коефіцієнти ряду μ_k називаються моментами допоміжної функції $\varphi(t)$ і можуть бути визначені безпосередньо з $\varphi(t)$.

Встановимо зв'язок моментів μ_k з функцією $\varphi(t)$. Запишемо формулу прямого перетворення по Лапласу для $\varphi(t)$.

$$\Phi(s) = \int_0^{\infty} \varphi(t) e^{-st} dt$$

Розкладемо $\Phi(s)$ в ряд зі степенем s в точці $s=0$:

$$\Phi(s) = \mu_0 + \mu_1 s + \mu_2 s^2 + \dots + \mu_k s^k = \sum_{k=0}^{\infty} \mu_k s^k \quad (6)$$

де:

$$\mu_k = \frac{1}{k!} \Phi^{(k)}(0) \quad (7)$$

Для визначення моментів використовують такі формули:

$$\begin{aligned} \mu_0 &= \Delta t \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} \varphi(i\Delta t) + 0.5\varphi(0) \right\} = \Delta t \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} (1 - \bar{h}(i\Delta t)) + 0.5(1 - \bar{h}(0)) \right\} \\ \mu_1 &= \Delta t \sum_{i=1}^{n-1} (-i\Delta t) \varphi(i\Delta t) \\ \mu_2 &= \frac{\Delta t}{2!} \sum_{i=1}^{n-1} (-i\Delta t)^2 \varphi(i\Delta t) \\ \mu_k &= \frac{\Delta t}{k!} \sum_{i=1}^{n-1} (-i\Delta t)^k \varphi(i\Delta t) \end{aligned}$$

де Δt – проміжок між значеннями часу.

Отже, розраховані значення моментів:

$$\begin{aligned} \mu_0 &= 24.6621 \\ \mu_1 &= -342.1999 \\ \mu_2 &= 3385.9 \\ \mu_3 &= -26169.5969 \\ \mu_4 &= 166560.3565 \end{aligned}$$

Розглянемо вже відому передаточну функцію моделі

$$\bar{W}_M^{-1}(s) = \frac{1}{\bar{W}_M(s)} = \frac{1+a_1s+a_2s^2+\dots+a_ns^n}{1+b_1s+b_2s^2+\dots+b_ms^m} \quad (8)$$

Розкладемо $\bar{W}_M^{-1}(s)$ в ряд Тейлора в точці $s=0$:

$$\bar{W}_M^{-1}(s) = \frac{1+a_1s+a_2s^2+\dots+a_ns^n}{1+b_1s+b_2s^2+\dots+b_ms^m} = 1 + S_1s + S_2s^2 + \dots + S_k s^k + \dots, \quad (9)$$

де $\bar{W}_M^{-1}(0) = S_2 = 1$.

Коефіцієнти розкладу S_k названі М.П.Сімою площами.

При відомих площах S_k легко визначити коефіцієнти передаточної функції a_i, b_i .

Для цього перемножимо дві частини нерівності (9) на знаменник $\bar{W}_M^{-1}(s)$. В

результаті отримаємо

$$(1 + a_1s + a_2s^2 + \dots + a_ns^n) = (1 + b_1s + b_2s^2 + \dots + b_ms^m)(1 + S_1s + S_2s^2 + \dots + S_ks^k + \dots) \quad (10)$$

Ряди рівні, отже і коефіцієнти повинні бути рівними. Прирівнявши в останньому співвідношенні коефіцієнти при однакових степенях s зліва і справа, отримаємо лінійну систему рівнянь для визначення параметрів моделі a_i, b_i :

$$\begin{aligned} a_1 &= b_1 + S_1 \\ a_2 &= b_2 + b_1S_1 + S_2 \\ a_3 &= b_3 + b_2S_1 + b_1S_2 + S_3 \\ &\dots\dots\dots \\ a_k &= b_k + S_k + \sum_{i=1}^{k-1} b_iS_{k-i} \end{aligned} \quad (11)$$

Встановимо зв'язок між моментами μ_k і площами S_k :

$$s\Phi(s) = 1 - \bar{W}_M(s)$$

Звідси слідує:

$$[1 - s\Phi(s)] = \frac{1}{\bar{W}_M(s)} = 1 \quad (12)$$

Підставляючи вирази (6) і (9) в (11) отримаємо

$$\begin{aligned} &[(1 - s(\mu_0s + \mu_1s + \mu_2s^2 + \dots + \mu_ks^k + \dots))] \cdot (1 + S_1s + S_2s^2 + \dots + S_ks^k + \dots) = 1 \\ \text{або} \\ &[1 - \mu_0s + \mu_1s - \mu_2s^2 - \dots - \mu_{k-1}s^k - \dots] \cdot (1 + S_1s + S_2s^2 + \dots + S_ks^k + \dots) = 1 \end{aligned} \quad (13)$$

Розкриваючи дужки і зводячи подібні доданки, отримаємо

$$1 + (S_1 - \mu_0)s + (S_2 - \mu_0S_1 - \mu_1)s^2 + \dots + (S_k - \mu_{k-1} - \sum_{i=0}^{k-1} \mu_i S_{k-1-i})s^k + \dots = 1 \quad (14)$$

Із (11) слідує,

$$\begin{aligned} S_1 - \mu_0 &= 0 \\ S_2 - \mu_0S_1 - \mu_1 &= 0 \\ &\dots\dots\dots \\ S_k - \mu_{k-1} - \sum_{i=0}^{k-2} \mu_i S_{k-1-i} &= 0 \end{aligned}$$

Із останніх рівностей отримуємо рекурентні формули для визначення площ:

$$\begin{aligned} S_1 &= \mu_0 \\ S_2 &= \mu_0S_1 + \mu_1 \\ &\dots\dots\dots \\ S_k &= \mu_{k-1} + \sum_{i=0}^{k-2} \mu_i S_{k-1-i} \end{aligned} \quad (15)$$

Розрахувавши, отримаємо такі значення:

$$\begin{aligned} S_1 &= 24.66211 \\ S_2 &= 266.01999 \\ S_3 &= 1507.1242 \\ S_4 &= 3470.2412 \end{aligned}$$

Площі розраховуються до першої від'ємної (критерій Стодоли), оскільки у випадках коли площі від'ємні – система нестійка.

Розрахунки проведені в Matlab.

Розглянувши всі можливі випадки ми дійшли до висновку, що саме дана модель найкраще відображає процес:

$$\bar{W}_m(s) = \frac{b_1 + S_1}{1 + a_1s}, \quad n = 1, m = 1 \quad (16)$$



Рис. 1.6. Модель

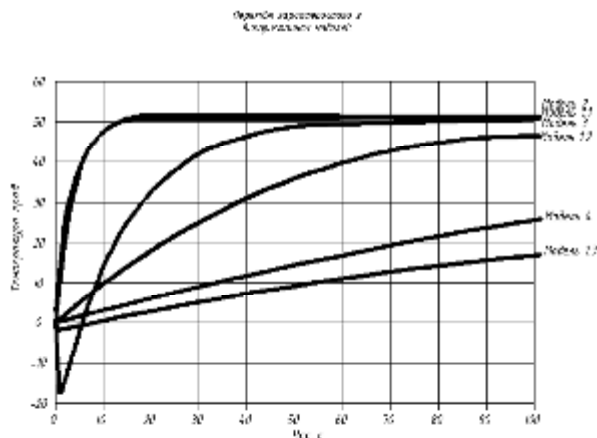


Рис. 1.7. Перехідні характеристики

Висновок. Проведені розрахунки в подальшому можуть бути використанні студентами вузів так і на виробництвах для детальнішого дослідження процесу, а саме підбору регулятора, де використовуються теплові процеси.

Список літератури

1. Автоматизація неперервних технологічних процесів: навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Упоряд. Я.І. Проц, О.А. Данилюк, Т.Б. Дубина - М.: ТДТУ ім. І. Пулюя, 2008. - 239с.
2. Єрофєєв А.А. Теорія автоматичного управління: Підручник для вузів. - 2-е изд., Перераб. і доп. - СПб.: Політехніка, 2001. - 302 с.
3. Симой М.П. Визначення коефіцієнтів передавальних функцій лінеаризованих ланок систем регулювання. Автоматика та телемеханіка, 1957., № 6.С. - 514с.
4. Попович М.Г. Теорія автоматичного управління / Попович М.Г., Ковальчук О.В. - К.: Либідь, 1997. - 544с.

УДК 651.3:518.5

Решетило О.М., Колядинська К.М., Сазик В.О.

Луцький національний технічний університет

E-mail: katia.koliadynska@gmail.com

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛІННЯ АЕРОДИНАМІЧНИМ СТЕНДОМ ДЛЯ КЕРУВАННЯ СТІЙКІСТЮ ОБ'ЄКТА КУЛЕВИДНОЇ ФОРМИ

В роботі описаний метод дослідження та аналізу аеродинамічних характеристик об'єктів системи автоматизації. Розроблений науково-дослідний стенд, що використовується в якості складного об'єкта для вивчення та дослідження систем автоматичного регулювання.

Ключові слова: аеродинамічні характеристики, науково-дослідний стенд, система автоматичного регулювання, ПД-регулятор.

O.M. Reshetylo, K.M. Koliadynska, hardware-software complex aerodynamic management control model for the stability of object spherical forms.

This paper describes a method of research and analysis of the aerodynamic characteristics of objects automation systems. Scientific - research stand, which is used as a complex object for study and research of automatic control systems.

Keywords: *aerodynamic characteristics of scientific - research stand, automatic control system, PID – controller*

А.Н. Решетило, Е.Н. Колядинская. Программно-аппаратный комплекс управление аэродинамическим стендом для управления устойчивостью объекта шаровидной формы

В работе описан метод исследования и анализа аэродинамических характеристик объектов системы автоматизации. Разработанный научно - исследовательский стенд, который используется в качестве сложного объекта для изучения и исследования систем автоматического управления.

Ключевые слова: аэродинамические характеристики, научно-исследовательский стенд, система автоматического управления, ПИД - регулятор.

Вступ. Автоматичне регулювання - це підтримання на заданому рівні або зміна будь-якої фізичної величини в об'єкті регулювання за необхідним законом без безпосередньої участі людини.

Для цього використовуються системи автоматичного регулювання (САР), основне призначення яких - звести до мінімуму відхилення регульованого процесу, що виникають під дією різних причин, від заданого стану.

Постановка проблеми: У наукових дослідженнях останніх років в області автоматичного керування різними об'єктами значну увагу приділяють можливості компенсації збурюючих факторів.

Одним з ефективних засобів дослідження процесів функціонування систем автоматизації є програмно-апаратні комплекси з використанням реальних об'єктів управління.

Проведення експериментальних досліджень на основі використання аеродинамічного стенду дозволяє встановити вплив факторів збурення на об'єкт дослідження та забезпечити стабілізацію об'єкта керування.

Стабілізація об'єкта, типу кулька на плоскій поверхні, являє собою складну задачу з точки зору системи управління. Використання аеродинамічної труби в якості напрямного каналу для кульки спрощує дану задачу та дозволяє внести два збурюючі фактори за допомогою використання вентиляторів на її торцях.

Мета дослідження: Метою роботи є розробка програмно-апаратного комплексу на основі аеродинамічної труби, який забезпечить проведення експериментальних досліджень на встановлення стійкості об'єкта керування.

Основні результати дослідження. Сучасна система освіти в Україні орієнтована на реалізацію високого потенціалу комп'ютерних і телекомунікаційних технологій, що дозволяють використовувати нові форми організації навчального процесу, значно підвищити ефективність навчання і, перш за все, ефективність самостійної роботи студентів, питома вага якої в загальному обсязі навчальної роботи постійно збільшується.

Одним з ефективних засобів дослідження процесів функціонування електромеханічних систем і систем автоматизації, інтенсифікації і підвищення рівня науково-дослідної та інженерної роботи є дослідження на основі комп'ютерного моделювання, забезпечує оперативний розрахунок сталих і перехідних режимів роботи в штатних і позаштатних режимах роботи. Методологічну і методичну основу математичного моделювання на базі пристроїв силової електроніки і мікропроцесорної техніки складають системний підхід, імітаційне та аналітичне моделювання. Труднощі моделювання обумовлені їх неоднорідною фізичною природою, топологічної та математичної складністю моделей, необхідністю реалізації багаторівневого моделювання. Недоліком цього підходу є дослідження віртуальних моделей, які не дають чіткого уявлення про структуру реальних систем і не дозволяють отримати практичні навички роботи з апаратною частиною.

Іншим підходом до дослідження є програмно-апаратні комплекси з використанням реальних об'єктів управління. На відміну від комп'ютерного моделювання ця система дозволяє отримати результати з реальних, а не ідеалізованих, об'єктів, тобто більш чітко визначити характер того чи іншого процесу. Недоліками таких рішень є невідповідність характеристик реальних об'єктів характеристикам ідеалізованих моделей, застосовуваних при вивченні базових дисциплін; можливість дослідження систем тільки певної структури з обмеженим набором об'єктів управління;

прив'язка до спеціального обладнання, часто вимагає додаткових знань інструментальних засобів проектування, висока вартість [1].

Питання розробки лабораторних стендів останнім часом стало ще гострішим. Саме завдяки цьому сталася інтенсифікація впровадження їх у реальному житті.

На основі розробленого в Далекосхідному державному технічному університеті малогабаритного аеродинамічного стенда [2] проводилася модернізація установки і розробка програмно-апаратного комплексу для дослідження траєкторії переміщення об'єкта та забезпечення стабілізації системи.

Конструкція експериментального аеродинамічного стенда (рис.1) включає: аеродинамічну трубу квадратного перерізу, виготовлених з оргскла (товщиною 3 мм.), дві камери для формування потоку повітря, що розташовані на торцях аеродинамічної труби. В торець кожної з камер вбудований вентилятор від персонального комп'ютера (ПК) напругою живлення 12 В, для формування зустрічних повітряних потоків в аеродинамічній трубі, які будуть впливати на об'єкт керування кулевидної форми.

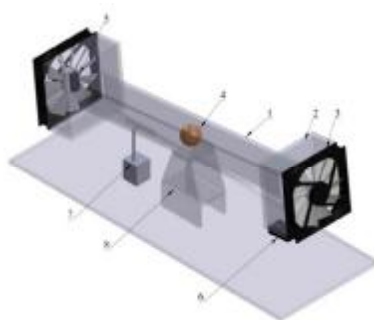


Рис. 1 Розроблений науково-дослідний стенд

- 1 – аеродинамічна труба;
- 2 - корпус;
- 3 – вентилятор;
- 4 – об'єкт управління (кулька)
- 5 – інфрачервоний датчик відстані GP2Y0A21;
- 6 – 3-х осьовий Accelerometer гіроскоп MMA7361;
- 7 – сервопривод Futaba T306 MG995;
- 8 - опора

В один з торців камери вбудований інфрачервоний датчик відстані Sharp GP2Y0A21 (10-80см), який призначений для визначення положення об'єкта (кульки), що знаходиться в аеродинамічній трубі. GP2Y0A21-триангуляційний інфрачервоний датчик відстані дозволяє виявляти об'єкт в діапазоні від 10 до 80 см. Відстань визначається за аналоговою напругою на виході, що робить цей датчик дуже простим у використанні.

В другий торець камери вбудований 3-х осьовий Accelerometer гіроскоп MMA7361, за допомогою якого визначається кут нахилу дослідної установки до горизонту.

Futaba T306 MG995-сервопривід являє собою виконавчий механізм, що змінює кут нахилу аеродинамічної труби до горизонту.

Довжина аеродинамічної труби становить 500 мм.

Універсальність науково-дослідної установки полягає в наступному:

- 1) можуть працювати один або два вентилятори. При управлінні одним - інший може створювати збурюючу дію;
- 2) можна змінювати кут нахилу установки до горизонту, що дозволяє створити додаткову дію збурень на об'єкт керування;
- 3) існує можливість швидкої зміни повітряних потоків: вентилятори можуть працювати на всмоктування і створення повітряного потоку в аеродинамічній трубі.

Для опрацювання сигналів з датчиків та їх передачу на ЕОМ було вибрано мікроконтролер Arduino Mega 2560 (рис.2), який забезпечує виконання наступних функцій:

- керування вентиляторами за допомогою яких забезпечується стійкість кульки;
- зчитування інформації з датчиків та виконавчих механізмів;

- передача та отримання інформації з пристрою обробки.



Рис. 2. Плата Arduino Mega 2560

В результаті проведення серії експериментів з використанням розробленого науково-дослідного стенду було встановлено, що:

- конструкція лабораторного стенду, не є досконалою, оскільки в ній присутні повітряні проміжки, які порушують герметичність аеродинамічної труби, а відповідно і надійність роботи системи в цілому за рахунок появи небажаних зовнішніх збурюючих факторів;
- розроблена програмна частина комплексу використовуючи мову Processing та Matlab/Simulink, забезпечує необхідну швидкість проведення математичних операцій, надає можливість створення зручного інтерфейсу користувача та програмні додатки яких можуть автономно працювати на будь-якому ПК з різними операційними системами;
- ідентифікація об'єкта управління реалізується за рахунок використання методу площ Сімою;
- для стабілізації розробленої математичної моделі використовується ПІД-регулятор, згідно з яким було встановлено, що відсоток і час перерегулювання становлять відповідно 17,4 % та 10 с.

Так як об'єкт дослідження (кулька) поміщалася в аеродинамічну трубу через отвір в одному із торців (тим самим створюючи наявність значного повітряного зазору) в подальшому планується змінити конструкцію установки таким чином, щоб об'єкт дослідження поміщався безпосередньо через отвір в аеродинамічній трубі. Також буде змінена конструкція опори аеродинамічної труби до плоскої поверхні. Для забезпечення більш надійного переміщення аеродинамічної труби відносно горизонту буде використовуватися шарнірне кріплення установки.

Висновки. Запропонована структура програмно-апаратного комплексу дозволяє створювати прототипи систем управління об'єктами, надає широкі можливості дослідження і налагодження роботи керуючих алгоритмів при зміні параметрів об'єкта управління. Для реалізації структури досить мінімального набору стандартного базового обладнання. Використання комплексу може бути ефективним як для наукових досліджень, так і під час навчання студентів за спеціальністю.

Список літератури:

1. Електромеханічні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць VII Всеукраїнської науково - технічної конференції молодих вчених і фахівців в місті Кременчук 2-4 квітня 2009 Кременчук, КДПУ, 2009. - 414 с.
2. «Вісник Далекосхідного державного технічного університету» 2010р. А.В. Вара, К.В. Змеу.

УДК 658.512.011.56

Тулашвілі Ю.Й., Федік Л.Ю., Подоляк В.М.

Національний університет водного господарства та природокористування

E-mail: fediktsia@gmail.com

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ SOLIDWORKS

Ю.Й.Тулашвілі, Л.Ю.Федік, В.М.Подоляк. Система автоматизованого проектування SolidWorks. У статті викладені основні особливості та принципи роботи системи автоматизованого проектування SolidWorks. Зокрема: інтерфейс користувача, проектування деталей, створення зборки і креслень, експрес-аналіз міцності деталей.

Ключові слова: система, програма, проектування, деталь, зборка, креслення, SolidWorks.

Ю.И.Тулашвили, Л.Ю.Федик, В.М.Подольак. Система автоматизированного проектирования SolidWorks. В статье изложены основные особенности и принципы работы системы автоматизированного проектирования SolidWorks. В частности: интерфейс пользователя, проектирование деталей, создания сборки и чертежей, экспресс-анализ прочности деталей.

Ключевые слова: система, программа, проектирование, деталь, сборка, чертеж, SolidWorks.

Y.Y.Tulashvili, L.Y.Fedik, V.M.Podolyak. Computer-aided design SolidWorks. The article presents the main features and principles of computer-aided design SolidWorks. In particular: user interface design detail and assembly drawings creation, rapid analysis of strength parts.

Keywords: system, program, design, detail, assembly, drawing, SolidWorks.

Постановка проблеми. Автоматизація є головним, найбільш перспективним напрямком у розвитку промислового виробництва. Завдяки звільненню людини від безпосередньої участі у виробничих процесах, а також високій концентрації основних операцій значно поліпшуються умови праці і економічні показники виробництва.

Проте, сучасне виробництво характеризується різким ускладненням виробів, що спричинює значне збільшення обсягу проектних і конструкторських робіт. Застосування комп'ютерно-інформаційних технологій у проектно-конструкторській роботі дає змогу значно збільшити продуктивність роботи конструктора, істотно скоротити терміни розробки [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій з даної проблеми. Однією з основних складових компютерно-інтегрованої технології є система автоматизованого проектування SolidWorks. За допомогою якої здійснюється як автоматизоване проектування, інженерний аналіз та підготовка виробництва виробів будь-якої складності і призначення, так і підтримка життєвого циклу виробу відповідно до концепції CALS-технологій, включаючи двонаправлений обмін даними з іншими Windows-додатками і створення інтерактивної документації.

Розробником САПР SolidWorks є SolidWorks Corp. (США) є незалежний підрозділ компанії Dassault Systemes (Франція), світовий лідер у високотехнологічному програмному забезпеченні. Її розробки характеризуються високими показниками якості, надійності та продуктивності.

Сама компанія SolidWorksCorp., була заснована в 1993 році. А у грудні 1995 року вийшла перша версія системи SolidWorks 95. Система була створена як альтернатива двовимірним CAD-системам. Випущена ними САПР склала конкуренцію таким продуктам як Pro/Engineer, Unigraphics NX, AutoCAD.

Система SolidWorks відноситься до САПР "середнього класу". На відміну від "важких" САПР (Unigraphics NX, Pro/Engineer, CATIA), розроблених для Unix-платформ, SolidWorks з самого початку створювалася для роботи на персональних комп'ютерах у системі Microsoft Windows. Вона максимально використовує всі переваги цієї системи, такі як: контекстні меню, режим copy-and-paste, режим drag-and-drop, швидкий перегляд, пошук і відкриття файлів за допомогою провідника, можливість "відкату" та ін. Крім того, SolidWorks ефективно взаємодіє з такими Windows-додатками, як Excel, Word та ін., повноцінно підтримує російську мову (меню, вікна, довідку, технічну документацію), з березня 1998 року, а з жовтня підтримує ЄСКД, як самостійний креслярський стандарт.

Слід зазначити, що у системі SolidWorks підтримуються всі основні стандарти представлення та обміну даними. До складу базового пакета входить більше 20 трансляторів для експорту та імпорту: нейтральних - IGES (*.iges); ACIS (*.sat); STL (*.stl); STEP (*.step, .stp); VDAFS (*.vda); VRML (*.wrl); Parasolid (*.x_t, *.x_b, *.xmt_txt, *.xmt_bin) і для прямого імпорту даних з популярних CAD-систем: AutoCad (*.dxf, *.dwg) і ін.

Залежно від класу вирішуваних завдань замовникам пропонується три базових конфігурації системи: SolidWorks, SolidWorks Professional і SolidWorks Premium. Компанія посилено працює над своїм продуктом, постійно розширюючи його можливості і щорічно оновлюючи програми [2, 7].

Формулювання цілей статті (постановка завдання): принципи роботи в SolidWorks, інструменти та можливості базового модуля: інтерфейс користувача, проектування деталей, створення зборки, проектування зварних деталей за тривимірним ескізом із компонуванням профілів із бази, інструменти для роботи зі зборками, створення креслень, експрес-аналіз міцності деталей.

Модель SolidWorks складається з трьох основних видів - деталей, зборок і креслень. Існує можливість зберігати часто використовуючі елементи в бібліотеці стандартних елементів. У пакет SolidWorks входить панель бібліотечних елементів, яка включає стандартні деталі машин і вироби.

Готові деталі складаються в зборку за допомогою відповідних інструментів. Складання компонентів може здійснюватися як "зверху-вниз", так і "знизу-вверх". На основі створених деталей і зборок складається технічна документація у вигляді креслень і їх деталювання. Асоціативний зв'язок між деталями, зборками та кресленнями гарантує, що зміни, зроблені в одному виді документу, автоматично виконуються у всіх інших видах. При цьому усі виконані операції документуються і відображаються в дереві конструювання. Дерево конструювання в свою чергу містить інформацію про матеріали, освітлення та ін. і дозволяє легко редагувати будь-який елемент моделі [3].

У програмі SolidWorks під час проектування деталей застосовується тривимірне моделювання виробів, яке має багато переваг. Наприклад, виключення помилок збирання виробів ще на етапі проектування, створення за електронною моделлю деталі керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК. Особливістю 3-D моделі, є найбільш повний опис геометричних і фізичних властивостей об'єкта (обсяг, маса, моменти інерції), що дозволяє конструктору створювати об'ємні деталі і компонувати зборки у вигляді тривимірних електронних моделей, за якими створюються двовимірні креслення і специфікації відповідно до вимог ЄСКД. При цьому тривимірна деталь отримується шляхом комбінації тривимірних примітивів і більшість елементів базуються на плоскому ескізі, за яким створюється базовий тривимірний об'єкт. Послідовне нарощування 3D об'єктів дозволяє у результаті отримати бажаний результат.

Опціональні модулі SolidWorks дозволяють розширити базові можливості додатковими функціями зі створення фотореалістичних зображень (PhotoWorks); розпізнавання дерева побудови та параметризації геометрії імпортованої з інших CAD систем (FeatureWorks); створення презентаційних відеороликів виробів у середовищі SolidWorks (SolidWorks Animator); тривимірної обводки кабелів електричних систем і трубопроводів (SolidWorks Routing); створення автономно переглядаючих креслень і моделей, для обміну інформацією з партнерами, які не мають SolidWorks (eDrawings) і т.д. [4, 6].

Права панель SolidWorks являє собою графічну область, в якій виконуються різноманітні операції над деталлю, складанням або кресленням. А у лівій частині вікна SolidWorks відбивається інформація про дерево побудови Feature Manager, параметри функцій і конфігурації моделі.

Послідовність побудови моделі фіксується в дереві Feature Manager. Це дерево проектування дозволяє керувати елементами побудови моделі, вносити зміни в конструкції деталі на будь-якому етапі проектування, не перебудовуючи деталь з початку.

Менеджер властивостей PropertyManager у свою чергу відображає інформацію про всі можливі параметри таких функцій, як: ескізи, скруглення, побудова твердотілого елемента, поверхні, сполучення зборок і т.д. А менеджер конфігурації дозволяє створювати, вибирати і переглядати численні конфігурації деталей і зборок у документі. Використання ж конфігурацій дає змогу створювати в одному файлі моделі кілька виконань виробу.

У програмі бібліотека матеріалів SolidWorks дозволяє визначати матеріал деталі для масових характеристик, специфікацій та розрахунків у COSMOSXpress або COSMOSWorks. У той час як база даних може бути поповнена користувачем і містить інформацію про фізичні властивості матеріалу і властивості видимості (колір деталі, штрихування, текстура матеріалу).

У системі SolidWorks для зручності проектування існують всі необхідні інструменти перегляду інформації в області моделювання, вибору стандартних видів, збільшення і обертання моделі, створення швидких аналітичних розрізів і т.д.

А також є можливості отримання статистичної інформації, характерні тільки для тривимірного твердотілого моделювання, це наприклад, вимірювання відстаней і кутів просторової моделі, визначення масових характеристик, кількості компонентів у зборці.

Для зручності вибору елементів у пакеті існують фільтри, які дозволяють вибирати заздалегідь певні елементи моделі.

Крім цього функція Print3D одним клацанням миші дає користувачам, підключеним до мережі Internet, прямий доступ до найефективніших технологій швидкого прототипування в промисловості, включаючи Стереолітографію (SLA), нанесення термопластів (FDM - Fused Deposition Modeling), лазерне спікання порошків (SLS - Selective Laser Sintering) та ін.

Присутній у SolidWorks і інструмент створення макросів, який дозволяє створювати власні функції. При цьому, зберігши певну послідовність дій, по одній команді можна відтворити її автоматично.

SolidWorks відкрита система для написання програм користувача на Visual Basic і Visual C ++ [4, 7].

Стандартні функції Windows забезпечують роботу з файлами (відкриття, збереження та ін.), друк ескізів 3D моделі з екрану і креслень SolidWorks здійснюється на будь-який плоттер або принтер.

Тривимірний об'єкт ґрунтується на плоскому чи тривимірному ескізі. Для його побудови існує велика кількість різних інструментів, які діють у сукупності з "розумними" прив'язками і дозволяють будувати: прямі, кола та сплайни; обрізати і подовжувати лінії; дзеркально відображати і копіювати об'єкти; робити скруглення і фаски; будувати різні масиви об'єктів і ескізи тексту; проставляти розміри в автоматичному чи ручному режимі; накладати геометричні взаємозв'язки; проектувати на ескіз контури обраних елементів і т.д.

Інструментами побудови тривимірних твердотільних елементів слугує витягування ескізу або вибраного контура в будь-якому напрямку; отримання тіл обертання; елемента за заданими перетинами; за вказаною траєкторією; додання товщини поверхні; створення ухилів на грані моделі; вирізів за ескізом, поворотом, перетинами, траєкторією, площиною чи поверхнею; отримання округлень (з постійним або змінним радіусом) і фасок; побудова ребер жорсткості; створення оболонки; отримання масиву елементів різними способами; деформування твердого тіла; копіювання елементів; комбінування твердих тіл і об'єднання в одну деталь; вставка деталі з файлу в активний документ деталі і т.д.

У той же час інструментами побудови поверхонь є витягування або обертання профілю; витягування профілю уздовж траєкторії; за перетинами між профілями; еквідистанта до поверхні; відсікання поверхні площиною, ескізом або іншою поверхнею; сшивки поверхонь; роз'єму між деталями; перетворення замкнутого обсягу поверхонь у тверде тіло і т.д.

Під час проектування зварних деталей за тривимірним ескізом з компонуванням профілів з бази профіль у базі визначається за стандартом, типом і розміром. При цьому можна створювати власні профілі і додавати їх до бібліотеки. Для обробки зварних конструкцій існують інструменти для відсікання і подовження, як інструменти обрізки; побудови торцевих пробок; побудови зварних швів; елементів кутового з'єднання і т.д.

Проектування деталей з листового металу в SolidWorks можливо, як в прямому "від деталі до розгортки", так і в зворотному порядку "від розгортки до деталі". Для цього є інструменти: побудови розгортки; закруглення кромки листової деталі у вигляді облямівки; додавання згинів; створення зазору між двома крайками і т.д.

Моделювання тривимірних об'єктів рідко обходиться без побудови допоміжної геометрії. У SolidWorks є можливість побудови довідкової площини, осі, системи координат і точки, або вказати один з об'єктів довідковим.

Під час проектування зборок у SolidWorks "знизу вгору" спочатку створюються деталі, потім вони вставляються в збірку і об'єднуються згідно з вимогами проекту. Метод проектування "зверху вниз" відрізняється тим, що робота починається в збірці. Проектування "зверху вниз" у контексті збирання дозволяє створювати посилання на геометрію вихідної моделі, таким чином, що якщо змінюється розмір вихідної моделі, пов'язана з нею деталь оновлюється автоматично.

Для підвищення продуктивності і зручності роботи з великими збірками та їх кресленнями, що містять десятки тисяч деталей, в SolidWorks передбачений спеціальний режим, який дозволяє скоротити час завантаження файлу і раціонально розподіляти ресурси комп'ютера за рахунок відображення скороченою інформації про компоненти зборки [4, 8].

Інструментами для роботи зі збірками слугують: додавання існуючого вузла чи деталі в збірку; переміщення і обертання компонентів зборки; створення пари компонентів зборки, в тому числі за принципом симетричності, кулачка і редуктора; створення видів з рознесеними компонентами; приховування та відображення компонентів; настройки прозорості компонентів зборки; перевірка інтерференції і вимір динамічного зазору між компонентами і т.д.

Під час накладання відповідних взаємозв'язків між компонентами зборки можливе моделювання кінематики механізму складання. Для цього до одного з взаємопов'язаних компонентів,

який має відповідні ступені свободи, прикладаються рушії здатні імітувати поступальний чи обертальний рух, привід від пружини чи дію сил гравітації.

Оскільки оформлення креслень в SolidWorks здійснюється відповідно до вимог ЄСКД і в основі креслення лежить тривимірна модель деталі, то деталі і креслення мають взаємозв'язок автоматично оновлювати креслення під час змін деталі, що забезпечує постійну відповідність моделі і креслення. На креслення можна перенести стандартні види чи будь-який інший вид з моделі, в тому числі ізометричний. Ступінь автоматичного наповнення креслярського виду з моделі регулюється настройками.

Для оформлення креслення у SolidWorks існує інструмент, що дозволяє: автоматично отримувати суміщені види, місцеві види, розрізи і перерізи; будувати розрізи за розрізом; наносити розміри і позначення параметрів якості поверхні; додавати примітки та технічні умови; автоматично чи вручну розставляти позиції; автоматично формувати специфікації; вказувати допуски і посадки з вбудованою базою даних; автоматично заповнювати основний напис; копіювати види і створювати багатолістові креслення і т.д.

У базовий пакет SolidWorks входить модуль COSMOSXpress, який використовується для експрес-розрахунку деформації та визначення коефіцієнта запасу міцності деталі за заданими навантаженнями. У результаті COSMOSXpress дозволяє визначити концентратори напруги і домогтися максимально ефективного використання матеріалу за рахунок зниження ваги елементів конструкції з надмірним запасом міцності [4, 5].

Висновки. Система автоматизованого проектування SolidWorks знайшла широке застосування у виробництві. Завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу, гнучкій системній налаштування, максимальній деталізації моделі, можливості виявлення помилки на ранній стадії проектування виробу, створенню 2D-видів безпосередньо з 3D-моделі в напівавтоматичному режимі. Крім того, система забезпечена каталогами стандартних компонентів (метизів, профілів і т.д.), що дозволяють скоротити час проектування, наявна повна інтеграція з іншими САПР.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <http://joiner.org.ua/2rozrjad/2009-07-08-13-19-32/2009-07-24-08-10-10/2009-07-24-08-42-32.html>
2. http://cncjuniormaster.ucoz.com/load/solidworks_programma_dlja_trekhmernogo_proektirovaniya/2-1-0-11
3. <http://www.solidworks.spb.ru/article/solidworks-about-program>
4. <http://www.thesis.com.ru/software/solidworks/solidworks.php>
5. http://www.solidworld.ru/kms_catalog+stat+cat_id-3+page-1+nums-7.html
6. <http://www.softsalad.ru/software/solidworks-professional.html>
7. <http://chem-otkrit.ru/soft/SolidWorks>
8. http://www.solidworld.ru/kms_catalog+stat+cat_id-3+page-1+nums-7.html

УДК 681.121.84

Федоришин Р. М., Чура М. В., Мот В. Р.

Національний університет “Львівська політехніка”

E-mail: romanfedoryshyn@yahoo.com

ТЕПЛООБМІН МІЖ ПОТОКОМ ГАЗУ ТА КОРПУСОМ РОТОРНОГО ЛІЧИЛЬНИКА В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Ця робота присвячена дослідженню теплообміну між потоком газу та корпусом роторного лічильника в автоматизованій системі комерційного обліку природного газу. Наведено математичну модель зміни температури газу при протіканні через роторний лічильник, яка враховує параметри потоку газу та конструктивні характеристики системи обліку газу. Ця математична модель розроблена на основі експериментальних даних, що були отримані на діючій автоматизованій системі комерційного обліку природного газу на базі роторного лічильника. Проаналізовано вплив похибки вимірювання температури газу на точність вимірювання об'єму природного газу у системах його обліку.

Ключові слова: вимірювання, автоматизована система обліку, температура, теплообмін, похибка.

R. Fedoryshyn, M. Chura, V. Mot. Heat exchange between gas flow and rotary gas meter case in automated system of commercial metering of natural gas. This work deals with investigation of heat exchange between gas flow and rotary gas meter case in automated system of commercial metering of natural gas. The mathematical model of gas temperature change across the rotary gas meter is presented. The parameters of gas flow and the dimensional characteristics of the gas meter are taken into account by means of the mathematical model. The mathematical model was developed on the basis of the experimental data, obtained in an acting automated system of commercial metering of natural gas based on the rotary gas meter. The influence of the error of gas temperature measurement on the accuracy of gas volume measurement in natural gas metering systems is analyzed.

Keywords: measurement, automated metering system, temperature, heat exchange, error.

Р. М. Федоришин, М. В. Чура, В. Р. Мот. Теплообмен между потоком газа и корпусом роторного счетчика в автоматизированной системе коммерческого учета природного газа. Эта работа посвящена исследованию теплообмена между потоком газа и корпусом роторного счетчика в автоматизированной системе коммерческого учета природного газа. Наведена математическая модель изменения температуры газа при протекании через роторный счетчик, которая учитывает параметры потока газа и конструктивные параметры системы учета газа. Эта математическая модель разработана на основании экспериментальных данных, которые были полученные на действующей автоматизированной системе коммерческого учета природного газа, на базе роторного счетчика. Проанализировано влияние погрешности измерения температуры газа на точность измерения объема природного газа в системах его учета.

Ключевые слова: измерение, автоматизированная система учета, температура, теплообмен, погрешность.

Постановка проблеми. На теперішній час точність обліку природного газу постає досить гостро, оскільки ціни на цей енергоносієв невпинно ростуть. Тому більшість споживачів природного газу намагаються застосовувати енергоощадні технології. Проте їх використання буде не ефективним, якщо ведеться неправильний та неточний облік. Економія природного газу можлива лише за умов налагодження його точного обліку на усіх етапах транспортування та на усіх вітках мереж постачання природного газу [1],[2].

Вимірювання витрати та кількості природного газу може бути здійснене за допомогою різних методів [3]. Одним із найпоширеніших методів вимірювання об'єму природного газу в промислових умовах є застосування роторних лічильників. Оскільки газ за різних температур і тисків може займати різний об'єм, то у склад автоматизованої системи обліку природного газу крім роторного лічильника, як правило, входять ще вимірювальні перетворювачі температури і тиску газу, а також коректор, який приводить виміряне значення об'єму до стандартних умов.

Точність вимірювання об'єму природного газу, приведенного до стандартних умов, визначається такими факторами: точність вимірювання об'єму газу за робочих умов; точність вимірювання тиску газу; точність вимірювання температури газу; точність виконання розрахунків коректором. Кожен із перелічених факторів безпосередньо впливає на точність визначення об'єму природного газу приведенного до стандартних умов. Ця робота присвячена дослідженню точності вимірювання температури потоку природного газу в автоматизованих системах його обліку на базі роторних лічильників, а саме впливу теплообміну між потоком газу та корпусом лічильника на точність вимірювання температури та відповідно об'єму газу.

Виклад основного матеріалу. Роторні лічильники часто працюють в умовах, коли температура потоку газу відрізняється від температури навколишнього повітря. Такі умови виникають, коли холодний газ зовні поступає у тепле приміщення котельні (в зимовий період) або коли теплий газ, що нагрівся на сонці у трубопроводі, встановленому на естакаді, поступає у прохолодне приміщення котельні. Різниця температур потоку газу та навколишнього повітря виникає також внаслідок зміни параметрів природного газу при його транспортуванні та внаслідок роботи, що виконується над газом при його транспортуванні та постачанні.

Наявність різниці температур потоку газу та навколишнього повітря приводить до виникнення теплообмінних процесів у системі обліку, які, у свою чергу, приводять до виникнення додаткових систематичних похибок вимірювання температури потоку та відповідних похибок вимірювання об'єму газу [4].

При протіканні газу через роторний лічильник температура газу змінюється внаслідок інтенсивних теплообмінних процесів у камері лічильника. Зміна температури може сягати 5-6 °С. Тому місце встановлення термоперетворювача в системі обліку (до, чи після лічильника) може мати суттєвий вплив на виміряне значення температури потоку газу і, як наслідок, на виміряне значення об'єму газу. У цій роботі нами поставлена задача розробити математичну модель, яка б дозволяла розрахувати на скільки змінюється температура газу після протікання через роторний лічильник, тобто відхилення температури газу на виході лічильника від його температури на вході ($\Delta T_{\text{лр}}$). Модель повинна враховувати конструктивні розміри роторного лічильника газу, температуру і витрату газу а також температуру навколишнього повітря.

Експериментальне дослідження. Для дослідження теплообміну між потоком газу та корпусом лічильника виконано експериментальне дослідження на установці з роторним лічильником, через який пропускали повітря. Схема лічильника газу із встановленими до і після нього термоперетворювачами показана на рис. 1.

Для аналізу експериментальних результатів було обрано термоперетворювачі Т2 та Т3, оскільки вони встановлені з однаковим способом монтажу відповідно до та після лічильника. Основні експериментальні дані: Т2=26,86 °С; Т3=25,52 °С; температура навколишнього повітря в приміщенні лабораторії: 18,46 °С; зовнішній діаметр трубопроводу: 40 мм; внутрішній діаметр трубопроводу: 34 мм; довжина роторного лічильника 168 мм; витрата газу: 10,83 м³/год.

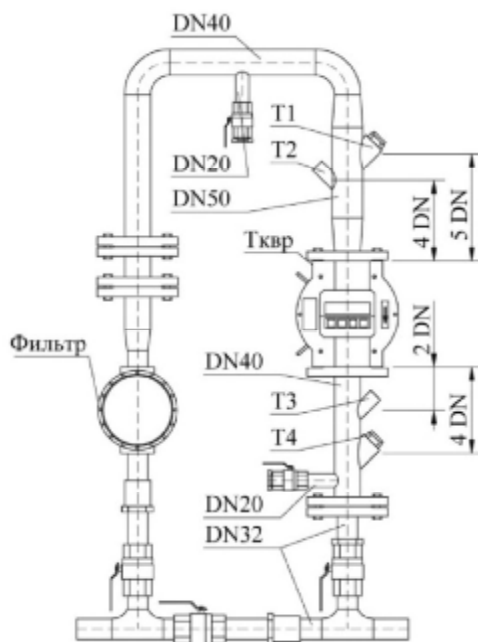


Рис.1. Схема експериментальної установки для дослідження теплообміну між потоком повітря та корпусом лічильника.

З експериментальних даних видно, що після протікання через роторний лічильник температура повітря змінилася (повітря охолодилося) на 1,34 °С.

Розроблення математичної моделі. Будемо розглядати роторний лічильник як теплообмінний об'єкт, на вході якого температура газу T_1 , а на виході T_2 . Для розробки математичної моделі застосуємо рівняння Шухова [5], за допомогою якого можна розрахувати зміну температури газу по довжині трубопроводу:

$$T_2 = T_1 - (T_1 - T_{\text{пов}}) \cdot \left(1 - e^{\frac{-K \cdot L_T}{q_{m, \text{газ}} \cdot c_{p, \text{газ}}}} \right), \quad (1)$$

де $T_{пов}$ – температура навколишнього повітря; T_1 – температура, в початковій точці; T_2 – температура в кінцевій точці; K – коефіцієнт теплопередачі від потоку газу до навколишнього повітря; L_T – відстань між перерізами трубопроводу, де визначається T_1 та T_2 ; $q_{m,газ}$ – масова витрата газу в трубопроводі; $c_{p,газ}$ – теплоємність газу за робочих умов.

На основі формули (1) відхилення температури газу на виході з лічильника від його температури на вході може бути розраховане так:

$$\Delta T_{ЛГ} = T_2 - T_1 = (T_1 - T_{пов}) \cdot \left(1 - e^{\frac{-K \cdot L_T}{q_{m,газ} \cdot c_{p,газ}}} \right). \quad (2)$$

Основним параметром, який потрібно визначити для розрахунку $\Delta T_{ЛГ}$ є коефіцієнт теплопередачі від потоку газу до навколишнього повітря через стінку трубопроводу (K). Тут є можливі такі два підходи:

1). Розрахувати K для лічильника газу із застосуванням критеріальних рівнянь для усіх відомих видів конвективного теплообміну між потоком газу і внутрішньою поверхнею камери лічильника, а після цього вибрати таке рівняння, яке дає результат розрахунку $\Delta T_{ЛГ}$ найближчий до експериментального значення.

2). Розрахувати K для конвективного теплообміну при протіканні газу прямолінійною ділянкою трубопроводу. Визначити таке значення довжини трубопроводу у формулі (2), яке б давало значення $\Delta T_{ЛГ}$ рівне експериментальному значенню.

Будемо визначати $\Delta T_{ЛГ}$ згідно другого підходу. Для цього з формули (2) виразимо L_T

$$L_T = - \frac{q_{m,газ} \cdot c_{p,газ}}{K} \cdot \ln \left(1 - \frac{\Delta T_{ЛГ}}{T_1 - T_{пов}} \right). \quad (3)$$

Розрахунок коефіцієнта теплопередачі K для конвективного теплообміну при протіканні газу прямолінійною ділянкою трубопроводу здійснено на основі критеріальних рівнянь, які є наведені у [6].

Для даних експериментальної установки (1) було розраховано коефіцієнт теплопередачі від потоку газу (повітря) до навколишнього повітря і він становить 0,5603 Вт/(м·К). Довжина трубопроводу, розрахована для експериментального значення $\Delta T_{ЛГ}$ (1,34 °С) за формулою (3), становить 1,104 м (32D).

Аналогічні розрахунки було здійснено для експериментальних даних, що були отримані на діючому вузлі обліку природного газу з роторним лічильником в умовах, коли температура газу була вищою за температуру навколишнього повітря (“умови 1”) та коли температура газу була нижчою за температуру навколишнього повітря (“умови 2”). Параметри експериментальної установки на базі діючої системи обліку природного газу з роторним лічильником наведені у Таблиці 1.

Розраховані значення коефіцієнта теплопередачі K в “умовах 1” та в “умовах 2” становлять відповідно 1,0808 Вт/(м·К) та 1,1888 Вт/(м·К). В “умовах 1” при протіканні газу через роторний лічильник, його температура знизилась на 0,59 °С, що відповідає зниженню температури газу на прямолінійній ділянці трубопроводу довжиною 6,9094 м (95,96 D). В “умовах 2” при протіканні газу через роторний лічильник, його температура зросла на 1,53 °С, що відповідає підвищенню температури газу на прямолінійній ділянці трубопроводу довжиною 8,2829 м (115,04 D).

Таким чином встановлено взаємозв’язок між коефіцієнтом теплопередачі від потоку газу до навколишнього повітря (K) та довжиною трубопроводу (L_T) для розрахунку відхилення температури газу на виході лічильника від його температури на вході ($\Delta T_{ЛГ}$).

Таблиця 1

Параметри експериментальної установки для дослідження теплообміну між потоком природного газу та корпусом лічильника

Назва параметра	Одиниці вимірювання	Значення	
		Умови 1	Умови 2
<u>Параметри середовища</u>			
Тип середовища	-	природний газ	
Абсолютний тиск	кПа	380	
Температура природного газу	°С	+34,6	+19,04
Температура (виміряна термоперетворювачем ТП1, до лічильника)	°С	+33,2	+23,85
Температура (виміряна термоперетворювачем ТП2, після лічильника)	°С	+32,61	+25,38
Витрата, приведена до стандартних умов	м³/год	112,00	110,00
<u>Параметри навколишнього повітря</u>			
Температура повітря	°С	+30,51	+27,04
Швидкість руху повітря	м/с	0	
<u>Параметри лічильника газу</u>			
Конструктивні розміри (ДхШхВ)	мм	509х232х240	
<u>Параметри трубопроводу</u>			
Зовнішній діаметр трубопроводу до та після лічильника	мм	80	
Внутрішній діаметр трубопроводу до та після лічильника	мм	72	

Вплив похибки вимірювання температури газу на точність обліку газу. Відповідно до [7], [8] вплив систематичної похибки вимірювання температури газу на точність визначення об'єму газу за стандартних умов для систем обліку низького тиску на основі лічильників газу описується наступною залежністю:

$$\delta_{v_{c,y}} \approx -0,34 \cdot \Delta T, \quad (4)$$

де $\delta_{v_{c,y}}$ – відносна похибка вимірювання об'єму газу за стандартних умов, %; ΔT – абсолютна похибка вимірювання температури потоку газу, °C.

Приведення виміряного значення об'єму природного газу до стандартних умов здійснюється відповідно до формули [7]:

$$V_{c,y} = V_{p,y} \cdot \frac{P \cdot T_{c,y}}{T \cdot P_{c,y} \cdot K_c}, \quad (5)$$

де $V_{c,y}$ – об'єм газу приведений до стандартних умов, м³/год; $V_{p,y}$ – об'єм газу виміряний лічильником за робочих умов, м³/год; P – тиск газу виміряний за робочих умов, Па; $P_{c,y}$ – тиск газу за стандартних умов, 101325 Па; T – температура газу виміряна за робочих умов, К; $T_{c,y}$ – температура газу за стандартних умов, 293,15 К; K_c – коефіцієнт стисливості газу.

На основі виконаних розрахунків із застосуванням формул (4) та (5) встановлено, що для вузлів обліку газу невисокого тиску (380 кПа) абсолютна похибка вимірювання температури газу $\Delta T = +1^\circ\text{C}$ приводить до відносної методичної похибки вимірювання витрати та об'єму газу $\delta V = -0,34\%$ і формула (4) є справедливою. А для вузлів обліку газу високого тиску (6 МПа) абсолютна похибка вимірювання температури газу $\Delta T = +1^\circ\text{C}$ приводить до відносної методичної похибки вимірювання витрати та об'єму газу $\delta V = -0,54\%$ і формула (4) не справджується.

Висновки. На основі експериментальних досліджень розроблено математичну модель зміни температури газу при протіканні через роторний лічильник, яка враховує параметри потоку газу та конструктивні характеристики системи обліку газу. Ця математична модель дає можливість визначати вплив місця встановлення термоперетворювача в системі обліку (до, чи після лічильника) на вимірне значення температури потоку газу і, як наслідок, на вимірне значення об'єму газу. На основі виконаного аналізу впливу похибки вимірювання температури газу на точність вимірювання об'єму природного газу в системах невисокого тиску встановлено, що абсолютна похибка вимірювання температури газу $+1^\circ\text{C}$ приводить до відносної методичної похибки вимірювання об'єму газу $-0,34\%$. Зменшити похибку вимірювання температури газу в системах його обліку можна шляхом встановлення теплоізоляції, а також шляхом встановлення систем обліку в умовах, коли різниця температур потоку газу і навколишнього повітря є відсутньою або мінімальною.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пістун Є.П., Лесовой Л.В. Нормування витратомірів змінного перепаду тиску. – Львів: Вид-во ЗАТ “Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв”, 2006 – 576 с.
2. Матіко Ф. Д., Федоришин Р. М. Дослідження впливу температурного режиму потоку природного газу на точність вимірювання його витрати методом змінного перепаду тиску // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”: Автоматика, вимірювання та керування. -2007. - № 574. - С. 29-38.
3. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. Л.: Машиностроение. Ленингр., 1989. – 701 с.
4. Є. Пістун, Ф. Матіко, Р. Федоришин. Вплив теплообмінних процесів на точність вимірювання об'єму природного газу // Науково-виробничий журнал “Метрологія та прилади” Харківського національного університету радіоелектроніки. - № 4(24), 2010. - С. 13-19.
5. Кривошеин Б. Л. Теплофизические расчеты газопроводов. – М., Недра, 1982, 168 с.
6. Лабай В. Й. Тепломасообмін: Підручник для ВНЗ. – Львів: Тріада Плюс, 2004. – 260 с.
7. МБУ 034/03-2008 Об'єм природного газу за стандартних умов. Типова методика виконання вимірювань з використанням лічильника газу та коректора об'єму газу.
8. ISO 13443:1996 Natural gas – Standard reference conditions.

UDC 621.38

Fediuk R.S., Danilenko V.V., Komardin D.V., Mironov K.K., Pujka I.A.

Far Eastern Federal University

E-mail: roman44@yandex.ru

SCHEMES OF INVOLVING OF ARC SUPPRESSION COILS

В данной работе приведены различные варианты схем включения дугогасящих реакторов. Схема замещения электрической сети для первого варианта - с пофазной компенсацией емкостных токов. Второй вариант подключения ДР требует наличия явно выраженной нейтральной сети, к которой подключается дугогасящий реактор посредством специального нейтралезобразующего трансформатора

Ключевые слова: индуктивность, дроссель, магнитный поток, магнитное поле, катушка индуктивности.

Р.С. Федюк, В.В. Даниленко, Д.В. Комардин, К.К. Миронов, И.А. Пуйка. Схемы включения дугогасящих реакторов. In this paper we present various options schemes include of arc suppression coils. The equivalent circuit of the electrical network for the first option - with single-phase

compensation of capacitive currents. The second option to connect arc suppression coil requires explicit neutral network that connects the reactor through a special arcing neutral forming transformer.

Keywords: inductance, choke, magnetic flux, magnetic field, coil.

For limiting the fault current can be used two ways include arc-suppression coil to the power grid. The first option - is to install reactors in each phase of power (between phase and earth), the second option - the installation of one arc-suppression coil in the neutral network.

The equivalent circuit of the electrical network for the first option (with a per phase capacitive current compensation) is shown in Fig. 1 [1].

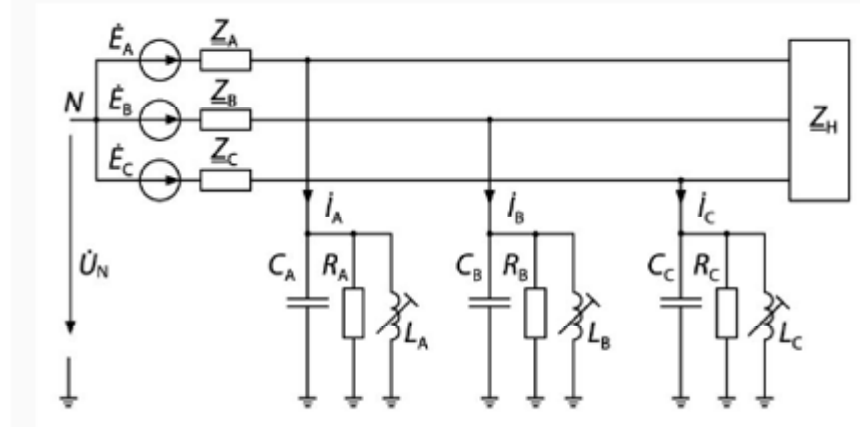


Fig. 1. The equivalent circuit of the electrical network with single-phase compensation of capacitive currents

Reactors connected to each phase, compensating capacitive earth fault current of this phase. The high cost of such a system of compensation of capacitive currents, its bulkiness and technical difficulties in setting up single-phase arc-suppression coil did not lead to its spread.

The second option to connect arc suppression coil requires explicit neutral network that connects the reactor through a special arcing neutral forming transformer. The equivalent circuit of the electrical network with one reactor is shown in Fig. 2 [1].

Capacitive current compensation is implemented by changing the arc suppression coil inductance or capacitance of the capacitor, the included parallel reactor. The disadvantage of this option is the presence of a serial loop "capacity C_D - the leakage inductance of the transformer" that can create a significant surge in the reactor, as well as the complexity in the management of high-voltage capacitor banks. Therefore, currently used only managed arc suppression coils without the capacitor bank [2-3].

Power of arc suppression coil in the circuit shown in Fig. 2, should not be less than the total reactive power phase of the network capacity. Typically, the power arc-suppression coil is chosen taking into account the perspective of the networks and the possibility of compensation of capacitive current one reactor by combining sections of buses and outputs to repair another section of the reactor [1].

Arc suppression coil is a single phase unit. To connect it to a three-phase network often use the main power supply transformer. It is not always acceptable.

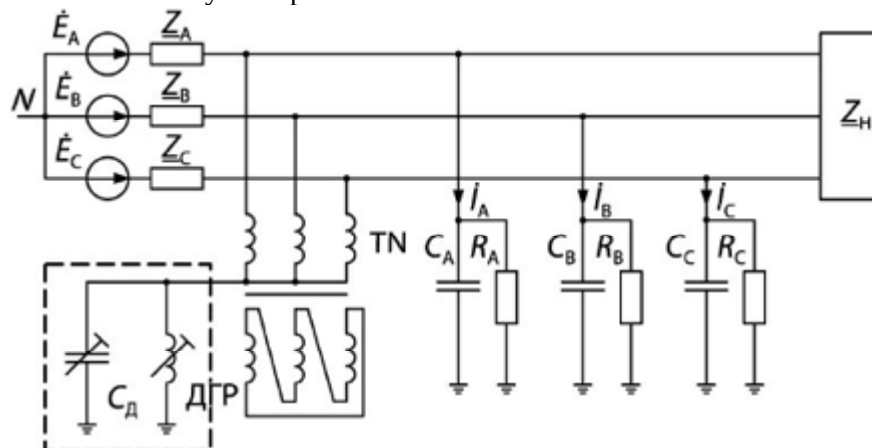


Fig. 2. The equivalent circuit of the electrical network with one arc suppression coil

In order not to overload the main power supply transformer, as well as in cases where the main node of the supply transformer is not displayed, for connection to a three-phase arc-suppression coil network, use special devices - filters residual (neytrallery). Since this device is used as a transformer, then it is called neutral forming, grounding, connecting [1].

The zero sequence current - is the sum of instantaneous values of three phase currents of three-phase system. In the normal state voltage is close to symmetric, and zero sequence current is not available. In the event of, for example, a single-phase earth fault associated with defective insulation, the symmetry is broken, and the sum of the instantaneous values of the currents of the three phases becomes nonzero. It is this residual current and must pass through the reactor and not through the injury.

The task of neutraller in the event of an asymmetric network, emergency mode - do not skip to the grounding system of the current positive and negative sequence (ie currents close to the rated current of the network with a symmetric mode) and simultaneously serve with minimal losses to the reactor zero sequence current. The first part of the problem solved by the application to design of the apparatus of the closed phase of the magnetic circuit, the second part - the application of the scheme winding connection with the least possible resistance to the zero sequence.

In Fig. 3 for connect the reactor RUOM used 3-rod transformer FMZO wound made on a "zig-zag" with the derived neutral [4]. Power inputs A, B and C are connected to the mains phases, the input neutral N joins Peterson coils.

Streams that created by symmetrical currents positive and negative sequence, closed by iron core and create EMF impedes the flow of current. Closed iron core for symmetrical currents virtually impassable [5-6].

Streams that created by the zero-sequence currents in the windings of counter cancel each other without interfering with the passage of residual currents reactor and causing loss of structural elements.

In Fig. 2 as neutraller used three-phase transformer type TM or TMG, the primary winding is connected in star with neutral derived and secondary - to triangle.

In this case, flows created by the zero-sequence currents, creating a closed triangle to secondary winding of the EMF. Current flowing in the secondary winding under the influence of the EMF creates a stream flows by compensating the residual currents. The resulting short-circuit current of the residual flows freely to the reactor, and it creates flows does not cause loss of structural elements.

Neutraller that made on a "zig-zag" has three advantages over neutraller whose primary winding is connected to star and the secondary to triangle:

- half as much fuel wires (there is no secondary coil);
- half as active losses (no secondary winding and the loss of it);
- greater resistance to direct currents and reverse sequences, and minimal current resistance of zero sequence, resulting in a greater accuracy to setting the resonance reactor.

Neytrallers are designed to connect arc suppression coil corresponding to the three-phase power network. They must be designed for continuous operation at rated voltage in the entire range of current control and up to six hours - at maximum current and maximum operating voltage [7-8].

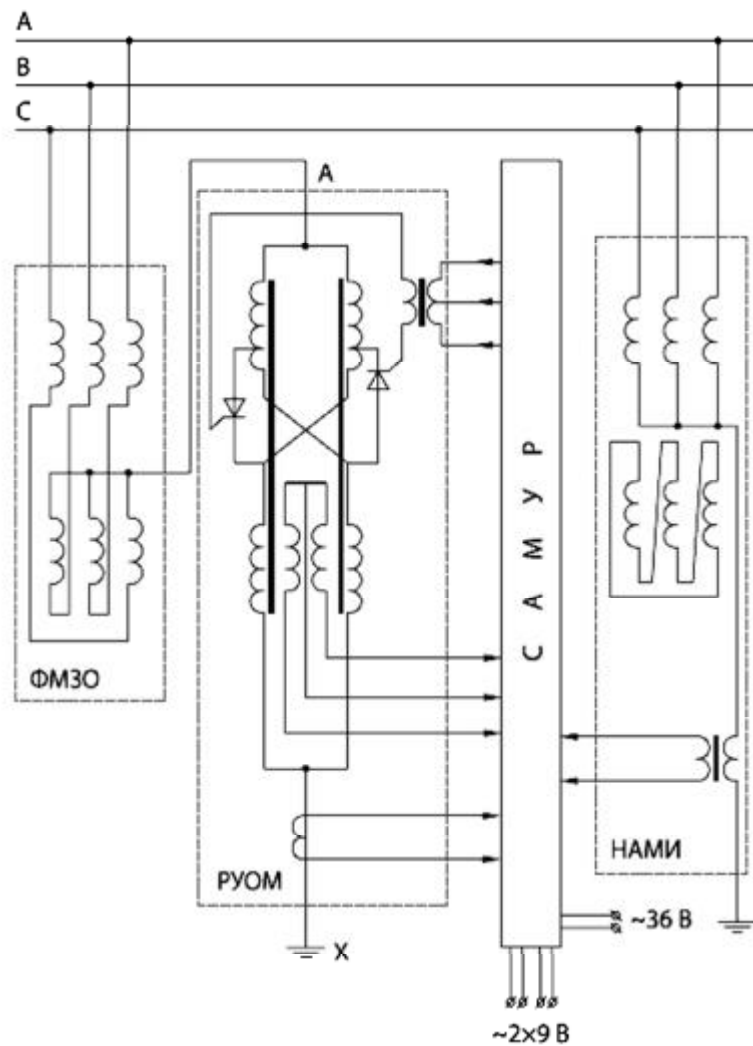


Fig. 3. Functional diagram of the connection of the reactor RUOM to the mains.

REFERENCES

1. Kozlov V. Arc suppression coils in medium voltage networks // News Electro Technic. 2012. No 2 (74). Pp. 50 - 52.
2. Xu, B., Cai, X. An improved method for arc suppression coil tuning during single-phase to earth fault // Dianwang Jishu/Power System Technology. – 2014. – Vol. 38.- Issue 1. – Pp. 107-112.
3. Lin, X., Kursan, I., Sun, J., Li, Z., Zheng, R., Bo, Z., Xu, J., Wei, Z. Fault section identification based on per-unit zero sequence current // IET Conference Publications. – 2014. – Vol. 2014. - Issue 626 CP. - Pp 7.1.5.
4. Kaminsky E.A. Star, delta, zigzag. M.: Energy, 1973.
5. Li, T., Miao, X.-P., Li, X.-B. A new tuning method of arc suppression coil based on the constant zero-sequence voltage amplitude // Dianli Xitong Baohu yu Kongzhi/Power System Protection and Control.- 2014. - Vol. 42. - Issue 9. - Pp. 86-90.
6. Cai, B. Research on parallel operation technology of following-setting compensation mode arc-suppression coils // Applied Mechanics and Materials. – 2014. - Volume 532. - Pp 595-602.
7. Wang, Y., Chen, G., Zhang, S. A continuously magnetic valve arc-suppression coil and its modeling // Diangong Jishu Xuebao/Transactions of China Electrotechnical Society. – 2014. – Vol. 29. - Issue 5. - Pp. 239-245.
8. Shirinskaya I.V. Complex equipment to protect networks from single-phase earth fault // ELEKTRO. Elektrotehnika, electricity, electrical engineering. - 2011. - No 5.- Pp. 34-40.

УДК 621.039.56:681.5

Фощ Т.В., асп.

Одеський національний політехнічний університет

E-mail: antariuz@gmail.com

УДОСКОНАЛЕНА АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПОТУЖНІСТЮ ЕНЕРГОБЛОКУ З ВВЕР-1000 ПРИ ПІДТРИМЦІ ПОСТІЙНОГО АКСІАЛЬНОГО ОФСЕТУ І ПОЧАТКОВОГО ТИСКУ ПАРИ У ДРУГОМУ КОНТУРІ В МАНЕВРЕНОМУ РЕЖИМІ

У даній роботі запропоновано вдосконалену модель автоматизованої системи управління потужності енергоблоку з ВВЕР-1000, алгоритм управління якої підтримує постійне значення аксіального офсету і виконує метод регулювання з постійним початковим тиском пари в другому контурі у маневреному режимі. Маневрений режим здійснює перехід реактора з 100% на 80% від номінальної потужності і назад до 100%. Маневрений режим проводиться за рахунок зміни концентрації борної кислоти в реакторі, а підтриманням постійного значення аксіального офсету виконується регулятором АРМ. Для підтримки постійного значення початкового тиску пари в другому контурі використовується регулятор витрати пари перед турбіною.

Ключові слова: автоматизована система регулювання, режим з постійним початковим тиском пари у другому контурі, ВВЕР-1000, метод регулювання, імітаційна модель, багатозонна модель реактора, аксіальний офсет.

T.Foshch. An improved automated system control of power unit with WVER-1000 while maintaining a constant axial offset and the initial pressure of steam in the second loop while maneuvering. An improved model of the automated system control of the power unit with WVER-1000 control algorithm which maintains a constant value of axial offset and implements control method with constant initial pressure of the steam in the second loop while maneuvering is proposed in this work. Maneuverable mode navigates reactor 100% on 80 % of the nominal power and back to 100%. Maneuverable mode is performed by changing the concentration of boric acid in the reactor and maintain a constant axial offset control workstation runs. To maintain a constant initial pressure of the steam in the second flow control loop is used to couple the turbine.

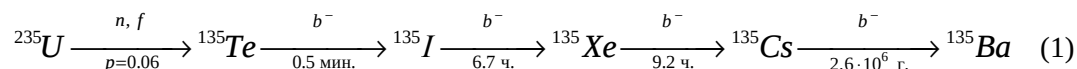
Keywords: automated control system, mode with a constant initial pressure of steam in the second loop, the WVER-1000, control method, the simulation model, multi-zone reactor model, the axial offset.

Т.В.Фощ. Усовершенствованная автоматизированная система управления мощностью энергоблока с ВВЭР-1000 при поддержании постоянного аксиального офсета и начального давления пара во втором контуре в маневренном режиме. В данной работе предложена усовершенствованная модель автоматизированной системы управления мощности энергоблока с ВВЭР-1000, алгоритм управления которой поддерживает постоянное значение аксиального офсета и реализует метод регулирования с постоянным начальным давлением пара во втором контуре в маневренном режиме. Маневренный режим осуществляет переход реактора с 100% на 80% от номинальной мощности и обратно на 100%. Маневренный режим производится за счет изменения концентрации борной кислоты в реакторе, а поддержанием постоянного значения аксиального офсета выполняется регулятором АРМ. Для поддержания постоянного значения начального давления пара во втором контуре используется регулятор расхода пара перед турбиной.

Ключевые слова: автоматизированная система регулирования, режим с постоянным начальным давлением пара во втором контуре, ВВЭР-1000, метод регулирования, имитационная модель, многозонная модель реактора, аксиальный офсет.

Постановка проблемы. В силу того, что энергосистема Украины на данный момент имеет переменный характер графиков электрической нагрузки, а следовательно, в энергосистеме появляется неравномерность между выработкой и потреблением электроэнергии в течение суток [2]. Для решения этой проблемы необходимо создать новую усовершенствованную автоматизированную систему управления мощности энергоблока действующих АЭС в режиме маневрирования.

Во время работы реактора на стационарном уровне мощности, в активной зоне реактора присутствуют нуклиды ^{135}Xe , которые обеспечивают постоянную отрицательную реактивность. Эти нуклиды образуются и накапливаются за счет радиоактивного распада (1), который происходит по следующей схеме [1]:



В случае маневрирования мощностью реактора с одного уровня на другой образуются ксеноновые колебания, что в свою очередь влияет на изменение распределения энерговыделения по высоте активной зоны реактора, как изображено на рис. 1. Циклическое перераспределение энерговыделения по высоте активной зоны реактора в виду ксеноновых колебаний является одной из основных проблем для безопасной эксплуатации энергоблока [6,7,8]. Таким образом, главной задачей для поддержания устойчивости и надежности реактора в маневренном режиме является обеспечение стабильного поведения поля энерговыделения либо аксиального офсета.

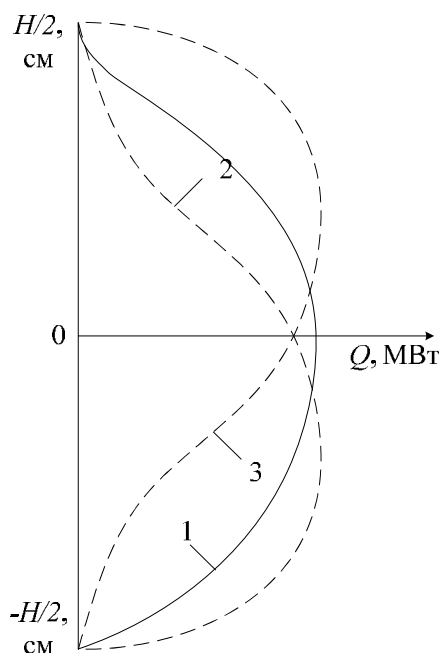


Рис. 1. Изменение распределения энерговыделения Q по высоте АКЗ реактора ВВЭР-1000 во время ксеноновых колебаний: 1 – на номинальном уровне мощности; 2, 3 – во время ксеноновых колебаний.

Для реализации усовершенствованной модели автоматизированной системы управления мощностью энергоблока с ВВЭР-1000, алгоритм управления которой поддерживает постоянное значение аксиального офсета и реализует метод регулирования с постоянным начальным давлением пара во втором контуре в маневренном режиме, была выбрана известная многозонная математическая модель реактора ВВЭР-1000 с сосредоточенными параметрами [4]. Многозонная математическая модель реактора ВВЭР-1000 с сосредоточенными параметрами в отличие от других позволяет контролировать значение аксиального офсета.

На основе вышеуказанного была усовершенствована модель автоматизированной системы управления мощностью энергоблока с ВВЭР-1000, алгоритм управления которой реализует метод регулирования с постоянным начальным давлением пара во втором контуре, а также поддерживает значение аксиального офсета постоянным при маневренном режиме. Данная модель реализована структурно в среде моделирования Simulink программного пакета Matlab и представлена на рис. 2. Расчет настроек регулятора осуществлялся по методу Копеловича А.П. [3]

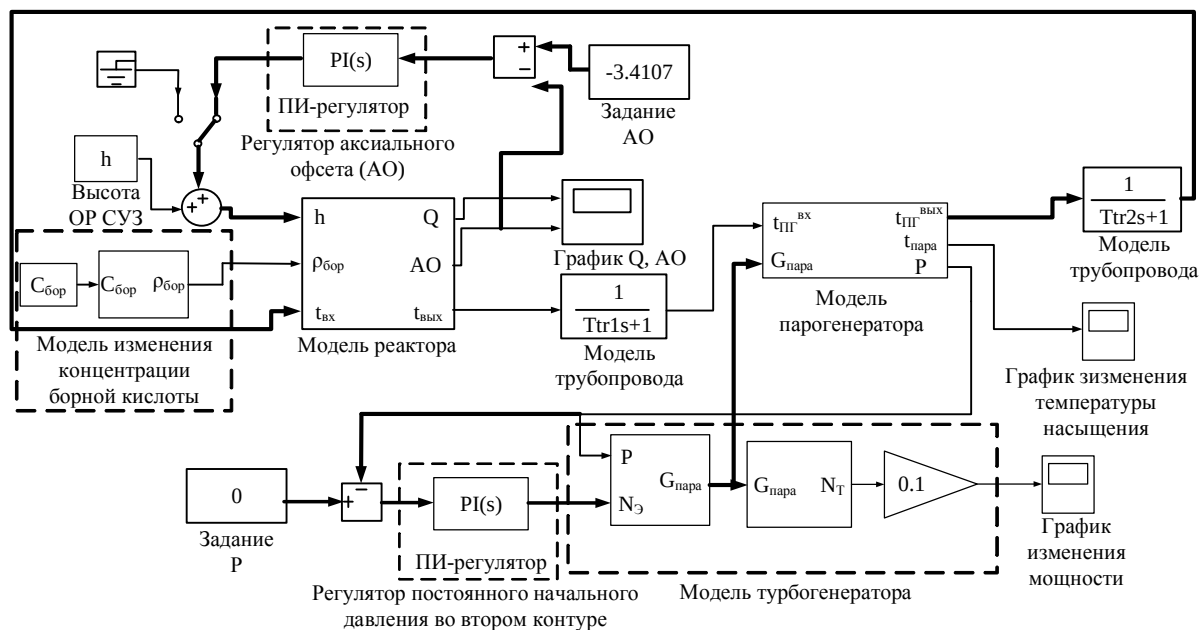


Рис. 2. АСР мощностью энергоблока АЭС с ВВЭР-1000, которая реализует программу регулирования с постоянным давлением во 2-ом контуре

При помощи вышеуказанной АСР были получены переходные процессы начального давления во втором контуре и аксиального оффсета в режиме маневрирования, которые изображены на рис.3, 4.

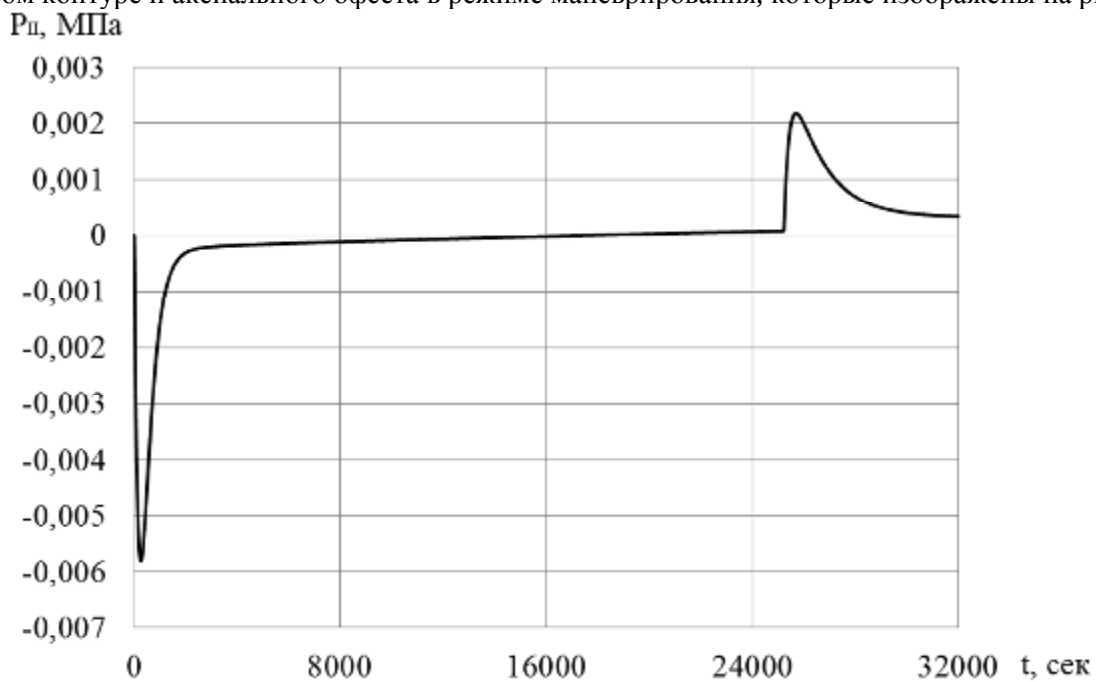


Рис. 3. График переходного процесса начального давления во втором контуре в режиме маневрирования мощностью энергоблока с ВВЭР-1000

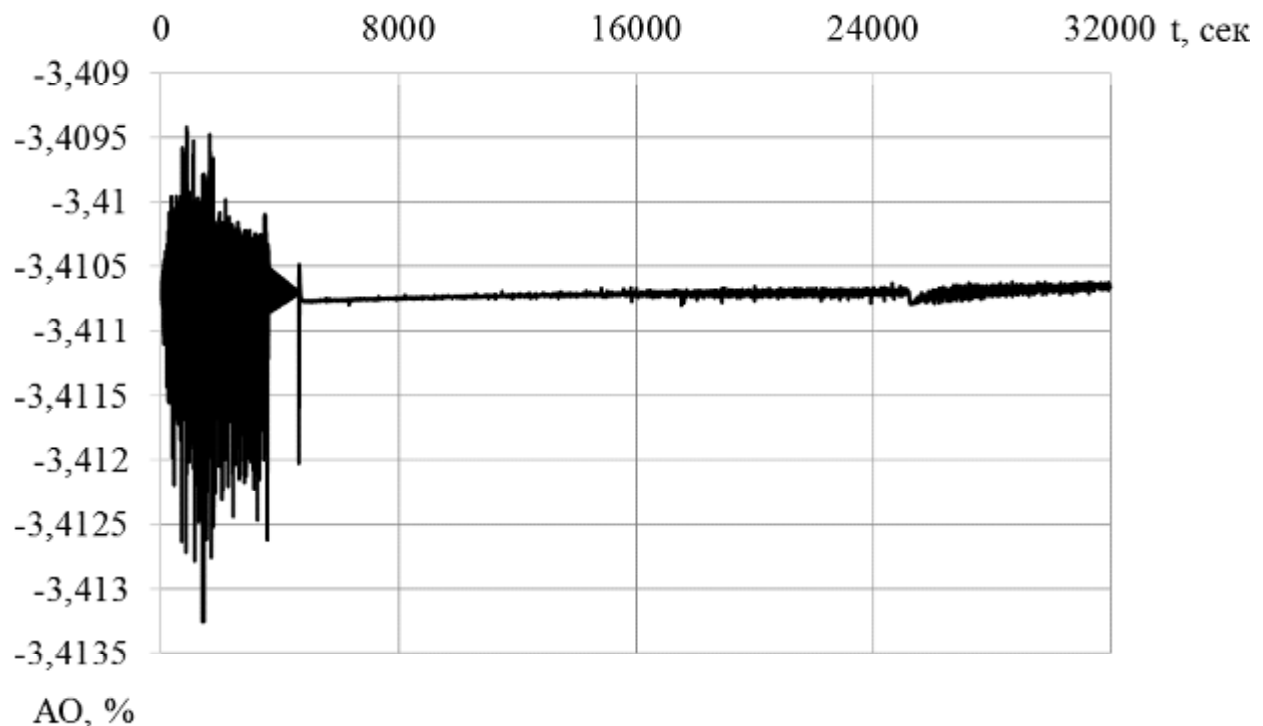


Рис. 4. График переходного процесса аксиального офсета в режиме маневрирования мощностью энергоблока с ВВЭР-1000

Выводы. Таким образом была усовершенствована модель автоматизированной системы управления мощностью энергоблока с ВВЭР-1000, алгоритм управления которой поддерживает постоянное значение аксиального офсета и реализует метод регулирования с постоянным начальным давлением пара во втором контуре в маневренном режиме.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК:

1. Б.А. Дементьев. Кинетика и регулирование ядерных реакторов, Москва, Энергоатомиздат, 1986.
2. В. А. Иванов. Эксплуатация АЭС, Санкт-Петербург, Энергоатомиздат, 1994.
3. А. П. Копелович. Инженерные методы расчета при выборе автоматических регуляторов, Москва, Госуд. науч.-техн. изд. лит. по черн. и цвет. металлургии, 1960.
4. Maksimov, M. V. A model of a power unit with VVER-1000 as an object of power control [Текст] / M. V. Maksimov, K. V. Beglov, T. A. Tsiselskaya // Пр. Одес. політехн. ун-ту. - 2012. - Вип. 38, №1. - С. 99-106.
5. Филимонов П. Е. Программа "Имитатор реактора" для моделирования маневренных режимов работы ВВЭР-1000 [Текст] / П. Е. Филимонов, В. В. Мамичев, С. П. Аверьянова // Атомная энергия. — 1998. — Т. 84, № 6. — с. 560 — 563.
6. Maksimov, M. V. The method of fuel rearrangement control considering fuel element cladding damage and burnup/ S. N. Pelykh, M. V. Maksimov // Problems of Atomic Science and Technology. Ser. Physics of Radiation Effect and Radiation Materials Science. – 2013. – Iss. 5(87).– P. 24 – 36.
7. Maksimov, M. V. Principles of controlling fuel-element cladding lifetime in variable VVER-1000 loading regimes / S. N. Pelykh, M. V. Maksimov, R. L. Gontar // Atomic Energy – 2012. – Iss. 4(112). – P. 241–249.
8. Pelykh, S. N. Cladding rupture life control methods for a power-cycling WVER-1000 nuclear unit / S. N. Pelykh, M. V. Maksimov // Nuclear Engineering and Design. – 2011. – Vol. 241, № 8. – P. 2956 – 2963.

УДК 534.222

Човнюк Ю.В., Сівак І.М.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

e-mail: sivakim@ukr.net

МОЖЛИВОСТІ НОВОЇ ЦИФРОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ПРОНІ (САП) КОЛИВАНЬ ТА ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ СИСТЕМ З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Розглянуті додаткові можливості нової цифрової технології спектрального аналізу коливань систем з розподіленими параметрами на основі сучасної версії методу Проні.

Ключові слова: коливання, аналіз, силос, спектр, параметри.

Chovnyuk Y.V., Sivak I.M. Possibilities of new digital technology of spectrology of proni vibrations and transients of the systems with the up-diffused parameters

Considered additional possibilities of new digital technology of spectrology of vibrations of the systems with the up-diffused parameters on the basis of modern variant of method of Proni.

Keywords: oscillation, analysis, silo, spectrum, parameters.

Човнюк Ю.В., Сивак І.М. Возможности новой цифровой технологии спектрального анализа прони (сап) колебаний и переходных процессов систем с распределёнными параметрами

Рассмотрены дополнительные возможности новой цифровой технологии спектрального анализа колебаний систем с распределёнными параметрами на основе современного варианта (версии) метода Прони.

Ключевые слова: колебания, анализ, силос, спектр, параметры.

Постановка проблеми.

Реальні фізичні та технічні системи мають скінченні розміри, форми чи протяжність. Прикладами систем першого типу є: деталі машин і самі машини, будівельні конструкції (силоси, башти, бункери) тощо. Прикладними другого типу служать: суцільні середовища повітря, води, електромагнітного поля та ін. У загальному випадку коливання таких систем мають, не зважаючи на фізичні й технічні відмінності, багато спільних динамічних властивостей, котрі пов'язані у першу чергу з розподіленістю їх фізико-механічних параметрів за розмірами виробу чи протяжністю середовища. Системи з розподіленими масами й пружностями мають, наприклад, теоретично необмежене число степенів вільності руху і, відповідно, аналогічні спектри резонансних частот, амплітуд та ін. Це вносить додаткові труднощі у експериментальне дослідження.

Аналіз публікацій по темі дослідження.

Існують різноманітні підходи й методи визначення і вивчення основних властивостей коливань систем з розподіленими параметрами на основі експерименту. Додаткові можливості надає нова цифрова технологія спектрального аналізу, розроблена авторами [1] на основі сучасної версії методу Проні. Дана технологія й реалізуючий її програмний комплекс спектрального аналізу Проні (САП) є зручним і ефективним засобом для вилучення з експерименту максимуму корисної для практики інформації.

Слід зазначити переваги технології САП над традиційною, котра відома як технологія швидкого перетворення Фур'є. За технологією швидкого перетворення Фур'є шукані резонансні частоти визначаються опосередковано, виходячи з можливого ряду максимумів розрахункової кривої енергетичної щільності процесу й оцінюються візуально. Область застосування методу швидкого перетворення Фур'є теоретично обмежена стаціонарними випадковими процесами, у яких відсутні перехідні процеси [2]. Суттєвим обмеженням і джерелом похибок розкладу Фур'є є обов'язкова (модельна) кратність періодів ідентифікованих гармонік, що не завжди адекватне фізиці досліджуваних коливань. Обробляються лише дуже довгі записи реалізацій, у яких тисячі точок. Алгоритм швидкого перетворення Фур'є не має параметрів для варіації процесу обробки.

Для запису звуку за технологією САП використовується один мікрофон, на відміну від схеми фірми Briel & Kjaer, котра у зв'язку з необхідністю визначення енергетичного спектру Фур'є вимушена застосовувати два мікрофони й складну схему електронного узгодження каналів[3].

Мета даної роботи полягає у виявленні додаткових можливостей нової цифрової технології спектрального аналізу коливань систем з розподіленими параметрами на основі сучасної версії методу Проні.

Виклад основного змісту дослідження.

Основною метою спектрального аналізу є розділення запису часових процесів систем на їх частотні складові, визначення параметрів (констант) складових її відгуку на зовнішні впливи. Однак головним результатом аналізу зазвичай є визначення резонансного спектру частот. Це пояснюється принциповою значимістю й інформативністю резонансних частот з точки вибору режиму експлуатації, оцінки фактичного стану й можливого динамічного характеру самої поведінки систем при експлуатації.

Технологія САП універсальна як з точки зору форми досліджуваного процесу, так і області її практичного застосування. Вона ефективна у рівній мірі для спектрального аналізу і дослідження лінійних та нелінійних систем із зосередженими й розподіленими параметрами. Однак найбільш ефективно її можна застосувати для визначення за затухаючими перехідними процесами на фоні "шуму" повного динамічного (резонансного) портрету системи з розподіленими параметрами-констант її власних властивостей. Власні властивості лінійної системи характеризують не тільки багатовимірні спектри резонансних частот, але й спектри амплітуд, демпфірування й фаз коливань. Ці дані вичерпно описують перехідний процес системи. Технологія САП забезпечує його теоретичне відновлення й співставлення з вихідним процесом для "самоконтролю" точності результатів аналізу.

Власні властивості технічної системи визначаються й тісно пов'язані з її найважливішими фізико-технічними параметрами й конструкцією. Тому числові значення цих властивостей грають роль своєрідних "паспортних" даних систем. Їх відхилення від наміняльних значень можуть буди використані для динамічного контролю й моніторингу систем за допомогою технології САП.

Нова технологія САП не має вказаних вище обмежень й ідентифікує всі параметри процесів у повністю безособовій (цифровій) формі, включаючи спектри амплітуд, демпфірування й фаз всіх складових процесу, у тому числі й вимушених коливань, яких вони входять до складу запису "вільних" коливань системи. Власні частоти й інші константи процесу ідентифікуються прямими матричними методами. Це забезпечує високу адекватність результатів дослідним даним. Алгоритм допускає зміну умов обробки у широких межах за рахунок: призначення "глибини" досліджуваного частотного простору (числа частот у спектрі), величини зміщення початку обробки процесу по його довжині й діапазону врахованих у розрахунку точок реалізації. Ці параметри забезпечують гнучкість технології САП, адаптованість до вирішуваних задач й прив'язку до фактичних можливостей комп'ютера, який використовується. Обробка при необхідності короткі реалізації, число точок котрих менше на порядок, ніж вимагається для швидкого перетворення Фур'є. Відсутні недоліки, характерні для швидкого перетворення Фур'є, пов'язані з частковим знеціненням інформації при розрахунковому усередненні експериментальних даних й поданням результату у графічній формі.

Розглянемо приклади, пов'язані зі спектральним аналізом напружено-деформованого стану (НДС) силосних башт, бункерів, заповнених сільськогосподарськими матеріалами (зерно, зернові суміші, напівфабрикати, тощо). Актуальність проблеми пов'язана з тим, що зараз велика кількість подібних споруд експлуатується або у режимі крайнього виснаження їх залишкового ресурсу, або після багатократного відновлення певних елементів споруди. Тому такі оболонки гостро вимагають (з міркувань безпеки й надійності) точних й швидкодіючих засобів контролю динамічних властивостей щодо їх відповідності існуючим технічним нормам. Віброконтроль оболонок способів (бункерів за технологією САП може виконуватись у процесі їх виробництва, після демонтажу й ремонту, а також безпосередньо у процесі функціонування (без демонтажу елементів конструкції, але при знятих банальних кільцях, ригелях тощо).

Динамічний (резонансний) портрет габаритних силосів (бункерів) має спектр частот механічних коливань й спектри амплітуд й демпфірування. Ці спектри відповідають, змінним крутильним, повздовжнім й комбінованим вільним коливанням конструкції оболонки, жорстко закріпленій у своїй основі. Розглядувані коливання суцільного середовища матеріалу оболонки

когерентні. Навіть поверхневий аналіз таких даних показує їх надлишковість по відношенню до фактичного числа власних (резонансних) частот, присутність слабких "фонових" частот, які неминучі у виробничих умовах. Спектр частот заповнює практично весь можливий діапазон до частот Котельникова, яка дорівнює (у залежності від фізико-механічних параметрів матеріалу самої оболонки й того середовища, яке у ній знаходиться) (100...200) Гц.

У основу способу ідентифікації власних частот покладена теоретична властивість інваріантності цих частот до варіантів перетворень однієї й тієї ж реалізації (її запису) перехідного процесу за методом Проні. Зокрема величини власних частот на відміну від надлишкових повинні практично не залежати від зміщення початку відліку прийнятого діапазону експериментальних точок. Результати ідентифікації показали, що зазначене зміщення на 320 й 400 точок дійсно не змінює шукані частоти. Надлишкові частоти залежать від використаної процедури. Кількість врахованих точок реалізації дорівнювала всього 80 за обраної глибини частотного простору, яка дорівнювала 19. Технологія САП дозволяє виконувати швидкодіючий віброконтроль стану фізико-механічних параметрів оболонок силосів (бункерів, складових їх НДС за динамічним портретом щодо відповідності вказаних характеристик технічним умовам експлуатації. Розглянемо далі результати спектрального аналізу звукових коливань бункеру циліндрично-конічної форми, завантаженого (повністю/частково) сільськогосподарськими матеріалами. Динамічний портрет такого бункеру як механічної системи у розглядуваному випадку відображається при вимірюванні у формі, зокрема, акустичних поздовжніх пружних коливань внутрішнього середовища, яке заповнює бункер. Спектральний аналіз цих коливань подається у вигляді трьох спектрів: частотного, амплітудного й демпфірування. Параметри цифрового експерименту складають: число врахованих експериментальних точок- 500, зсув початку відліку-0 й глибина частотного простору-20. Як і у попередньому прикладі має місце частотна надлишковість. Аналіз показує досить тонкі фізичні явища-інтерференцію частот 8,6; 16,9; й 25,3 (Гц), котрі зв'язані рівностями суми (чи різниці). Ці й інші ознаки свідчать про міцність алеустичної системи. Виділення власних частот досягалось не зсувом початку відліку як вище, а послідовною зміною при математичному експерименті прийнятої глибини частотного простору 20; 10 й 5 частот. Акустичний частотний спектр бункеру різко відрізняється від розглянутого вище механічного своєю більш високою «кучністю» частот та їх повною відсутністю у діапазоні частот від 167,5 до частоти Котельникова, яка дорівнює 400 Гц. Встановлено, що спектр частот зміщується у часі у напрямку більш високих значень при незмінності його ядра.

Висновки

1.Технологія САП дозволяє виконувати швидкодіючий віброконтроль стану фізико-механічних параметрів оболонок силосів та бункерів, призначених для зберігання й вивантаження матеріалів сільськогосподарського призначення, за динамічним портретом щодо їх відповідності технічним умовам експлуатації.

2.Спектральний аналіз акустичних поздовжніх пружних коливань внутрішнього середовища, яке заповнює бункер, може бути поданий у вигляді трьох спектрів: частотного, амплітудного й демпфірування. До складу параметрів цифрового експерименту входять наступні:

а) кількість врахованих експериментальних точок;

б) зсув початку відліку;

в) глибина частотного простору. У технології САП вказані параметри можуть зміцнюватись / регулюватись і таким чином надавати у аналізі інформацію про тонкі фізичні явища, наприклад, про інтерференцію частот самого бункера й його наповнювача.

3. Технологія САП надає можливості для дослідження надає можливості для дослідження й корекції як джерела звуку, так і акустичної камери за допомогою комп'ютерного відтворення варіантів зміненого динамічного портрету із «заданими» властивостями. Для запису звуку використовується лише один мікрофон.

4. Отримані у дослідженні результати можуть бути у подальшому використанні для уточнення й вдосконалення існуючих інженерних методів розрахунку та моніторингу НДС силосів, бункерів, призначених для зберігання й вивантаження різноманітної сировини та матеріалів сільськогосподарського призначення, як на стадії їх проектування/конструювання, так і у режимах реальної експлуатації за наявності зовнішніх впливів.

Перелік посилань

1. Балакшин О.Б. Спектральный анализ Прони переходных процессов динамических систем. / О.Б. Балакшин, Б.Г. Кухаренко // Справочник. Инженерный журнал.- 1998.- №10
2. Дженкинс Г. Спектральный анализ и его приложения. / Г. Дженкинс, Д. Ваттс.- М.: Мир, 1971.- Вп.1. – 320с.
3. Nassall I.R. aconstic Noise Measurements./ I.R. Nassall, K. Zaveri.- Bruel & Kjaer, 1988.-300p.
4. Slinohara K.Yravity and Vibration Effect on Flow of Cohesive materials from “Hopper”./ K.Slunolara, A.Suzuki, T.Tanaka// Papers of American Society of Weclianical Engimers. -1986. – No.MH – 33/
5. Дженкис Э.В. Складирование и выпуск сыпучих материалов./ Э.В. Дженкис. - М.: Мир, 1968.
6. Дженкис Э.В. Установившейся течение под действием собственного веса в сужающихся сосудах. / Э.В. Дженкис// - Прикладная механика. - 1964. - №1.

СЕКЦІЯ «АВТОМАТИКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ НА ТРАНСПОРТІ»

УДК 629.7

Ковалевський С.В., Матвієнко С.А., Лукічов О.В., Сакно О.П.

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ

E-mail: a_lukichov@mail.ru sakno-o@yandex.ru

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РЕЗОНАНСНІЙ ФІНІШНІЙ ВІБРООБРОБЦІ В ПРУЖНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

В статті розглянута зміна основних трибологічних характеристик поверхневого шару робочих поверхонь пар тертя при їх звуковій вібраційній обробці в пружному середовищі. Проведене моделювання коливань деталі представника, визначені значення силових параметрів, виконаний розрахунок значень переміщень і напруги для випадку статичного і динамічного вантажень. Розрахунки проведені для випадку коливань деталі в середовищі з поверхневим тертям, яке моделюється розподілений по поверхні силі тертя.

Ключові слова: вібраційна обробка, резонанс, шорсткість, трибологія, структура поверхні, напруга, тертя

S. Kovalevsky, S. Matvienko, O. Lukichov, O. Sakno. Research of the stress condition of parts by resonance finish vibrotreatment in a resilient environment. The change of basic tribological characteristic of skin of work surface of friction pair by their sound vibromechanical oscillation treatment in elastic medium is considered in the article. The design of vibrations of part of representative is conducted, the values of power parameters are certain, the calculation of values of moving and tension for the case of the static and dynamic loadings is executed. Calculations are conducted for the case of vibrations of part in an environment with a superficial friction, which is designed to spreaded frictional force.

Keywords: oscillation treatment, resonance, coarseness, tribology, surface texture, exertion, friction

С.В. Ковалевский, С.А. Матвиенко, А.В. Лукичев, О.П. Сакно. Исследования напряженного состояния деталей при резонансной финишной виброобработке в упругой среде. В статье рассмотрено изменение основных трибологических характеристик поверхностного слоя рабочих поверхностей пар трения при их звуковой вибрационной обработке в упругой среде. Проведено моделирование колебаний детали представителя, определены значения силовых параметров, выполнен расчет значений перемещений и напряжения для случая статической и динамической погрузок. Расчеты проведены для случая колебаний детали в среде с поверхностным трением, которая моделируется распределенной по поверхности силе трения.

Ключевые слова: вибрационная обработка, резонанс, шероховатость, трибология, структура поверхности, напряжение, трение

Постановка проблеми. Аналіз досліджень пов'язаних з новими технологічними процесами, що вирішують проблему підвищення експлуатаційних властивостей вузлів тертя, їх трибологічних характеристик залишається актуальною. Постійно зростають вимоги до надійності і довговічності деталей пар тертя. Найбільш перспективний напрям для поліпшення характеристик поверхні – використання фінішних комбінованих технологій, що використовують концентровані потоки енергії, від якості яких залежать найважливіші показники механізмів – працездатність, надійність, металоемність, собівартість та інші [1 - 5]. У сучасних технологіях для підвищення зносостійкості важливе місце займають різні види вібраційних процесів. При цьому одне з головних завдань для технологів - розробка нових енергозберігаючих і ефективних способів підвищення зносостійкості. При вирішенні цієї задачі використовують технології вібраційної обробки робочих поверхонь.

Аналіз основних досягнень і літератури. Термін служби транспортних машин до капітального ремонту залежить від зносостійкості деталей і вузлів, 80-85 % яких виходить з ладу унаслідок інтенсивного зношування. На експлуатаційні показники деталей чинять несприятливий вплив: мікрогеометрія поверхні - шорсткість та субшорсткість; твердість поверхневого шару;

залишкова напруга, що розтягує - технологічні наслідки механічної обробки на фінішних етапах виготовлення і реновації виробів; структура поверхневого шару, прироблюємість поверхонь тертя та ін. Сьогодні для поліпшення трибологічних характеристик застосовуються термообробка, доводочні операції, також все більше вживаються методи зміцнення і вібростабілізації засновані на дії ультразвукового зміцнення. Технології ультразвукової дії - найбільш перспективні, як і використання вібраційної обробки. Процеси, що протікають в металах при акустичному вантаженні вивчені недостатньо, особливо фізика дислокаційного зміцнення. Технологічних методів зміцнення та відновлення деталей машин достатньо багато [1, 4, 5, 6], але вони не вирішують завдання комплексно, поєднуючи якість обробки й ресурсозбереження. Найбільш перспективний напрям поліпшення характеристик поверхні –фінішні комбіновані технології, що використовують концентровані потоки енергії, та від якості яких залежать найважливіші показники механізмів – працездатність, надійність, металоємність, собівартість та інші.

Мета дослідження, постановка задачі. Дослідити характеристики поверхневого шару пар тертя при здійсненні звукорезонансної оздоблювальної обробки в пружному середовищі (ЗРООПС). Дослідити та моделювати напружений стан в різних умовах коливань.

Матеріали досліджень. Запропонована ЗРООПС [7] включає зміцнення і релаксацію залишкової напруги під дією звукових коливань, що впливають на деталь механічним способом. Метод полягає в дії контактних механічних коливань звукового діапазону частот на деталь занурену в пружно-в'язке середовище. Обробка дозволяє досягти рівномірного розподілу дислокацій і внутрішньої напруги поверхневого шару. При використанні запропонованого методу на розробленій установці можна обробляти деталі складної геометричної форми.

Спосіб обробки ЗРООПС [8] оснований на використанні декількох фізичних явищ одночасно, а саме: виникнення резонансних коливань деталі при наданні їй вимушених коливань, що співпадають з власною частотою коливань; квантування енергії обробки в енергію короткочасного імпульсу (потужність 30-40 кВт) при загальному низькому енерговикористанні (150-200 Вт); взаємодії поверхневих шарів деталі з пружним середовищем; фізико-хімічних змін в поверхневому шарі, що зводяться до переорієнтації кристалів, руху дислокації до границь зерен. При цьому: передача вимушених коливань деталі, а не середовищу дозволяє зменшити витрати енергії; відсутні тверді робочі частини, що впливають на поверхню деталі; використання явища резонансу протягом всього процесу обробки при регулюванні частоти коливань, що збурює.

Теоретична модель процесу визначається опором пружного рідкого середовища коливанням деталі за рахунок відбору імпульсу у рухомого тіла елементами середовища. Обробка на вищих гармоніках ефективніша, оскільки коефіцієнт поглинання збільшується із зростанням гармоніки власної частоти, з якою резонує навантаження, що збурює. В процесі ЗРООПС в граничному шарі деталей протікають мікрореформації і інші процеси, що призводять до зниження залишкової напруги і до дислокацій в поверхневому шарі. Отримується зміна шорсткості поверхні до рівновісної та підвищення поверхневої міцності [8]. Для побудови моделі був використаний кінцевий елемент TETRA4 - об'ємний чотирьохвузловий тетраїдальний. Розбиття виконувалося рівномірною сіткою уздовж довжини і діаметру конструкції, яке дало 9793 вузли і 43944 кінцевих елементу. Фізичні і механічні характеристики вибрані для сталі. Модель представлена на рис. 1.

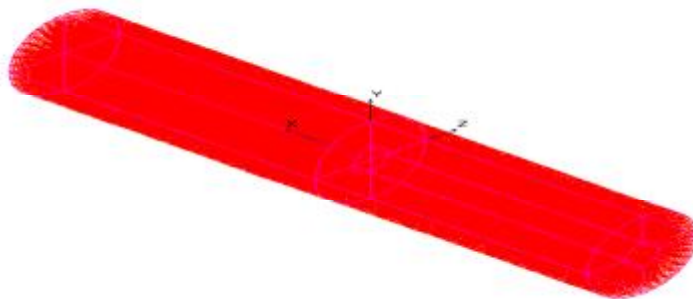


Рис. 1 – Модель деталі-представника

При розрахунку власних частот були розглянуті два варіанти закріплення: 1) уздовж поздовжньої поверхні та торця; 2) лише відносно торця. Результати в табл.

Таблиця – Власні частоти коливань деталі-представника

	Власна частота (Гц)		
	Перша	Друга	Третя
Базування 1	2692	10537	14250
Базування 2	1025	5706	6306

Як видно перша власна частота відповідають коливанням в площинах ХУ і ХZ. Ці частоти можуть бути використані, як частоти вимушених коливань при обробці. Форми коливань показані на рис. 2 (форми показані для базування 1).



Рис. 2 - Форми коливань деталі-представника

Таким чином встановлено, що власну частоту коливань деталей при обробці можна змінювати за рахунок базування й звести до діапазону 1,0...3,0 кГц. Це дозволяє підвищити універсальність пристосування, розширити номенклатуру оброблюваних деталей.

Визначимо значення силових чинників. Електрична потужність, що виробляється генератором, складає 30 кВт в імпульсі. З іншого боку механічна потужність може бути визначена як скалярне твору вектора сили на вектор швидкості, з якою рухається тіло:

$$N = F \cdot v \cdot \cos \alpha$$

де F - сила, v - швидкість, α — кут між вектором швидкості і сили.

Враховуючи, що електричний імпульс, що надається джерелу вібрації, наводить до того, що тіло здійснює переміщення на величину $s = 50$ мкм за час $t = 2,5 \cdot 10^{-6}$ с, а напрям векторів додатка сили і швидкості однакові, то формула може бути приведена до вигляду

$$N = F \frac{s}{t}$$

Звідки

$$F = N \frac{t}{s} = 30 \cdot 10^3 \frac{2,5 \cdot 10^{-6}}{50 \cdot 10^{-6}} = 1500 \text{ Н}$$

У першому наближенні приймем, що значення сил інерції рівномірно розподілені. Враховуючи, що побудована раніше механічна модель має 9793 вузлів набуваємо значення вузлового навантаження рівне 0,153 Н.

Виконаємо розрахунок значень переміщень і напруги для випадку статичного навантаження розподіленим навантаженням, чисельно рівним силам інерції.

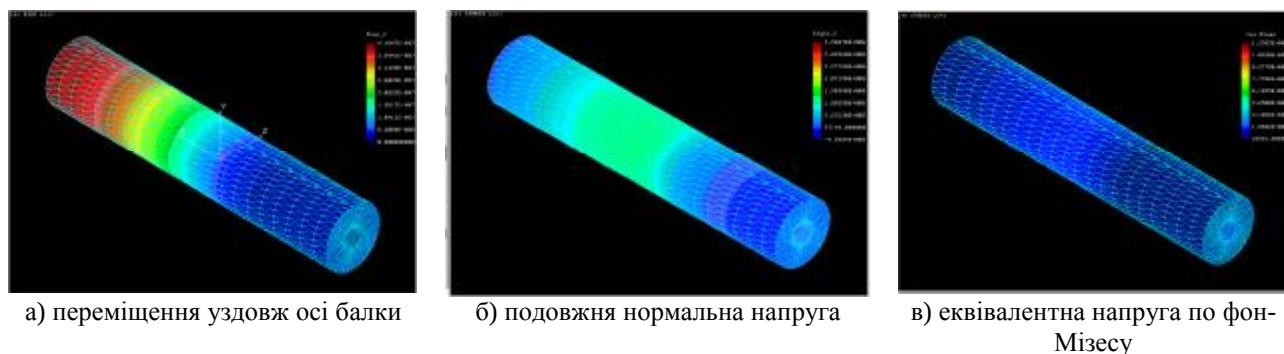
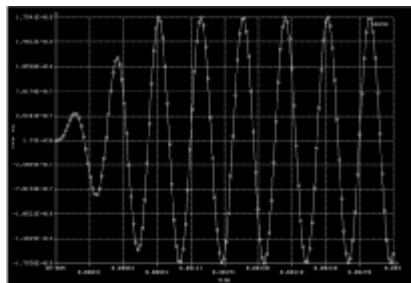


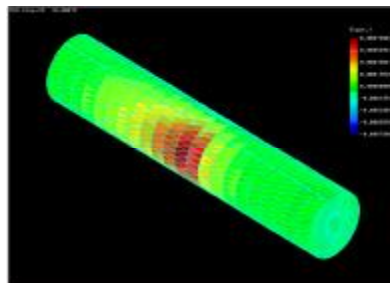
Рис. 3 – Моделювання для статичного навантаження

Динамічний розрахунок виконаний для випадку імпульсного додатка розподіленого по об'єму навантаження. Тривалість додатка імпульсу $2,5 \cdot 10^{-6}$ с. Період між імпульсами відповідає періоду коливань. В результаті розрахунку отримані наступні результати (рис. 4).

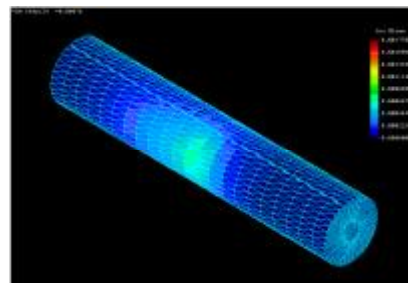
Як видно вже на третьому розмаху система виходить на сталий режим. Таким чином з проведених розрахунків в оброблюємих деталях виникає напруга порядку 15-20 МПа, що вистачає для протікання процесів формоутворення.



а) залежність переміщень уздовж осі x від часу для крайнього перетину



б) розподіл максимальної подовжньої напруги на сталому режимі



в) розподіл максимальної напруги по фон-Мізесу на сталому режимі

Рис. 4 – Моделювання для динамічного навантаження

Наступним етапом розрахунків було вивчення впливу в'язкопружного середовища на процес коливань. Розрахунки виконувалися за допомогою кінцеелементного пакету ABAQUS 6.11. Як об'єкт дослідження був вибраний шарнірний палець діаметром 18 мм і завдовжки 100 мм, закріплений уздовж одного з країв. Збурююча сила дорівнює 0,059 Н в вузлі й розподілена за об'ємом деталі. Отримана модель КЕ представлена на рисунку.

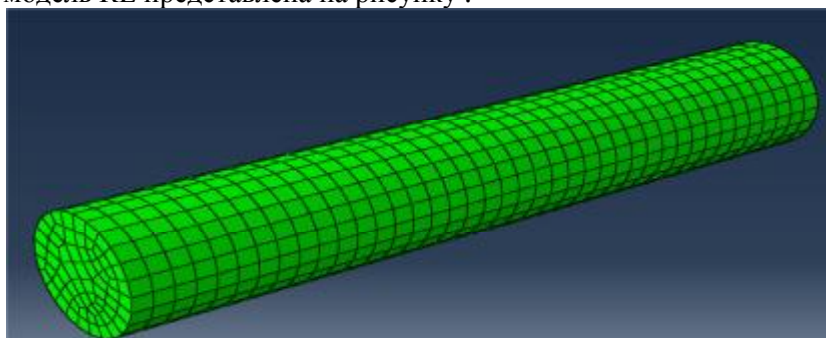


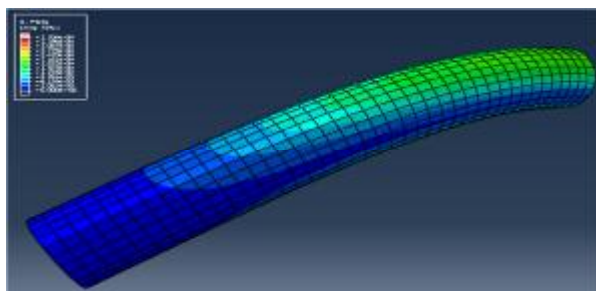
Рис. 5 – Модель об'єкта дослідження

Для визначення частоти збурюючої сили був виконаний розрахунок частоти власних коливань. Результати розрахунку представлені на рисунку 6.

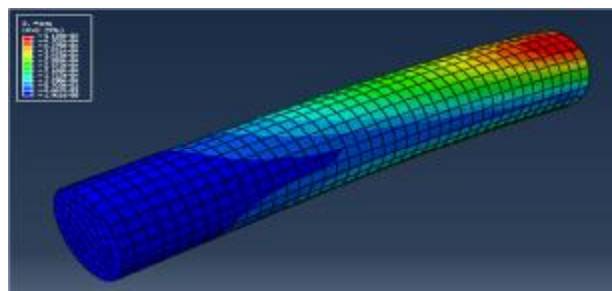
1	Mode	1: Value = 6.07008E+07 Freq = 1240.0 (cycles/time)
2	Mode	2: Value = 6.07904E+07 Freq = 1240.9 (cycles/time)
3	Mode	3: Value = 1.97288E+09 Freq = 7069.2 (cycles/time)
4	Mode	4: Value = 1.97559E+09 Freq = 7074.1 (cycles/time)
5	Mode	5: Value = 2.30419E+09 Freq = 7639.8 (cycles/time)

Рис. 6 – Результати розрахунку частоти власних коливань

Збурююча сила прикладена імпульсно у вигляді розподіленого за об'ємом стискуючого навантаження з частотою імпульсів рівній першій власній частоті коливань. Розрахунки напруг проведені для випадку коливань деталі в середовищі з поверхневим тертям, яке моделюється розподіленою по поверхні силою тертя. Для порівняння приведені розрахунки для коливання в середовищі без опору

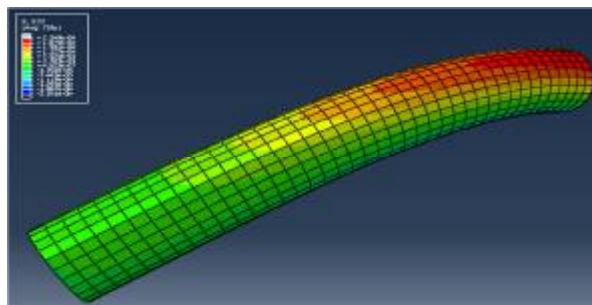


а) без врахування сил тертя

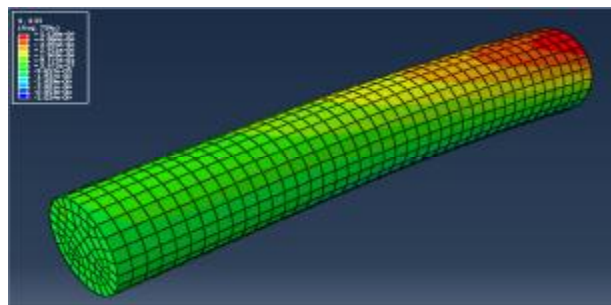


б) з врахуванням сил тертя

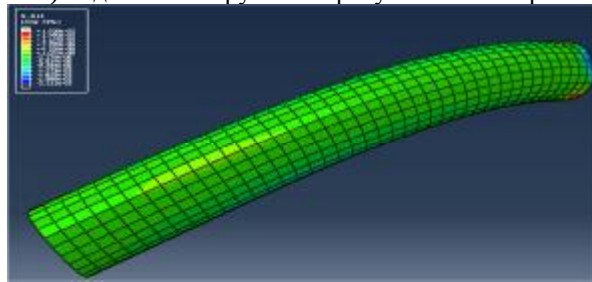
Рис. 7 – Результати розрахунку напруг по Фон-Мізесу



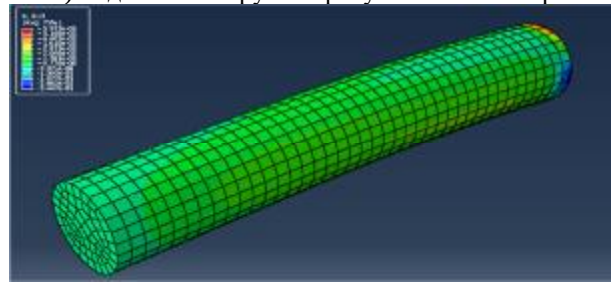
а) подовжня напруга без врахування сил тертя



б) подовжня напруга з врахуванням сил тертя



а) дотична напруга без врахування сил тертя



б) дотична напруга з врахуванням сил тертя

Рис. 8 – Результати розрахунку подовжньої та дотичної напруг

Як можна побачити з проведених розрахунків, величини напруги для випадку з тертям підвищуються, причому амплітуди коливань при цьому знижуються.

Висновки. Теоретичним дослідженням напруг, що виникають в поверхневих шарах деталей, при розробленому методу обробки ЗРООПС, встановлено, що теоретично підтверджена можливість зміни характеристик поверхневого шару, яка була досягнута в процесі експериментальних досліджень обробки

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кулинский А.Д., Бутенко В.И.. Комбинированные методы обработки поверхностей деталей трибосистем. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013. - 220 с.
2. Смелянский В. М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / Смелянский В. М. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.
3. Сулов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А.Г. Сулов // М.: Машиностроение, 2000. – 320с.
4. Сулов А.Г., Фёдоров В.П., Горленко О.А. и др. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений / под общ. Ред. А.Г. Сулова. М.: Машиностроение, 2006. 448 с.
5. Маслов А.Р. Перспективные высокие технологии: справочник / А.Р. Маслов// Инженерный журнал. –2008. – № 1. – С. 10 - 24.
6. Палаев А.Г. Технология, оборудование ультразвуковой упрочняюще-финишной обработки металлов и контроль качества / А.Г. Палаев, А.И Потапов, В.В. Максаров// Металлообработка № 6(66) , 2011, С. 38-41.

7. Ковалевський С.В. Технологічне забезпечення зносостійкості поверхневого шару деталей автомобілів при фінішній зміцнювальній віброобробці в пружному середовищі / С.В. Ковалевський, С.А. Матвієнко, О.В. Лукічов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка / Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. Випуск 122. – Харків: ХНТУСГ, 2012. – С. 122 - 127.

8. Ковалевський С.В. Аналіз стану проблеми реновації деталей автомобілів технологічними методами / С.В. Ковалевський, О.В. Лукічов, С.А. Матвієнко// Вісник ЖДТУ / Технічні науки. - 2012. - №3(62). - С. 74 - 79.

9. Ковалевський С.В. Метод звукової вібраційної обробки та його експериментальні дослідження/ С.А. Матвієнко, О.П. Сакно, О.В. Лукічов// Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, 2013. Випуск №41 Частина 1. - С. 129-134.

УДК 338.36.001

Козак С.О., Грудецький Р.Я.

Луцький національний технічний університет

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛІННЯ КАТЕРОМ НА ПОВІТРЯНИЙ ПОДУШЦІ

Ми представляємо програмно-апаратний комплекс який розроблено на базі повітряної подушки який через канал Wi-Fi з'єднується з комп'ютером та передає до нього дані. Також керування макетом здійснюється безпосередньо оператором

Ключові слова: повітряна подушка, графічний інтерфейс, LabView.

С.О.Козак, Р.Я. Грудецький

Мы представляем программно-аппаратный комплекс разработанный на базе воздушной подушки который через канал Wi-Fi соединяется с компьютером и передает в него данные. Также управление макетом осуществляется непосредственно оператором

Ключевые слова: воздушная подушка, графический интерфейс, LabView.

S. Kozak, R. Hrudetsky

We present a software-apartnyy complex is designed on the basis of the air bag through which channel Wi-Fi connects to your computer and sends it to the data. Also, the control layout is done directly by the operator

Keywords: Air Conditioning, GUI, LabView.

1. Вступ

Машина на повітряній подушці - машина, обладнана потужними вентиляторами, які нагнітають повітря під днище і створюють там підвищений тиск, що піднімає машину над поверхнею. Для поступального руху машини служать повітряні гвинти, що забезпечують велику швидкість. Для зміни курсу апарату використовують аеродинамічні поверхні, повітряно струйні рулі й інші способи.

Машини на повітряній подушці здатні долати ділянки суші, болота, льодові ділянки.

Машини на ВП мають швидкість вище 100 км / год по снігу, хорошу дальність ходу і високу вантажопідйомність. Застосовуються машини на ВП для промислово - виробничих цілей в основному в умовах бездоріжжя крайньої півночі, у військових цілях для перевезення десанту і установки на борту бойової техніки. Унікальність машин на ВП як виду транспорту полягає не просто в підвищеній прохідності, а в їх абсолютній універсальності - вони проходять однаково добре по траві, воді, піску, болоту, льоду і снігу. Альтернативи машини на ВП в умовах бездоріжжя просто не мають. Переваги машин на ВП як виду транспорту, природно, просто не могли залишитися непоміченими. Зараз машини на ВП виходять з обмежених рамок виключно промислової галузі застосування і набувають все зростаючу популярність у туристичних груп, що відправляються на полювання чи риболовлю - машини на ВП для них набагато переважніше моторного човна, джипа або всюдихода. Як перспективний вид транспорту для туризму машини на ВП зараз займають одне з перших місць, оскільки він найзручніший спосіб дістатися туди, куди не проїде жоден автомобіль.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Основні способи створення повітряної подушки.

В даний час проєктують і будують апарати на повітряній подушці різноманітних форм і конструкцій. Застосовують і різні способи створення повітряної подушки. Однак при всьому їх різноманітті можна углядіти і загальні ознаки. Так, за способом утворення повітряної подушки відомі апарати умовно можна розділити на чотири основних види, виконаних за схемами камерної, проточної, соплової і за схемою з вакуумною камерою.

Камерна схема

Відносна простота їх виконання. Куполоподібна камера зазвичай утворюється несучою платформою апарату і виступаючими вниз бортовими стінками. Повітря поступає в камеру безпосередньо з вентилятора без застосування повітряно-розподіляючих каналів і сопів.

Недолік цих апаратів - із збільшенням висоти підйому над опорною поверхнею вельми швидко втрачають статичну стійкість, необхідність встановлення вентиляторів щодо великої продуктивності і великих габаритних розмірів при відповідно підвищеній витраті потужності, оскільки із збільшенням висоти підйому апарату над опорною поверхнею швидко зростає витрата повітря для створення повітряної подушки. Застосування апаратів, виконаних за цією схемою, стає доцільним лише при досить малих висотах підйому над опорною поверхнею.

Проточна схема

Перевагою апарату, виконаного за такою схемою, є можливість одним рушієм (вентилятором) забезпечити і підйом апарату, і його рух. Це дозволяє знизити до мінімуму імпульсний опір руху апарату, що з подоланням сил інерції засмоктуваного в апарат нерухомого зовнішнього повітря. Крім того, в апаратах, виконаних за цією схемою, представляється можливим профілюванням каналу тобто здійснити прискорений рух потоку на шляху від вентилятора до вихідного отвору каналу і цим помітно зменшити втрати тиску на розширення потоку.

Апарати, виконані за цією схемою, володіють підвищеною прохідністю, оскільки представляється можливим у носовій частині нею корпусу зробити відкритий отвір для пропуску під апаратом щодо великих нерівностей опорної поверхні, в тому числі і хвиль, при русі апарату по воді.

Недоліком цих апаратів є зміщення точки прикладання рівнодіючої сил тиску на їх донну частину залежно від положення регульовальної заслінки в вихідному отворі каналу і зміни режиму роботи вентилятора і, як наслідок, труднощі забезпечення стійкості руху апарату і його керованості.

Схема з вакуумною камерою

Цей спосіб має суттєві переваги над іншими, заснованими на підтримці під днищем апарату надлишкового тиску, і може бути використаний при створенні транспортних засобів, що рухаються по спеціально підготовленій дорозі, наприклад, екіпажів, призначених для руху по монорельсу.

Соплова схема

Підйомна сила, що утримує апарат на деякій висоті над поверхнею землі, складається з сил тиску, що діють на днище апарату з боку повітряної подушки, і вертикальної складової реактивної сили, створюваної йдучим вниз струменем повітря. При малій висоті підйому сили тиску, що діють на днище апарату, являються основними силами, що піднімають апарат у повітря. Вертикальна складова реактивної сили струменя в цьому випадку невелика. У міру збільшення висоти підйому апарату, роль цих сил змінюється: сили тиску повітряної подушки зменшуються, а реактивна сила зростає. Таким чином, для апаратів з соплом малої ширини прохідного отвору підйомна сила зменшується з висотою підйому над опорною поверхнею.

Застосування соплової схеми дозволяє створити апарати на повітряній подушці з відносно великою висотою польоту при малій витраті потужності. Вигідність використання такої схеми обумовлена тим що, застосовуючи сопло з прохідним отвором малої ширини і направляючи струмінь повітря в бік повітряної подушки, можна забезпечити необхідну висоту підйому апарату заданої ваги і габаритних розмірів при малих витратах повітря.

В апаратах, що виконуються за сопловою схемою, повітря від вентилятора підводиться до соплових пристрій по каналах, прокладених в його корпусі. Гідравлічний опір цих каналів минаючому потоку повітря є шкідливим, оскільки воно безпосередньо не пов'язане з ефектом утворення повітряної подушки і викликає необхідність застосування більш напірного вентилятора і додаткової витрати потужності.

Основні способи створення поступального руху

Знайдеться дуже небагато видів рушіїв , що не були випробувані на ВП : від вітрил до повітряних гвинтів і від гребних гвинтів до водометних рушіїв.

Рушій вибирається з урахуванням призначення судна і техніко- експлуатаційних показників, якими воно повинно володіти. Повітряні рушії того чи іншого типу зазвичай встановлюються на амфібійних ВП, в той час як водометні рушії або гребневі гвинти більше підходять для судів, спроектованих для пересування виключно над водною поверхнею.

Незважаючи на велику кількість запропонованих альтернатив більше 90 % сучасних СВП рухаються за допомогою повітряних гвинтів, а в більшості інших апаратів використані гребневі гвинти або водометні рушії. Однак, схоже, що посилюється тенденція до використання гідродинамічних рушіїв або гібридних систем.

В даній роботі за основу була взята іграшкова копія катера на повітряній подушці Hovercraft T-5 рис 1.1-1.2.



Рис.1.1 Вигляд ззаду



Рис.1.2 Вигляд спереду

Проаналізувавши модель керування та програмне забезпечення за допомогою якого розкривався функціонал моделі було зроблено висновки що схема через яку реалізовується керування не є стійкою до збоїв. При передачі даних і при виконанні покладених на неї функцій безпосереднього керування моторами також при тестуванні явною проблемою стало що при значній віддалі катеру від пульта управління ми не можемо бачити чи є перед нею перешкода.

На основі цього аналізу задачею по модернізації катера є:

1. Впровадження нової системи керування.
2. Реалізація зв'язку з комп'ютером.
3. Вимірювання відстані до об'єкту.

Також було прийнято рішення перенести модуль керування і передачі даних з носової частини катера в корму схематичне зображення наведено на рис 1.3.

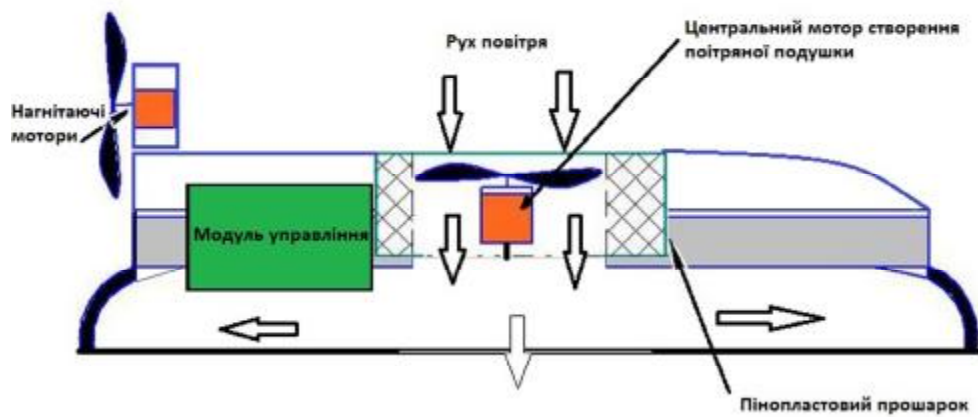


Рис 1.3 Макет в розрізі

3. Ціль і задачі дослідження

Для вирішення вище поставленої задачі було прийнято рішення використати:

1. Плата Arduino duemilanove рис1.4.

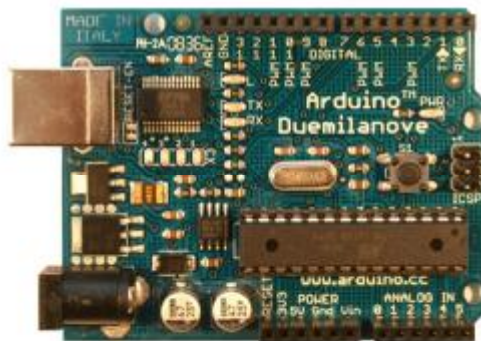


Рис1.4. Arduino duemilanove.

Дана плата з легкістю виконую покладені на неї функції. Також у ній достатньо входів для підключення периферії яка необхідна для реалізації поставленої задачі. Також плюсом є легкість у її програмуванні рідним її програма тором ARDUINO IDE. Мова програмування подібна до C++. У даної плати наявні 6 аналогових виходів та 14 для цифрових. Також є можливість ШІМ у цифрових виходів. Робоча напруга 6-20В, рекомендована 6-12В. Ще одним плюсом плати є її низька собівартість на фоні аналогів.

2. Датчик відстані HC-SR04 рис.1.5.



Рис.1.5 Дальномір HC-SR04

Ультразвуковий модуль відстані HC-SR04. Особливості сенсора: напруга живлення 5 В, заявлений діапазон виміру довжини 2 – 500 см, роздільна здатність – 0.3 см. Датчик має 4 контакти: «VCC», «GND», «Trig», «Echo». Перших два використовуються для живлення. Щоб почати вимірювання відстані, необхідно подати прямокутний імпульс на вхід «Trig» на 10 мікросекунд, і зчитати прямокутний імпульс з виходу «Echo».

Відстань залежить від довжини прямокутного імпульсу, і визначається за формулою:

$$\text{Відстань} = \frac{\text{Тривалість імпульсу}}{58}$$

Даний датчик бездоганно виконує свої функції. Має великий кут захоплення, під'єднується безпосередньо до плати ARDUINO і не споживає додаткового зовнішнього живлення.

3. Arduino shield на базі мікросхеми L298n рис.1.6

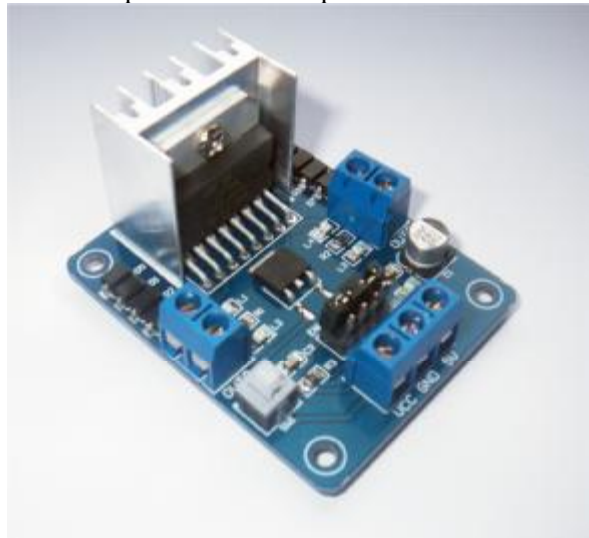


Рис 1.6 Arduino motor shield

Motor Shield на базі мікросхеми L298N дозволяє управляти двома моторами постійного струму або кроковим двигуном з споживаним струмом до 2 ампер.

Даний модуль дає нам такі можливості :

- 1 Плавний старт\зупинка.
- 2 Реверс.

Детальніші характеристики наведені нижче.

Характеристики:

- Номінальна напруга живлення до 46V;
- Загальний вихідний струм до 4A;
- Низька напруга насичення;
- Захист від перегріву;
- Логічний «0" при вхідному напрузі до 1.5V.

4. Модуль зв'язку по технології wi-fi, APC220 рис.1.7.



Рис.1.7 Модуль зв'язку APC220

Радіомодуль APC220 рис 2.6 забезпечує просте та економічне рішення для бездротового зв'язку даних. Застосування вбудованого високошвидкісного мікропроцесора та високоефективної ІС створює прозорий інтерфейс UART / TTL, тавиконує будь-яку потребу в пакетуванні та кодуванні даних. Модуль складається з двох однакових радіопередатчиків, один з яких через Usb конвертер під'єднується до комп'ютера а інший безпосередньо до плати Arduino. Після успішного під'єднання необхідно встановити драйвери на комп'ютері для правильного функціонування пристрою. Закінчивши встановлення драйверів необхідно синхронізувати два радіопередавача, для цього використовується утиліта RF-ANET. На показано скріншот даної утиліти. Значення частот, ідентифікаторів та швидкості мають бути однакові що для прошивки першого радіопередавача що для іншого, це забезпечить повноцінне функціонування пристрою.

5. Живлення

Живлення проекту було реалізована через зовнішній блок 12В 5А рис.1.8.

При тестуванні подушки дуже складно стало підібрати необхідне живлення тому що необхідно було забезпечити легкість і не габаритність конструкції гальванічного елемента. Необхідно було забезпечити 12В 5А для правильного функціонування подушки усіх її частин.

Після аналізу усіх параметрів було прийнято рішення використовувати зовнішнє живлення.



Рис.1.8 Блок живлення.

4. Візуалізація систем керування

Першочерговою задачею є успішний збір усіх компонентів і налагодження їх правильної роботи. Збір компонентів проводився за схемою рис.1.9.

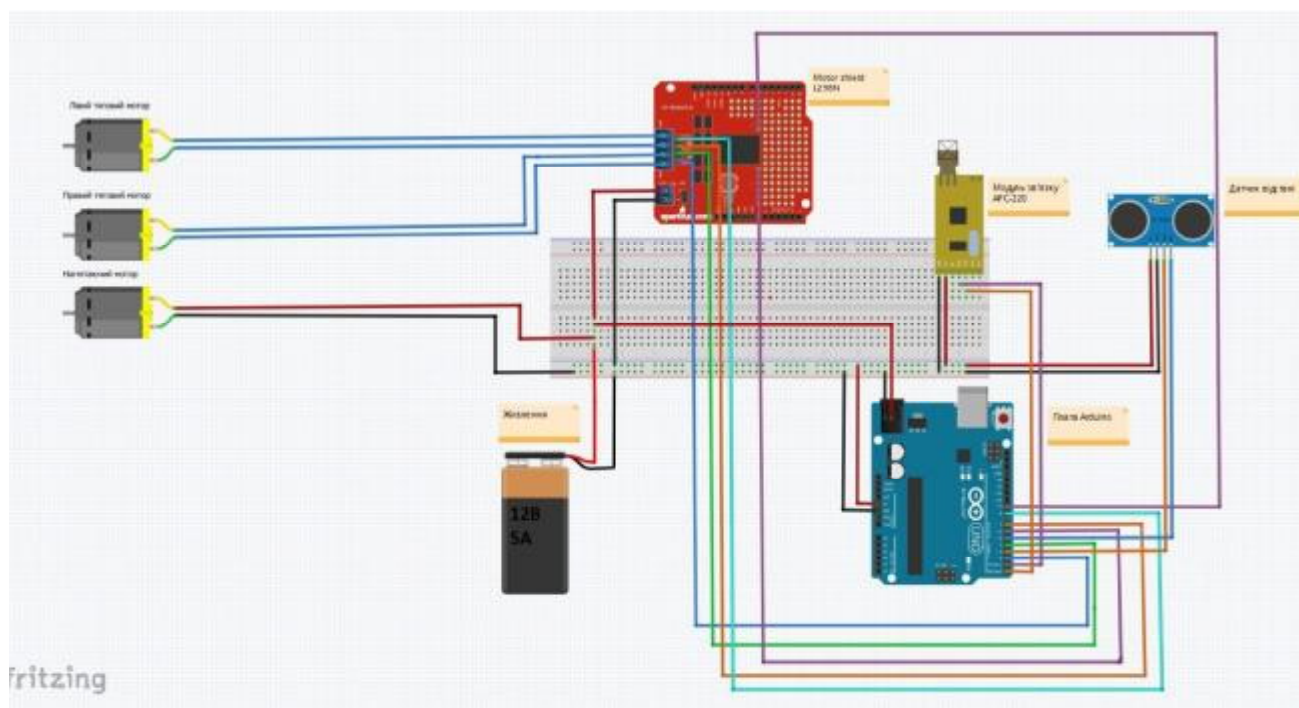


Рис.1.9 Схема під'єднання.

Після цього необхідно перейти до вибору програмного забезпечення.

Програмне забезпечення необхідно підібрати таким чином щоб створена програма була зрозуміла для людини та максимально простою і сам графічний інтерфейс при тривалій роботі не викликав дискомфорту. Також необхідно задовольняти такі критерії :

1. Наявність графічних елементів індикації.
2. Можливості керування COM портом.
3. Простота в налаштуванні.

Після детального аналізу різних продуктів програмного забезпечення було прийнято рішення використовувати програмний продукт LabView.

LabView - це середовище розробки та платформа для виконання програм, створених на графічній мові програмування «G» фірми National Instruments (США). Перша версія LabView була випущена в 1986 році для Apple Macintosh, в теперішній час існують версії для UNIX, GNU / Linux та Mac OS, і найбільш розвиненими і популярними є версії для Microsoft Windows. LabView використовується в системах збору та обробки даних, а також для управління технічними об'єктами і технологічними процесами. Ідеологічно LabView дуже близька до SCADA-систем, але на відміну від них більшою мірою орієнтована на вирішення завдань не стільки в області АСУ ТП , скільки в області наукових досліджень.

Графічна мова програмування «G» , використовувана в LabView, заснована на архітектурі потоків даних. Візуальне програмування «G» — спосіб створення програм шляхом маніпулювання графічними об'єктами замість написання [програмного коду](#) в [текстовому](#) вигляді.

Послідовність виконання операторів в таких мовах визначається не порядком їх слідування (як в імперативних мовах програмування), а наявністю даних на входах цих операторів. Оператори, не пов'язані за даними, виконуються паралельно в довільному порядку.

У даному програмному продукті був створений графічний інтерфейс програми.

Графічний інтерфейс - тип [інтерфейсу користувача](#), який дозволяє [взаємодіяти](#) з електронними пристроями через [графічні зображення](#) та візуальні вказівки, на відміну від [інтерфейсів](#) заснованих на використанні тексту, текстовому наборі команд та текстовій навігації.

Інтерфейс створювався у програмному пакеті LabView. Загальний вигляд інтерфейсу рис 1.10.

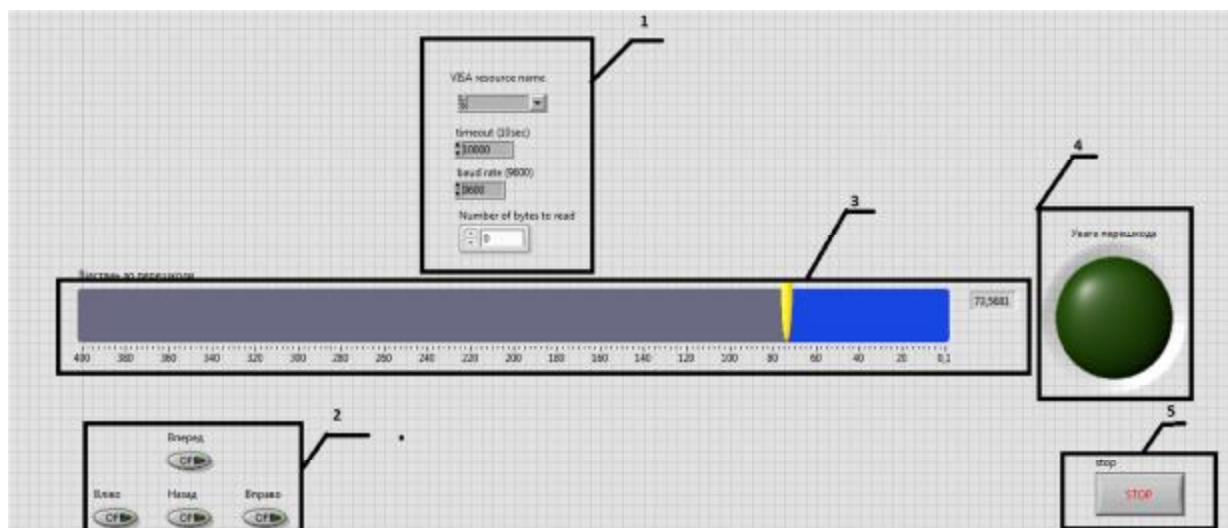


Рис.1.10 Інтерфейс.

Для коректної роботи необхідно було використовувати такі елементи:

1. Налаштування COM порта.
2. Чотири кнопки керування.
3. Індикатор зі шкалою.
4. LED індикатор.
5. Кнопка STOP для виходу з циклу.

6.Висновки

Даний проект не має аналогів. Великим досягненням судна є його прохідність по всілякій рівній поверхні. Розроблена система керування бездоганно виконує покладені на неї функції. Апаратна частина проекту працює без збоїв. Користувачський інтерфейс є зрозумілим для людини. Ще одним великим плюсом програмного забезпечення є те що при компіляції ми отримаємо звичний для нас EXE файл і це дасть нам змогу не встановлювати цілий програмний пакет.

Література

1. Бень Е. Модели и любительские суда на воздушной подушке: Пер. з польск. – Л.: Судостроение, 1983. – 198-205 с.
2. Злобин Г.П., Симонов Ю.А. Суда на воздушной подушке – Л.: Судостроение, 1974.– 287,292,394 с.
3. Колызаев Б.А., Косоруков А.И., Литвиненко В.А. Справочник по проектированию судов с динамическими принципами поддержания. –Л.: Судостроение, 1980. – 564 с.
4. Маквили Рой. Суда на подводных крыльях и воздушной подушке: Пер. з англ. – Л.: Судостроение, 1981. – 103-106.

УДК 629.113

Сахно В.П., Тімков О.М., Файчук М.І., Мойся Д.М.

Національний транспортний університет

E-mail:sakhno@ntu.edu.ua

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДОСЛЕДЖЕНИЯ АВТОПОЇЗДА С ПЕРЕКОСОМ МОСТОВ НАПІВПРИЧЕПА

Встановлено, що при перекосах мостів напівпричепа в один градус зміна траєкторії напівпричепа щодо автомобіля-тягача відповідно до прямолінійного руху складає від 1,7 до 2,5 % від колії напівпричепа в залежності від схеми перекосу, що наближається до максимально припустимого у 3%. При більших перекосах стійкість прямолінійного руху порушується. Це необхідно враховувати

в процесі технічного обслуговування напівпричепів.

Ключові слова: автопоїзд, напівпричеп, перекид, міст, стійкість, траєкторія, рух, коливання, апаратура, обладнання

V.Sakhno, O.Timkov, M.Faichyk, D.Moisa. EXPERIMENTAL RESEARCHES OF LORRY CONVOY ARE WITH DEFECT OF BRIDGES OF SEMITRAILER. It is set that at the defects of bridges of semitrailer in one degree the change of trajectory of semitrailer in relation to a car-tractor in accordance with rectilinear motion makes from 1,7 to 2,5 % from track of semitrailer depending on the chart of defect which approaches maximally possible in 3%. At greater defects, firmness of rectilinear motion is violated. It must be taken into account in the process of technical maintenance of semitrailers.

Keywords: lorry convoy, semitrailer, defect, bridge, firmness, trajectory, motion, oscillation, apparatus, equipment

Постановка проблеми. Багаторічною практикою експлуатації автотransпортних засобів доведено, що автопоїзди мають суттєві переваги перед одиночними автомобілями. Серед найбільш важливих експлуатаційних властивостей автопоїздів, що забезпечують їх безпеку руху, необхідно відзначити курсову стійкість руху (КСР), оскільки найчастіше втрата КСР транспортного засобу супроводжується виникненням ДТП.

Параметри КСР автопоїзда тісно пов'язані з конструкцією ходової частини. Практика експлуатації автопоїздів свідчить про те, що навіть нові причепа і напівпричепа мають перекид мостів, обумовлений не перпендикулярністю їх встановлення щодо поздовжньої осі. Очевидно, що навіть при однаковому технічному стані ходової частини автомобіля-тягача і напівпричепа при їх виготовленні, через деякий період експлуатації можна виявити різний ступінь зносу шин, елементів підвіски мостів автомобіля-тягача і напівпричепа. Відомо, що на інтенсивність їх зношування впливають кути встановлення осі, навантаження на колесо, бічні сили, тангенціальні сили (тягова та гальмівна) і тиск повітря в шинах. У кількісному відношенні ці фактори не ідентичні для кожної з осей автопоїзда. Отже, якщо є різні кути встановлення осей та різний знос протектора, то можна говорити про зміну опору бічному відведенню мостів і, як наслідок, параметрів поворотності і стійкості автопоїзда в цілому. У цьому випадку виникає питання щодо курсової стійкості і, як наслідок, безпеки руху автопоїзда з різним технічним станом ходової частини.

Рішення цього питання – комплексна задача, що вимагає дослідження процесів, що відбуваються в ходовій частині автопоїзда, як в процесі виготовлення, так і під впливом експлуатаційних факторів.

Зазначені обставини вказують на необхідність пошуку методів оцінки стійкості руху автопоїзда з урахуванням кутів встановлення мостів напівпричепа.

Аналіз літературних джерел. Керованість та стійкість є найбільш складними експлуатаційними властивостями автомобіля. Теоретичні суперечки, що ведуться між різними вченими та науковими школами, пов'язані із відсутністю загально прийнятого тлумачення понять керованості і стійкості та визначення їх оціночних показників.

Вимоги існуючих сьогодні стандартів, що регламентують параметри керованості та стійкості автомобілів та автопоїздів, стосуються переважно нових автомобілів і зовсім не враховують факт зміни технічного стану в умовах експлуатації [1].

Причиною механічної нестійкості будь-якого автотransпортного засобу на пружних у бічному напрямку колесах є бічне відведення шин, тобто відхилення вектора абсолютної швидкості центра колеса від середньої поздовжньої площини його обертання [2-3].

У випадку перекосу мостів автопоїзда виникають додаткові сили в контактні колеса з дорогою внаслідок розбіжності площин розташування поздовжньої осі автопоїзда, обертання та кочення колеса. Це призводить до виникнення додаткових бічних сил F_y^y – внаслідок перекосу мосту та F_y^d – внаслідок наявності кута відведення та поздовжніх сил, результуюча яких змінює напрям руху автопоїзда та додатково навантажує елементи ходової частини.

За даними фірми Josam, Голландія [4], при наявності перекосу мостів напівпричепа на 0,56 град (10 мм/м) витрата пального зростає на 18,7%.

За результатами досліджень перекосу мостів автопоїзда [5-9] було зафіксоване зростання сили опору кочення коліс автопоїзда при перекосі однієї осі напівпричепа на 0,57 град на 12%; на

1,25 град – 17,8%; на 2,11 град – 26,2%. Також спостерігається збільшення габаритної смуги руху автопоїзда у результаті відхилення траєкторій основних точок автопоїзда при зміні траєкторії руху. Таким чином при математичному моделюванні курсової стійкості слід враховувати поздовжні сили, що виникають в контактні коліс з дорогою.

Історично склалося так, що питання стійкості, як правило, вивчалися стосовно до автомобілів, що рухаються криволінійними траєкторіями. Проте вивчати власний рух найбільш зручно, коли основний рух у поперечному напрямку відсутній (тобто при прямолінійному русі), тому що такий рух визначається внутрішніми властивостями системи, а не видом траєкторії. При цьому швидкість руху автомобіля – найбільша. Таким чином, найбільш важливим і одночасно більш доступним для дослідження є рух автомобіля на прямолінійних ділянках шляху.

У роботах [10,11] розроблена математична модель автопоїзда з урахуванням перекосу мостів напівпричепа і досліджено вплив конструктивних і компоновальних параметрів автопоїзда на показники стійкості його руху.

Маневреність і стійкість руху автопоїзда залежить від багатьох факторів. Для того, щоб найбільш повно вивчити процеси, що відбуваються при русі автопоїзда, необхідно здійснити велику кількість спостережень і вимірів. Розроблені математичні моделі автопоїздів дозволяють замінити об'єкт дослідження, а саме автопоїзд, але при цьому одержувати про нього інформацію. Деякі необхідні для аналітичних досліджень вихідні дані задаються з певними припущеннями, зокрема, про характер залежності кута бічного відведення від бічної сили, про величину моментів інерції модулів автопоїзда тощо. Будь-яка математична модель вимагає перевірки її адекватності на реальному фізичному об'єкті. Зробити таку перевірку можна шляхом порівняння результатів отриманих за допомогою математичної моделі та при проведенні експериментальних досліджень. Тому **метою** даної роботи є визначення параметрів стійкості автопоїзда з урахуванням кутів встановлення мостів напівпричепа експериментальним шляхом та співставлення отриманих результатів з результатами математичного моделювання.

Результати досліджень. Оціночними параметрами маневреності та стійкості руху прийнято відхилення траєкторії напівпричепа щодо траєкторії тягача за різних значень кута повороту керованих коліс тягача як в процесі аналітичних, так і експериментальних досліджень.

Об'єктом експериментального дослідження був обраний автопоїзд категорії N3+O4 у складі сидельного тягача DAF XF 95.430 та напівпричепа KRONE – SDP 24. До початку виконання заїздів за допомогою лазерної вимірювальної системи контролю кутів установки коліс та положення осей JOSAM AM [4] було перевірено технічний стан ходової системи автопоїзда та кути встановлення мостів автомобіля-тягача і напівпричепа.

Реєструюча апаратура та місце оператора, який контролював роботу вимірювально-реєструючого комплексу, було організовано в кабіні сидельного тягача. Використовувалась як стандартна, так і універсальна апаратура, розроблена кафедрою «Автомобілі» НТУ.

Універсальне вимірювальне обладнання було створено на базі ПЕОМ та електронного осцилографа USB Oscilloscope з використанням стандартних датчиків різних типів. Вимірювання відображалося на моніторі ноутбука в реальному часі за допомогою спеціальної програми та зберігались у вигляді файлу з даними для проведення подальшої обробки та аналізу. Для виміру кута повороту керованих коліс автомобіля-тягача застосовувався потенціометричний датчик ПТП-1, що має високу надійність і достатню для вирішення поставлених завдань точність. Для визначення бокового прискорення та прискорення автомобіля навколо своєї вертикальної осі були використані датчики прискорення МП-95.

Стандартна апаратура використовувалась при визначенні лінійної поздовжньої та бічної швидкості, прискорення та пройденого шляху автопоїзда (CORRSYS DATRON).

Безконтактний оптичний датчик CORREVIT® L400 для реєстрації швидкості руху та пройденого шляху автопоїзда використовувався з обладнанням фірми Corrsys Datron. Принцип дії датчика ґрунтується на перевірній часом технології оптичної кореляції.

Ця технологія використовує джерело освітлення високої інтенсивності, яке опромінює випробувальну поверхню, яка зазвичай, відбивається датчиком на дифракційній решітці оптичної системи. Датчики цього типу швидко встановлюються, прості, універсальні, мають високу надійність та безконтактні.

Датчик швидкості має розширений діапазон роботи, завдяки чому він може використовуватися на вантажних автомобілях, автобусах та позашляхових автомобілях. Широкий

діапазон робочих швидкостей, висока точність вимірювання, висока надійність та наявність аналогових та цифрових виходів роблять цей датчик дуже конкурентоспроможним.

Всі описані датчики перед початком випробувань були таровані в лабораторних умовах.

Програма дорожніх досліджень передбачала визначення кутових і лінійних відхилень траєкторії напівпричепа щодо траєкторії тягача за прямолінійного руху автопоїзда.

Випробування проводилися на рівній сухій асфальтованій площадці злітно-посадкової смуги аеродрому м. Житомир. За прямолінійного руху автопоїзда при досягненні певної швидкості руху виникають поперечні коливання причіпної ланки. Внаслідок цього збільшується габаритна смуга руху автопоїзда та погіршується безпека руху. Виняння виникає внаслідок початкового відхилення напівпричепа, причинами якого можуть бути перекид мостів, поперечний поштовх від нерівностей дороги, бічний вітер, відведення шин та інші фактори. Критичною швидкістю вважають швидкість, при досягненні якої виняння причепа в кожену сторону складають 3% його колії.

Кутові відхилення напівпричепа при прямолінійному русі сидельного тягача характеризують курсову стійкість автопоїзда. Оціночними параметрами курсової стійкості є максимальні відхилення траєкторії руху напівпричепа від траєкторії тягача і середня швидкість бічного зсуву напівпричепа, розглянуті як функція

$$v_j = \bar{j} v_a,$$

де v_a – швидкість руху сидельного тягача уздовж заданого напрямку, м/с;

$\bar{j}$ – середній інтегральний кут відхилень подовжньої осі візка напівпричепа від прямолінійного руху тягача, град;

$$\bar{j} = \frac{1}{(t_n - t_0)} \int_{t_0}^{t_n} f(j) dj ,$$

де $(t_n - t_0)$ – час руху на ділянці.

Відхилення траєкторії руху тягача від прямолінійної враховувалися при наступній обробці осцилограм, що здійснювалась методами математичної статистики.

У результаті експериментальних досліджень руху автопоїзда були отримані осцилограми із записами кутів повороту керованих коліс сидельного тягача, дані про прискорення центрів мас ланок та кута складання автопоїзда за різних значень перекосу мостів автопоїзда. Зразок осцилограм наведений на рис. 1.

Дані від вимірювального комплексу DATRON за параметрами – швидкість, прискорення та пройдений шлях автомобілем-тягачем отримані у вигляді текстового файлу. Обробка експериментальних даних дозволила отримати параметри, що характеризують стійкість руху автопоїзда, а саме швидкість, прискорення та пройдений шлях, кутові та лінійні відхилення траєкторії напівпричепа щодо траєкторії тягача. Значення усіх параметрів визначалися по величинах відхилень ліній на осцилограмі від відповідних базових ліній з урахуванням масштабних коефіцієнтів, отриманих за тарувальними графіками датчиків відповідних параметрів.

Для зручності досліджень осцилограми були дискретизовані та зведені до табличного формату даних, на основі яких були побудовані відповідні графіки. Методами математичної статистики був визначений закон розподілу кута складання і встановлені характеристики цього закону. В результаті обробки осцилограм отримані залежності математичного очікування кутових відхилень напівпричепа від швидкості автопоїзда. При прямолінійному русі визначені кутові відхилення ланок автопоїзда за різних сполученнях перекосу мостів, рис.2. Враховуючи те, що при прямолінійному русі кутові відхилення ланок автопоїзда мають коливальний характер, кут складання $\bar{j}$ є стаціонарна випадкова величина. Як приклад, у табл. 1 наведені значення параметрів розподілу кутових відхилень $\bar{j}$, а на рис. 3 – гістограма розподілу ймовірностей кута складання автопоїзда (тобто, кутових відхилень напівпричепа) з встановленим законом розподілу.

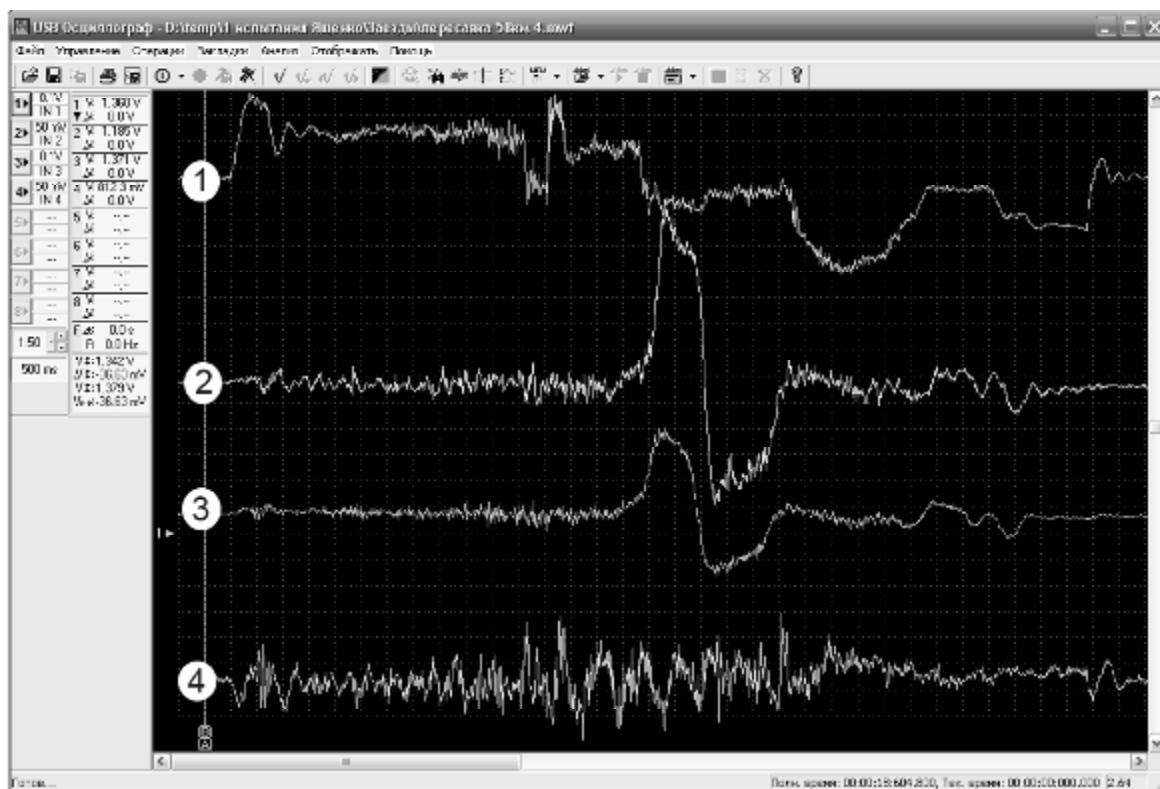


Рисунок 1 – Зразок осцилограми прискорень автопоїзда:

- 1 – запис кута повороту рульового колеса; 2 – запис датчика бічного прискорення автомобіля-тягача; 3 – запис датчика бічного прискорення напівпричепа; 4 – запис датчика кута складання автопоїзда.

При прямолінійному русі автопоїзда, величини відхилень напівпричепа без перекосу мостів відповідають пружним деформаціям шин і не є впливанням ланки. При наявності перекосу мостів, рис. 2, виникають впливання напівпричепа. Так при різнобічному перекосі мостів, сили що виникають у контакті коліс з дорогою, призводять до появи моменту, що прагне розвернути напівпричіп. Так, за схемою, рис. 2б, математичне очікування кута складання автопоїзда склало $-0,7101$ град, тобто напівпричіп рухатиметься із значним навантаженням на шини. При однобічному перекосі мостів, рис. 2в, математичне очікування кута складання автопоїзда збільшується на 33,9% і склало $-0,9512$ град. Такий рух викликає підвищений та нерівномірний знос шин, викликає зношування елементів підвіски, ускладнює управління таким автопоїздом та збільшує габаритну смугу руху.

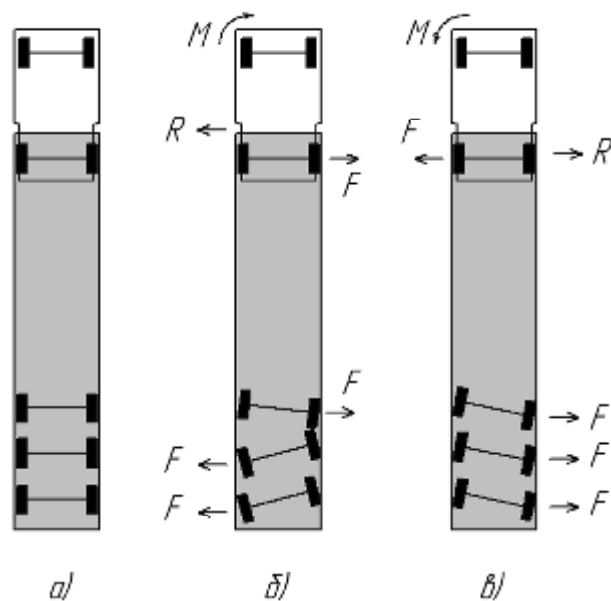


Рисунок 2 – Схеми перекосу мостів напівпричепа, що досліджувались

Таблиця 1 – Результати статистичної обробки відхилень кута складання автопоїзда при русі зі швидкістю 80 км/год

Параметри компоновки автопоїзда	Закон розподілу	Параметри закону розподілу		Критерій згоди	
		M_j , град	s , град	Пірсона $P(c^2, q) > 0.01$	Романовського $R < 3$
схема 7	норм.	-0,7101	0,7528	0,412	1,18
схема 8	норм.	-0,9512	0,8411	0,621	1,02

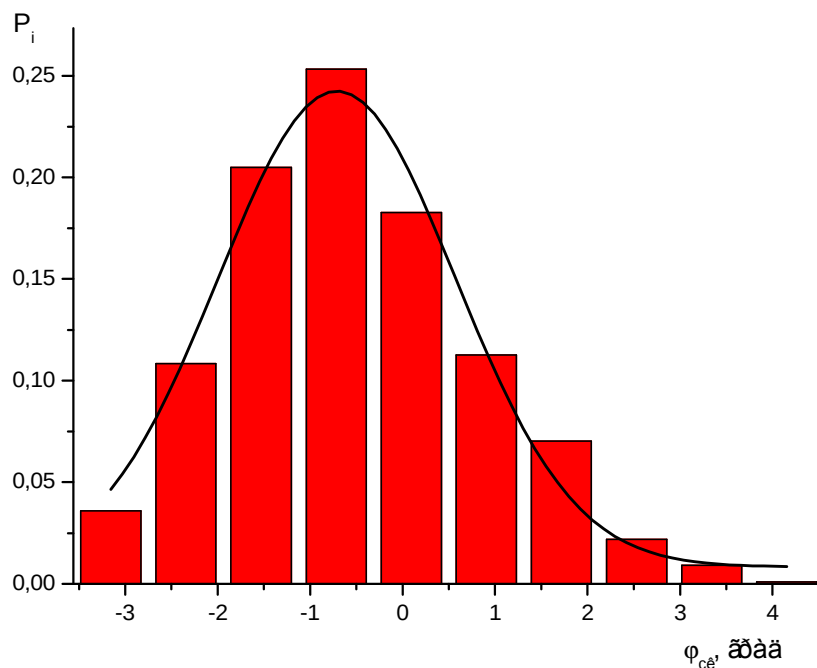


Рисунок 3 – Гістограма розподілу ймовірностей кутових відхилень напівпричепа

При проведенні випробувань на основному рівні всіх факторів, тобто автопоїзда без перекосу

мостів, рис. 2а, було встановлено зміщення траєкторії напівпричепа щодо траєкторії тягача на рівні 15 мм. У подальшому від цього рівня проводилися оцінка стійкості руху автопоїзда за різних значень перекосу мостів напівпричепа шляхом визначення зміни у відсотках величини габаритної смуги руху автопоїзда та порівняння з результатами аналітичних досліджень. У якості прикладу на рис. 4– 6 показана зміна габаритної смуги руху автопоїзда від величини перекосу мостів напівпричепа.

Як слідує з наведених даних, рис. 4 – 6, перекид мостів напівпричепа суттєво впливає на траєкторію прямолінійного руху. При перекосах в один градус, в залежності від схеми перекосу зміна траєкторії складає від 1,7 до 2,5 %, що наближається до максимально припустимого у 3%. При більших перекосах, стійкість прямолінійного руху порушується. При різнобічному перекосі двох мостів напівпричепа, максимальне відхилення становило 6,1% та спостерігалось підвищення частоти коливань. Найгіршим є випадок однобічного перекосу трьох мостів, при якому відхилення траєкторії може досягати 9,11%, суттєво збільшуючи габаритну смугу руху автопоїзда.

Будь яке сполучення перекосу мостів викликає погіршення стійкості прямолінійного руху, що обумовлено коливаннями причіпної ланки. В середньому кут складання збільшується на 33,9%.

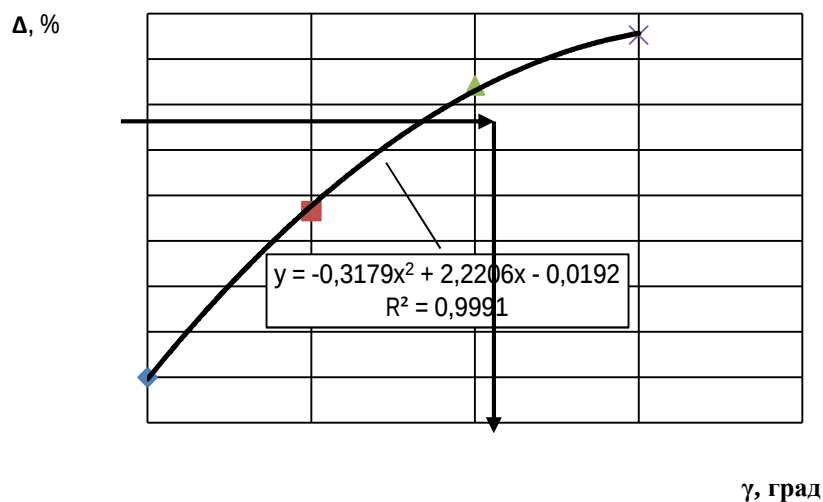


Рисунок 0 – Зміна габаритної смуги руху напівпричепа при прямолінійному русі від перекосу першого моста напівпричепа

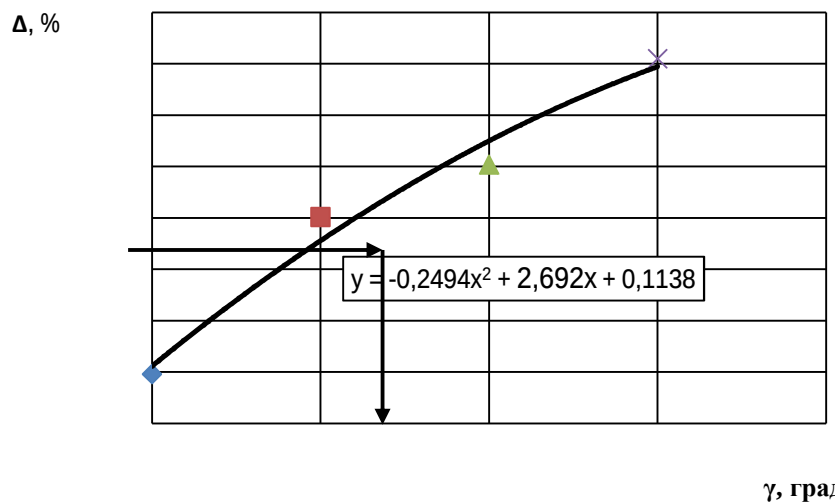


Рисунок 5 – Зміна габаритної смуги руху напівпричепа при прямолінійному русі при різнобічному перекосі за схемою, рис. 2б

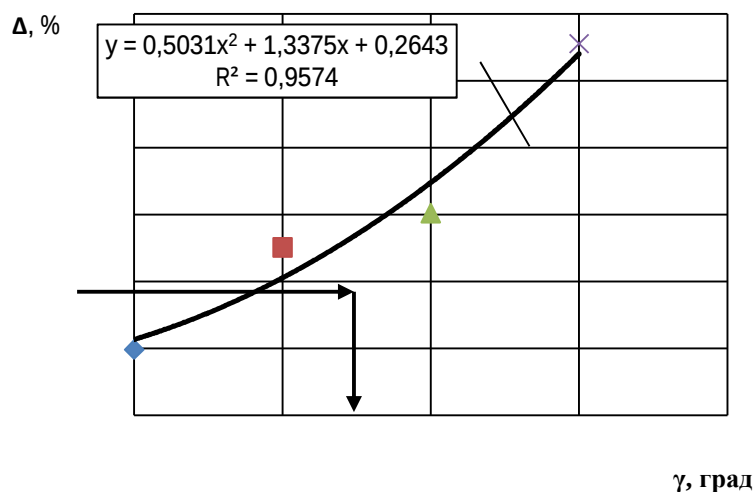


Рисунок 6 – Зміна габаритної смуги руху напівпричепа при прямолінійному русі при однобічному перекосі за схемою, рис. 2в

Висновки. Встановлено, що при перекосах мостів напівпричепа в один градус зміна траєкторії напівпричепа щодо автомобіля-тягача відповідно до прямолінійного руху складає від 1,7 до 2,5 % від колії напівпричепа в залежності від схеми перекосу, що наближається до максимально припустимого у 3%. При більших перекосах, стійкість прямолінійного руху порушується. При різнобічному перекосі максимальне відхилення траєкторії напівпричепа щодо траєкторії тягача становило 6,1% та спостерігалось підвищення частоти коливань. Найгіршим є випадок однобічного перекосу трьох мостів, при якому різко погіршується стійкість руху. При цьому відхилення траєкторії може досягати 9,11%, суттєво збільшуючи габаритну смугу руху автопоїзда.

REFERENCES:

1. Файчук М.І. Огляд вимог нормативних документів відносно гальмівних властивостей автопоїздів / М.І. Файчук, В.М. Поляков, А.В. Горпинюк., О.М. Тімков // Вісник НТУ. – 2009. – № 18. – С.45–50.
2. Шимми переднего колеса трехколесного шасси: труды ЦАГИ.–М.:ЦАГИ, 1945. – С.1–33.
3. Бакфиш К. Нова книга о шинах/ К.Бакфиш, Д.Хайнц. – М.: ООО «Издательство Астрель» : ООО «Издательство АСТ», 2003. – 303 с.: ил.
4. JOSAM. [Електронний ресурс]/ Електронний ресурс : www.josam.se.
5. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний : ГОСТ Р 52302–2004. – М.: Изд-во стандартов, 2005 – 28 с.
6. Кравченко О.П. Наукові основи управління ефективністю експлуатації автомобільних поїздів: Автореф. дис. ... доктора. техн. наук: 05.22.20. – Харків, 2007. – 38 с.
7. Кравченко А.П. Обеспечение безопасного функционирования автопоездов / А.П. Кравченко, А.А. Глайборода // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства «Підвищення надійності відновлюваних деталей машин». – 2003. – Вип. 17. – С. 143–146.
8. Кравченко А.П. Экспериментальные исследования управляемости автопоезда / А.П. Кравченко, В.М. Поляков // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля; Науковий журнал. – 2004. – Ч.2, №8 (78). – С.186–190.
9. Кравченко О.П. Результаты экспериментальных исследований влияния технического stanu ходовой части прицепной ланки на характер руху автопоїзда / О.П. Кравченко, В.М. Поляков, Л.Ф. Кришан // Вісник Національного транспортного університету. – 2004. – С. 279 – 283.
10. Файчук М.І. Математичне моделювання руху багатоланкових автопоїздів // М.І. Файчук, В.М. Поляков, Д.Ю. Приходченко, О.М. Тімков //Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Науковий журнал. – Луганськ, 2009. – №11 (141) – С. 145–151.
11. Файчук М.І. Теоретичні дослідження руху багатоланкових автопоїздів / М.І. Файчук, В.М. Поляков, Д.Ю. Приходченко, С.М. Шарай // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля. Науковий журнал. – Луганськ, 2010. – №6 (148). – С. 238–242.

УДК 631.363.21

Спірін А.В., к.т.н., доцент, Кормановський С.І., к.т.н., доцент,

Вінницький національний аграрний університет,

Козачко О.М., к.т.н., доцент,

Вінницький національний технічний університет

Email: kormanovski@ukr.net, lekoz80@gmail.com

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІБРУЮЧОЇ ПОВЕРХНІ ЗЕРНОВОГО ТРАНСПОРТЕРА

Спірін А.В., Кормановський С.І., Козачко О.М. Обґрунтування параметрів вібруючої поверхні зернового транспортера. В статті обґрунтовано доцільність застосування транспортера вібраційного типу для дозованого завантаження зернових матеріалів до подрібнювача малої продуктивності та проаналізовано закономірності переміщення зернини по вібруючій поверхні.

Ключові слова: зерновий транспортер, поверхня віброкотка, живильників сипких матеріалів, параметри вібруючої поверхні, живильник вібраційного типу.

Спирин А.В., Кормановский С.И., Козачко А.Н. Обоснование параметров вибрирующей поверхности зернового транспортёра. В статье обосновано перспективность использования транспортера вибрационного типа для дозированной загрузки зерновых материалов в измельчитель малой производительности и проанализировано закономерности перемещения зерна по вибрирующей поверхности.

Ключевые слова: зерновой транспортер, поверхность виброкотка, питатели сыпучих материалов, параметры вибрирующей поверхности, блок питания вибрирующего типа.

Spirin A.V., Kormanovski S.I., Kozachko A.N. In article the perspective of using vibratory conveyor for loading dosage granular materials into the crusher with low productivity and analyzed patterns of movement of grain by a vibrating surface.

Keywords: grain conveyo, surface vibrating chute, feeders for bulk materials, the parameters of the vibrating surface, vibrating feeder.

Постановка проблеми. Відсутність надійних живильників зерна дробарок малої продуктивності, здатних забезпечити стабільну рівномірну подачу матеріалу до камери подрібнення, обґрунтувала необхідність проведення власних досліджень з цього питання.

Аналіз останніх досліджень. Як показав аналіз існуючих конструкцій живильників сипких матеріалів, задачу забезпечення дозованої подачі зерна в малих об'ємах до робочої камери подрібнювачів можна вирішити шляхом застосування коливних конвеєрів, в яких процес транспортування здійснюється за рахунок коливань високої частоти з малою амплітудою. Такий тип дозаторів широко застосовується в гірничорудній промисловості, а в останні роки – і в машинобудуванні, для забезпечення стабільного направлено завантаження заготовками верстатів-автоматів [1,2]. Перевага коливних конвеєрів полягає в простоті конструкції та високій надійності виконання процесу, особливо при малих подачах матеріалу.

В залежності від режимів роботи матеріал може рухатись в коливному транспортері без відриву від робочої поверхні (інерційні транспортери), або з відривом (вібраційні транспортери). Дослідження показали, що найбільш ефективним, з точки зору забезпечення стабільної подачі матеріалу, є відривний режим роботи живильників сипких матеріалів (вібраційний тип живильників) [1,2]. Крім того, такий режим роботи сприяє створенню псевдозрідженого шару матеріалу, що також підвищує надійність роботи живильників.

Мета дослідження. Забезпечити дозовану подачу матеріалу до камери подрібнення зернових дробарок малої продуктивності шляхом застосування живильника вібраційного типу.

Результати досліджень.

Розглянемо переміщення зернини масою m , по поверхні АВ вібролотка, встановленого з від'ємним кутом нахилу α до горизонту (рис. 1).

Величина кута нахилу поверхні вібролотка до горизонту незначна і знаходиться в межах $1^\circ \leq \alpha \leq 3^\circ$, що дозволить забезпечити стабільну дозовану подачу зерна без хаотичного його зсування по лотку.

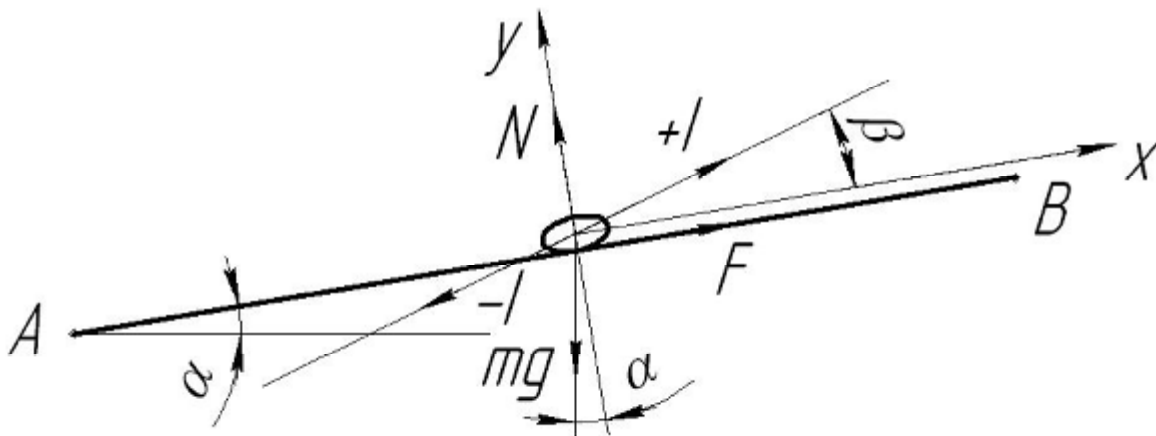


Рис. 1. Схема сил, діючих на зернину, розміщену на поверхні вібролотка.

Якщо площині AB надати коливних рухів, направлених під кутом b до поверхні площини, то на зернину масою m_3 , що знаходиться на цій площині, будуть діяти сила тяжіння $G = m_3 g$, сила тертя $F_t = N f$, сила нормального тиску N та знакозмінна сила інерції $I = a \omega^2 m_3 \sin j$.

Умову рівноваги зернини на поверхні AB в нерухомій системі координат XOY можна записати у вигляді:

$$\begin{cases} F_t = m_3 \cdot g \cdot \sin \alpha \pm I \cdot \cos b \\ N = m_3 \cdot g \cdot \cos \alpha \pm I \cdot \sin b \end{cases} \quad (1)$$

Для переміщення зернини по поверхні лотка від точки A до точки B необхідно щоб виконувалась умова:

$$\sum X(F_{xi}) > 0, \text{ або } I \cdot \cos b > m_3 \cdot g \cdot \sin \alpha - F_t,$$

$$\text{звідки} \quad a \cdot \omega^2 \cdot \sin f > \frac{m_3 \cdot g \cdot \sin \alpha - N \cdot f}{m_3 \cdot \cos b}. \quad (2)$$

Умова (2) може бути виконана лише при наявності явища мікрівідриву зернини від поверхні AB , тобто $\sum Y(F_{yi}) > 0$. Відрив зернини відбувається у випадку, коли сила тиску зернини на поверхню лотка буде рівна 0:

$$N = m_3 \cdot g \cdot \cos \alpha - a \cdot \omega^2 \cdot m_3 \cdot \sin f \cdot \sin b = m_3 \cdot (g \cdot \cos \alpha - a \cdot \omega^2 \cdot \sin f \cdot \sin b), \quad (3)$$

де a – амплітуда коливань площини;

ω – кутова швидкість джерела коливань;

j – фазовий кут коливань, $j = \omega t$.

При умові, що $g \cdot \cos \alpha > a \cdot \omega^2 \cdot \sin f \cdot \sin b$, зернина притискається до поверхні лотка AB і рухається разом з нею, а в протилежному випадку, коли $a \cdot \omega^2 \cdot \sin f \cdot \sin b > g \cdot \cos \alpha$ – зернина буде відриватися від поверхні лотка. Фазовий кут коливань j змінюється в межах від 0 до 2π , тому максимальне значення вираз $a \cdot \omega^2 \cdot \sin f \cdot \sin b$ набуде при $\sin f = 1$ ($j = \pi/2$). Отже, максимальне прискорення відносно осі OY лоток (і зернина разом з ним) набуде у випадку, коли $I_{\max}^y = a \cdot \omega^2 \cdot \sin b$.

У випадку, коли $g \cdot \cos a = a \cdot \omega^2 \cdot \sin f \cdot \sin b$, настають граничні умови (початок відриву зернини від поверхні AB). Відношення $\Gamma = \frac{a \cdot \omega^2 \cdot \sin b}{g \cdot \cos a} = 1$ називають граничним, а коефіцієнт Γ –

динамічним коефіцієнтом режиму роботи коливного транспортеру. При $\Gamma < 1$ вантаж не відривається від поверхні лотка (інерційні конвеєри), а при $\Gamma > 1$ – рухається в режимі відриву (вібраційні конвеєри [1].

Враховуючи, що площина лотка AB здійснює гармонічні коливання під дією сили інерції I в напрямку її дії (під кутом b до площини AB), то схему переміщення зернини можна відобразити наступним чином (рис. 2).

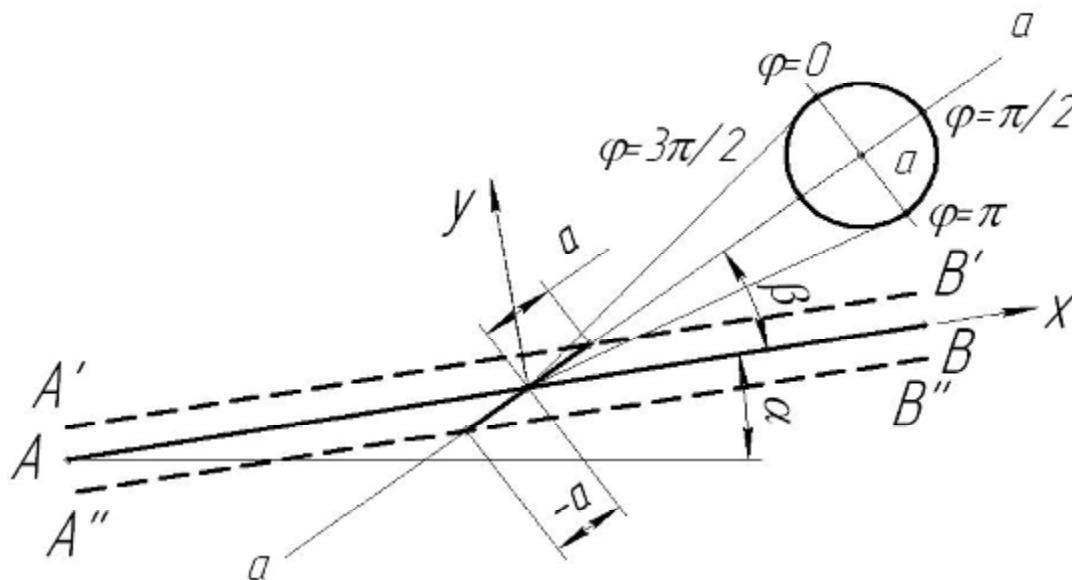


Рис. 2. Схема руху зернини на лотку віброживильника.

Діаграму руху зернини по вібротлотку живильника дробарки під дією зовнішніх сил наведено на рисунку 3.

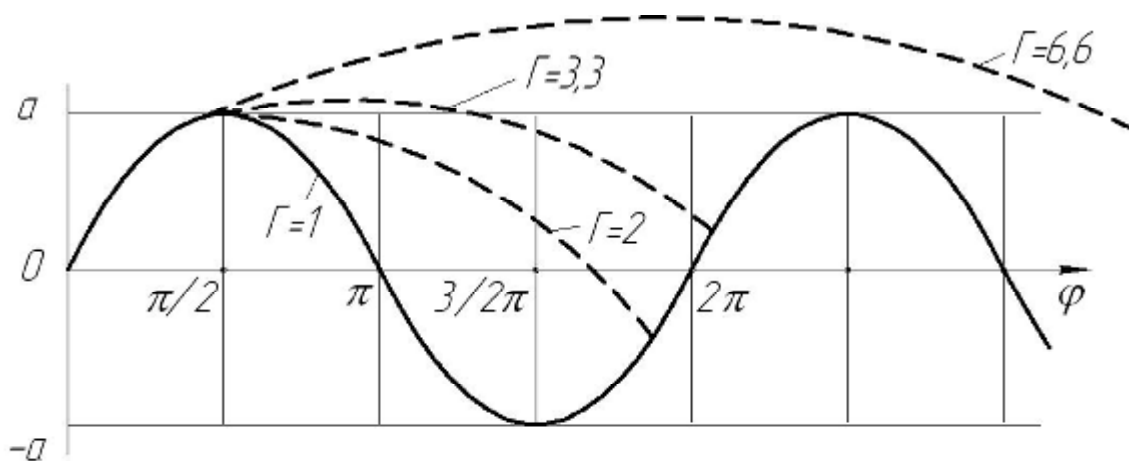


Рис. 3. Діаграма руху зернини на лотку віброживильника.

Починаючи з середнього положення ($j_0=0$) площина AB переміщується в напрямку a -а на величину ексцентриситету a в крайнє верхнє положення ($j_1 = p/2$). В цьому випадку, сила інерції $I = m_3 \cdot a \cdot \omega^2 \cdot \sin f$ притискає зернину до поверхні AB і при умові, що $F_T \geq m_3 \cdot g \cdot \sin a \pm I \cdot \cos b$, вони переміщуються разом без взаємного проковзування. При подальшому збільшенні кута j ($p/2 < j < 3p/2$), площина AB рухається вниз на відстань $2a$, сила інерції відриває зернину від поверхні лотка AB і вона здійснює вільний політ, траєкторія якого

визначається кутом кидання b , початковою швидкістю зернини V_0 і залежить від значення коефіцієнта динамічного режиму Γ роботи віброживильника.

Момент зустрічі зернини з поверхнею вібролотка AB необхідно підбирати таким чином, щоб вона попала на лоток при його переміщенні вперед і вгору ($3p/2 < j < p/2$) в положенні, коли час їх спільного руху був би мінімальним, але достатнім для надання зернині необхідного прискорення для наступного відриву і переміщення вздовж поверхні лотка в напрямку від точки A до B (рис. 3). Дослідженнями встановлено, що раціональними слід вважати такі режими роботи віброживильника, при яких коефіцієнт динамічного режиму Γ знаходиться в межах $1 < \Gamma < 3,3$. При $\Gamma < 1$ живильник працює як інерційний транспортер, без відриву матеріалу від поверхні лотка, а при $\Gamma > 3,3$ виникають значні динамічні навантаження в системі приводу [1].

З точки зору забезпечення стабільної подачі зерна в камеру подрібнення, необхідно знайти швидкість його переміщення вздовж лотка AB в напрямку від A до B (вздовж осі Ox). Враховуючи циклічність поздовжніх переміщень лотка, визначимо його максимальну швидкість:

$$V_{L_{\max}}^x = a \cdot \omega^2 \cdot \cos b = a \cdot p \cdot g \cdot \cos b, \quad (4)$$

де $\omega = p \cdot g$ – частота коливань лотка.

Середня швидкість зернини в напрямку осі Ox буде менша від максимальної швидкості лотка, $V_{з_{\text{ср}}}^x < V_{L_{\max}}^x$. Тому, для визначення середньої швидкості зернини вздовж лотка необхідно врахувати коефіцієнт швидкості $K_{ш}$, який визначається з виразу [3]:

$$K_{ш} = \frac{V_{з_{\text{ср}}}^x}{V_{L_{\max}}^x}. \quad (5)$$

Значення коефіцієнта $K_{ш}$ залежить від кінематичних режимів роботи віброживильника і визначається аналітично, або графічним способом, шляхом вимірювання планіметром відповідних площ на графіку швидкостей лотка [2].

В найбільш загальному випадку переміщення зернини по поверхні вібролотка можна розбити на п'ять етапів і, в залежності від їх комбінацій, розрізняють шість режимів руху матеріалу [1]. Виходячи з наших умов (висока швидкість переміщення вібролотка) прийнемо I-й режим руху зернини, який включає три етапи: розгін, вільний політ і гальмування зернини (рис. 4).

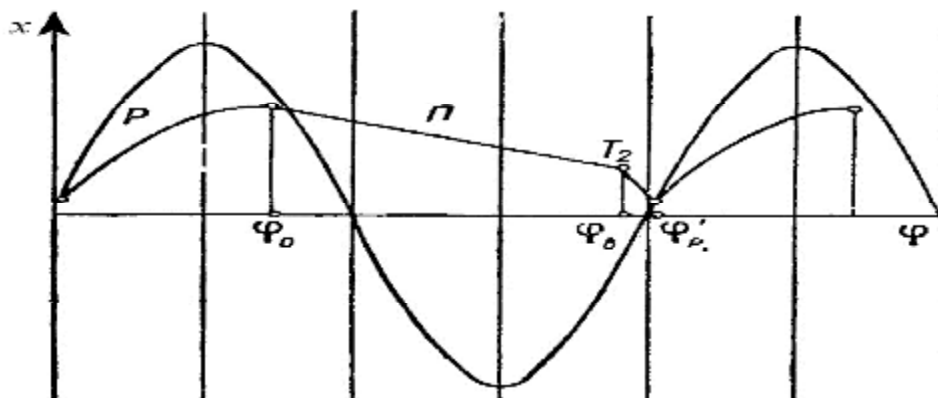


Рис. 4. Графік переміщення зернини по поверхні вібролотка живильника в режимі 1

Виходячи з фізико-механічних властивостей зерна та з метою забезпечення його необхідної подачі до камери подрібнення (50...150 кг/год.) виникла необхідність в аналітичному обґрунтуванні раціональних параметрів і режимів роботи вібролотка живильника:

- розмірів та кута нахилу до горизонту дна вібролотка;
- частоти та напрямку коливань вібролотка;
- амплітуди коливань (ексцентриситет кривошипа);
- швидкості переміщення зерна вздовж вібролотка.

Для забезпечення ефективного переміщення зерна по поверхні вібролотка в напрямку від A до B , кут прикладення збуджуючої сили вібратора повинен знаходитися в межах $20^\circ < b < 30^\circ$ [2]. Бажано, щоб лінія дії збуджуючої сили (кут b) проходила через центр інерції вібролотка, який, як правило, співпадає з центром мас при симетричному розміщенні вузлів віброживильника. У випадку

недотримання цієї вимоги, система отримає додаткові навантаження у вигляді крутного моменту, який перешкоджає переміщенню зерна по лотку і зменшує його поступальну швидкість.

Завантажувальні патрубки живильника не повинні жорстко з'єднуватися з вібролотком, щоб не впливати на кінематичні режими його роботи.

Застосування запропонованої схеми віброживильника дозволяє забезпечити необхідну продуктивність, але суттєво ускладнює конструкцію подрібнювача зернових матеріалів. Для усунення цього недоліку шарнірно зафіксуємо один кінець поверхні в точці O , а другий будемо коливати навколо цього шарніра (рис. 5).

Проаналізуємо траєкторії руху частинок на коливній поверхні і самої поверхні, прийнявши до уваги, що поверхня має кут нахилу α до горизонтальної осі OX .

Розглянемо сили, що діють на частинку (зернину, або елементарний об'єм матеріалу), яка знаходиться на поверхні OX_1 в точці X_1 при здійсненні нею кутових коливань з кутовими параметрами Θ , $\dot{\Theta}$, $\ddot{\Theta}$

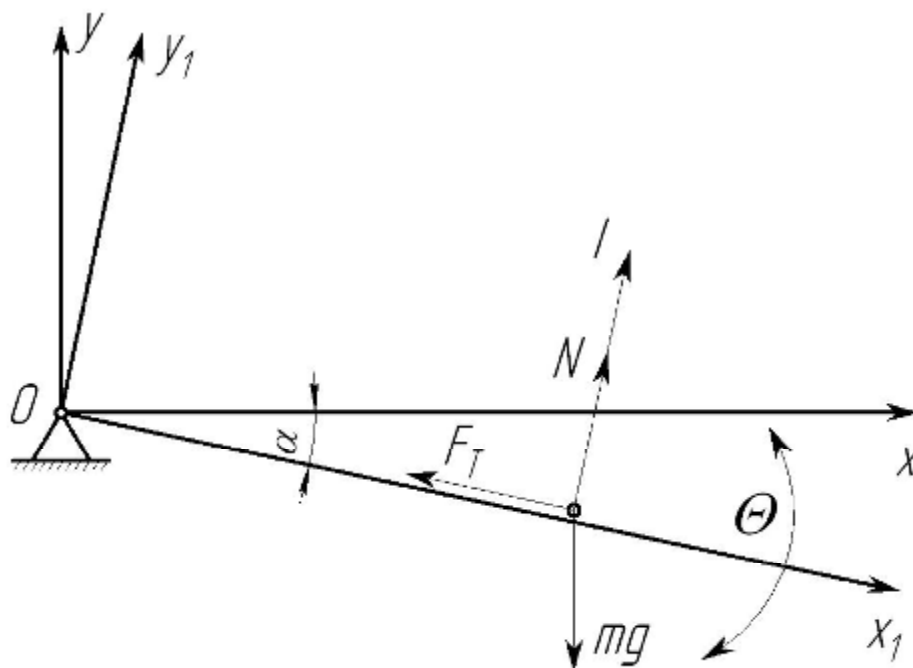


Рис.5. Аналіз сил, що діють на зернину, яка знаходиться на коливній поверхні

З точки зору забезпечення транспортування матеріалу по поверхні, що коливається, важливо знати компоненти зміщень, швидкостей та прискорень точок цієї поверхні. Для визначення вказаних компонент розглянемо їх кутові зміщення, швидкості та прискорення повороту поверхні навколо точки O , які виражаються наступними залежностями (рис. 5):

$$\begin{aligned}\Theta &= \arctg \frac{Y_{1M}}{X_{1M}} = \arctg \frac{r \cdot \sin(wt)}{L + r \cdot \cos(wt)}; \\ \dot{\Theta} &= \frac{r \cdot w \cdot (r + L \cdot \cos(wt))}{L^2 + r^2 + 2 \cdot L \cdot r \cdot \cos(wt)}; \\ \ddot{\Theta} &= - \frac{L \cdot r \cdot (L^2 - r^2) \cdot w^2 \cdot \sin(wt)}{(L^2 + r^2 + 2 \cdot L \cdot r \cdot \cos(wt))^2}.\end{aligned}\tag{6}$$

В вертикальній площині на матеріал, що знаходиться на поверхні OX_1 (зерно, для спрощення візьмемо одну зернину) діють сила тяжіння $G = m \cdot g$ та сила інерції I , проекцію якої на вісь OY визначимо за виразом:

$$I = m \cdot \ddot{\varphi} \cdot x_1 \cdot \cos(q + a), \quad (7)$$

де m – маса зернини, кг;

$\ddot{\varphi}$ – кутове прискорення зернини, c^{-2} ;

x_1 – відстань зернини до центра коливань, м.

Тоді, умова відриву частинки (елемента об'єму) від поверхні площини, що коливається:

$$m(\ddot{\varphi} \cdot x_1 \cdot \cos(q + a) - g) \geq 0. \quad (8)$$

В момент відриву зернини від поверхні, що коливається, рівняння рівноваги в проекції на вісь OY матиме вигляд:

$$m \cdot \ddot{\varphi} \cdot x_1 \cdot \cos(\Theta + a) - m \cdot g = 0. \quad (9)$$

Підставивши у вираз (9) значення Θ і $\ddot{\varphi}$ з (6), після відповідних перетворень, одержимо:

$$\frac{L \cdot r (L^2 - r^2) w^2 \cdot x_1 \cdot \sin(wt)}{(L^2 + r^2 + 2L \cdot r \cdot \cos(wt))^2} \cdot \cos\left(\arctg \frac{r \cdot \sin(wt)}{L + r \cdot \cos(wt)} + a\right) + g = 0. \quad (10)$$

Позначивши ліву частину рівняння (10) через G , побудуємо графіки $G = f(w, r, L, x_1, a, m_s)$ в залежності від кута повороту кривошипів $j = wt$, аналіз яких показав, що в функції t на момент відриву зернини від площини найбільш суттєво впливає зміна кутової швидкості w обертання кривошипів AM . Відрив зернини відбувається при переміщенні площини з крайнього верхнього положення в момент переходу кривої через вісь X ($G = 0$). На рис.6 наведено приклад визначення моменту відриву зернини від площини при різних значеннях кутової швидкості кривошипа і при фіксованих інших параметрах ($r = 1,5$ мм, $L = 0,2$ м, $x_1 = 0,05$ м, $a = 2^\circ$, $m_s = 0,04$ г.).

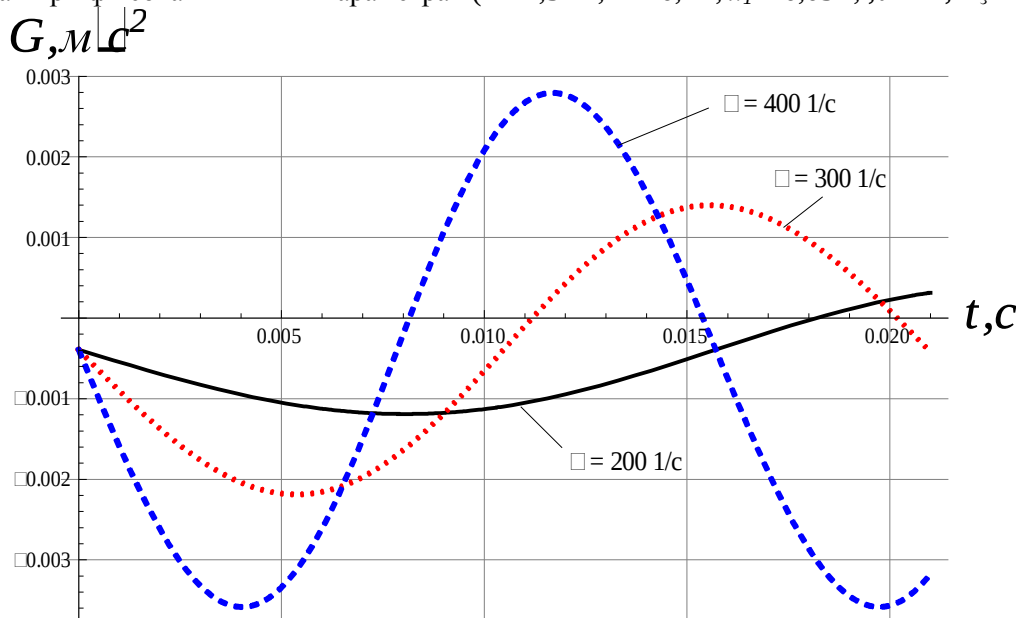


Рис. 6. Визначення моменту відриву зернини від поверхні, що вібрує, при різних значеннях w

Аналогічно визначаємо вплив решти факторів на умови відриву зернини і будуємо графіки залежностей.

Висновки

Найбільш доцільним способом дозованої подачі зернової маси до робочої камери подрібнювача малої продуктивності слід вважати вібраційний, що характеризується високою частотою коливань та малою амплітудою.

Аналіз руху зернини по площині, що коливається, дозволив визначити вплив основних факторів на раціональні параметри, що забезпечують надійну дозовану подачу зернової маси до подрібнювача малої продуктивності.

Проведені аналітичні дослідження є основою для розрахунку числових значень подачі зернової маси до подрібнювача.

Слід відмітити, що при визначенні характеру руху зернової маси по площині, що коливається, необхідно враховувати і ефект псевдозрідженого шару, що є предметом додаткових досліджень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Повидайло В.А. Расчет и конструирование вибрационных питателей. М.: Машгиз, 1962.- 152 с.
2. А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. Транспортирующие машины. М.: Машиностроение, 1983.- 487 с.
3. Г.Корн, Т.Корн. Справочник по математике. Для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1973.- 832 с.

УДК 629.113

Тімков О.М., Тарануха В.І.

Київський Національний транспортний університет

E-mail: tivladik@gmail.com

АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ПРОЦЕСІВ

В роботі реалізована розробка математичної моделі системи управління виконуючого пристрою автомобіля на основі крокового електродвигуна. Залежність обертів електродвигуна від дискретних імпульсів дозволяє керувати двигуном внутрішнього згорання без зворотного зв'язку. На основі отриманих даних з математичної моделі, проводиться компіляція програми управління та програмування керуючого мікроконтролера. Отримання емпіричних даних з лабораторної установки відбувається шляхом зміни основних параметрів керуючої програми.

Ключові слова: математична модель, система управління, виконуючий пристрій, мікроконтролер, кроковий двигун.

Тимков А.Н., Тарануха В.И. Автоматизация управления технических систем и процессов.

В работе реализована разработка математической модели системы управления исполняющего устройства автомобиля на основе шагового электродвигателя. Зависимость оборотов электродвигателя от дискретных импульсов позволяет управлять двигателем внутреннего сгорания без обратной связи. На основе полученных данных с математической модели, проводится компиляция программы управления и программирование управляющего микроконтроллера. Получение эмпирических данных по лабораторной установки происходит путем изменения основных параметров управляющей программы.

Ключевые слова: математическая модель, система управления, исполняющий устройство, микроконтроллер, шаговый электродвигатель.

Timkov O.M. Taranukha V.I., Automation of technical systems and processes. In this paper we develop mathematical models implemented control system performing vehicle device based stepper motor. The dependence of the speed of the electric motor of discrete pulses allows you to control the internal combustion engine without feedback. Based on the data from a mathematical model, carried compilation program management and control of the microcontroller firmware. Obtaining empirical data from laboratory setup is by changing the fundamental parameters of the control program.

Keywords: mathematical model, control system, performing device, microcontroller, stepper motor.

Постановка проблеми. Робота присвячена питанню надбання теоретичних та практичних знань студентів з основ розробки автоматизованих систем управління технічними системами та процесами за допомогою мікроконтролерів. Існує багато технологічних процесів в різних галузях господарства, де автоматизуються всі процеси, та існує безліч автоматичних регуляторів, що відрізняються множиною ознак. Під системою автоматичного керування розуміють сукупність об'єкта керування та з'єднаних певним чином елементів, взаємодією яких забезпечується розв'язання поставленого завдання керування об'єктом [1]. Пристрій системи автоматичного керування, що підключається до керованого об'єкта і служить для підтримання необхідних параметрів керованої величини на заданому рівні або за заданим законом регулювання називають автоматичним регулятором [2].

Мета роботи. Набуття теоретичних та практичних навичок автоматизації технічних систем та процесів за допомогою мікроконтролерів.

Завдання роботи. Вивчення особливостей програмування мікроконтролерів та управління кроковими двигунами; лабораторне дослідження роботи електромеханічного механізму з кроковим двигуном за різними алгоритмами.

Основна частина. Плата Arduino UNO спрощує проектування автоматизованих блоків керування для вузлів та систем автомобіля. Це забезпечується її дешевизною, малими габаритними розмірами та швидкодією. Легкість у вивченні забезпечує спрощений синтаксис мови програмування для Arduino. Надбання теоретичних та практичних знань з основ розробки автоматизованих систем управління технічними системами та процесами є важливим етапом навчання студентів при підготовці фахівців зі спеціальності «Автомобілебудування» [3].

Arduino може використовуватися для розробки інтерактивних систем, керованих різними датчиками і перемикачами. Такі системи, в свою чергу, можуть управляти роботою різних індикаторів, двигунів та інших пристроїв. Проекти Arduino можуть бути як самостійними, так і взаємодіяти з програмним забезпеченням, що працює на персональному комп'ютері (наприклад, додатками Flash, Processing, MaxMSP). Будь-яку плату Arduino можна зібрати вручну або ж купити готовий пристрій. Середовище розробки для програмування такої плати має відкритий вихідний код і повністю безкоштовна.

Мова програмування Arduino є реалізацією схожою апаратної платформи "Wiring", заснованої на середовищі програмування мультимедіа "Processing" [4].

Плата Arduino складається з мікроконтролера Atmel AVR, а також елементів обов'язкових для програмування та інтеграції з іншими пристроями (рис. 1). На багатьох платах наявний лінійний стабілізатор напруги +5В або +3,3В. Тактування здійснюється на частоті 16 або 8 МГц кварцовим резонатором. У мікроконтролер записаний завантажувач (bootloader), тому зовнішній програматор не потрібен.

На концептуальному рівні усі плати програмуються через RS-232 (послідовне з'єднання), але реалізація даного способу різниться від версії до версії. Новіші плати програмуються через USB, що можливо завдяки мікросхемі конвертера USB-to-Serial FTDI FT232R. У версії платформи Arduino Uno в якості конвертера використовується контролер Atmega8 у SMD-корпусі. Дане рішення дозволяє програмувати конвертер таким чином, щоб платформа відразу розпізнавалася як миша, джойстик чи інший пристрій за вибором розробника зі всіма необхідними додатковими сигналами керування. У деяких варіантах, таких як Arduino Mini або неофіційній Boarduino, для програмування потрібно підключити до контролера окрему плату USB-to-Serial або кабель[5].

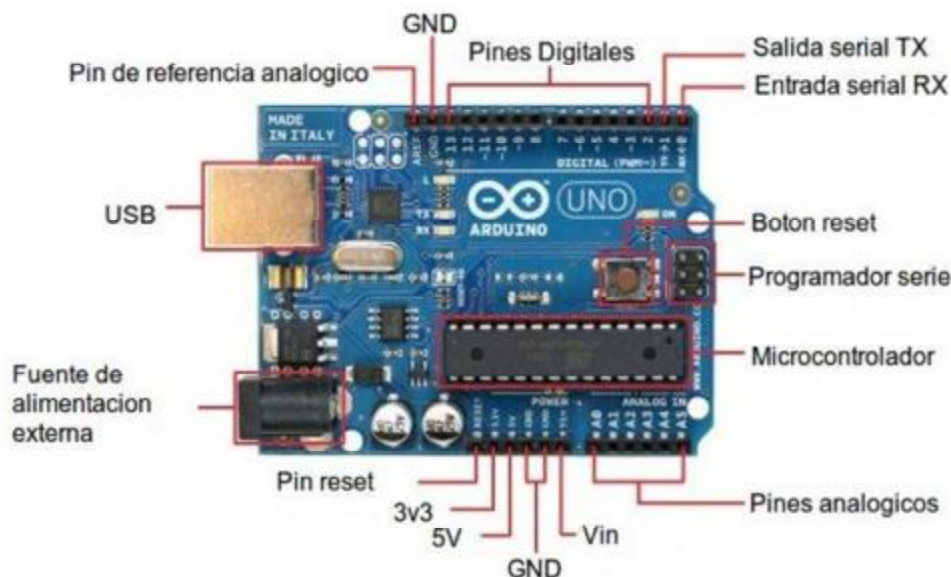


Рисунок 1 – Плата Arduino та її елементи [6]

В сучасних автомобілях в якості виконуючих пристроїв для різних систем управління часто використовуються електродвигуни постійного струму і крокові двигуни (рідше). В нашій роботі ми розглянемо приклад використання КД в електронній системі управління двигуном автомобіля, для регулювання обертів холостого ходу.

Кроковий двигун — електричний двигун, в якому імпульсне живлення електричним струмом призводить до того, що його ротор не обертається неперервно, а виконує щоразу обертальний рух на заданий кут. Завдяки цьому, кут повороту ротора залежить від числа поданих імпульсів струму, а кутова швидкість ротора точно рівна частоті імпульсів помноженій на кут повороту ротора за один цикл роботи двигуна [7].

Однією з основних переваг крокового двигуна є можливість реалізовувати точне позиціонування і регулювання швидкості без датчика зворотного зв'язку[8].

КД встановлюємо в байпасному каналі вузла дросельної заслінки (рис. 2).

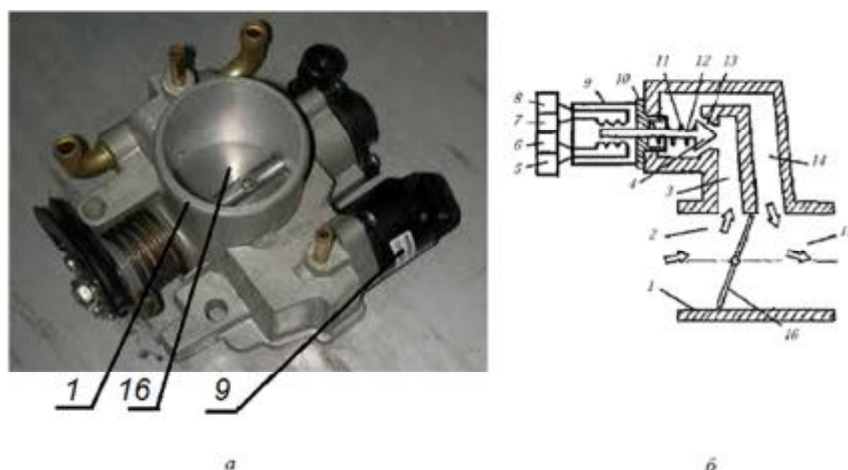


Рисунок 2 – Місце установки КД регулювання обертів ХХ на дросельному патрубку:

а – загальний вигляд; б – схема каналів

1 – трубопровід; 2 – дросельний простір; 3 – вхідний канал; 4 – голка; 5,6,7,8 – контакти; 9 - електродвигун; 10 – втулка; 11 – пружина; 12 – шток; 13 – кільцева щілина; 14 – вихідний канал; 15 – задросельний простір; 16 – дросельний простір;

Завдання які вирішуватиме керований КД виглядають наступним чином:

- Прогрів двигуна після запуску. Система автоматично визначатиме температуру охолоджуючої

рідини та залежно від отриманих даних забезпечуватиме підтримку необхідних обертів холостого ходу. В нашому випадку КД відкриватиме клапан настільки, щоб потоку повітря було достатньо для підтримки двигуном цих обертів.

- При відкритті дросельної заслінки все повітря в двигун потрапляє через площу дросельної заслінки, а байпасний канал повинен бути підготовлений до різкого скидання дроселя і скидання навантаження (відключення коробки передач). Система відслідковує за допомогою КД такий перетин байпасного каналу (в залежності від обертів двигуна, швидкості автомобіля і положення дросельної заслінки), при якому у випадку скидання навантаження має бути забезпечене плавне зниження обертів колінчатого вала до заданих обертів холостого ходу.

- Третьою функцією КД являється компенсація контрольованого блоком управління навантаження (включення/виключення вентилятора, кондиціонера і т.д.). В режимі холостого ходу система корегує положення КД до включення/виключення навантаження. Тим самим компенсується провал обертів в режимі холостого ходу при підключенні додаткових споживачів потужності.

Для спрощення процесу розуміння підключення КД до плати Arduino UNO, нижче наведена наглядна схема без використання спеціальних символів та позначень (рис. 3).

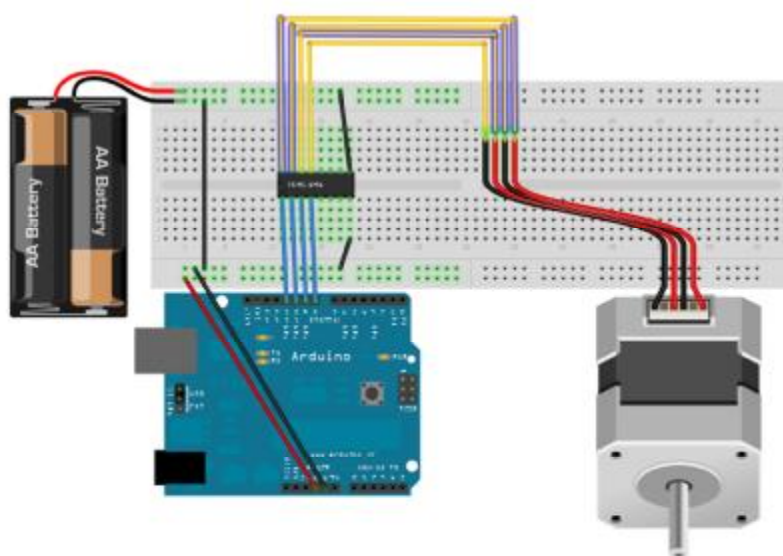


Рисунок 3 – Схема підключення КД до плати Arduino UNO

Завдяки можливості вала КД повертатися на суворо заданий кут крокові двигуни широко використовуються в якості виконуючих пристроїв в системах управління без зворотного зв'язку, побудованих на принципі програмного управління.

Перед початком програмування мікроконтролера, необхідно провести обрахунки для визначення швидкості обертання і кількості кроків КД (рис. 4). Швидкість обертання КД регулюється зміною часової затримки між кроками КД.

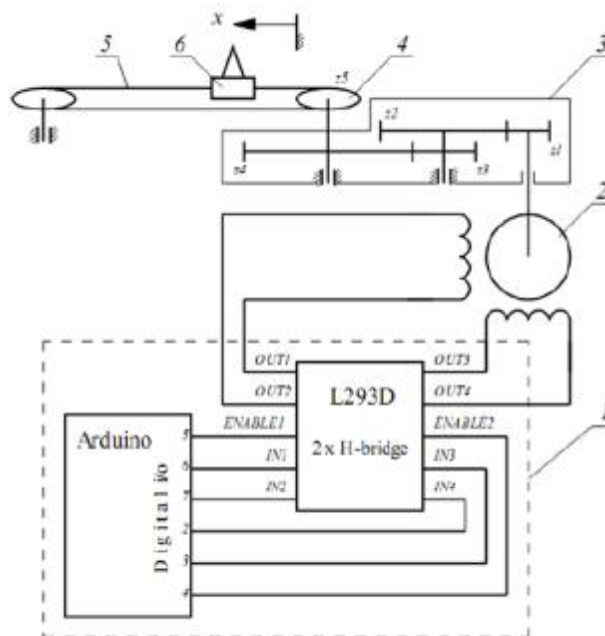


Рисунок 4 – Схема лабораторної установки

Завантаження програми в мікроконтролер здійснюється після з'єднання плати Arduino через USB-порт з комп'ютером і натиснення кнопки «Upload» на панелі інструментів.

Важливо! З'єднання плати Arduino USB кабелем з комп'ютером необхідно проводити при відключеному КД від плати драйвера КД для уникнення виходу з ладу порта USB комп'ютера.

При закінченні завантаження програми в мікроконтролер необхідно відключити кабель USB від плати Arduino, підключити до плати драйвера кроковий двигун і роз'єм зовнішнього живлення (рис. 5). Робота КД починається після підключення живлення до плати Arduino.

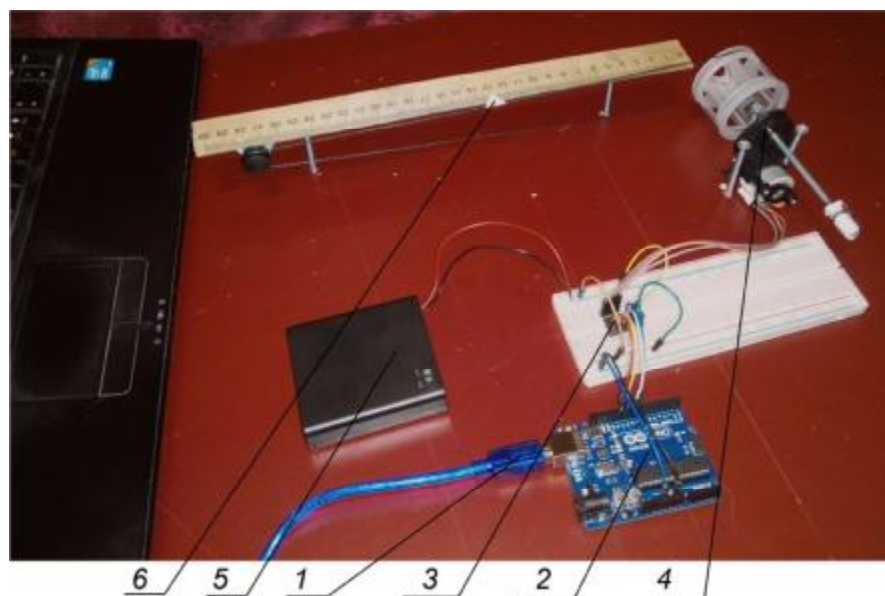


Рисунок 5 – Загальний вигляд лабораторної установки: 1 – USB-провід, 2 – плата Arduino, 3 – плата драйвера, 4 – механічний редуктор, 5 – додаткове живлення, 6 – мітка

Висновки. В роботі виконано аналіз сучасної платформи мікроконтролера її можливостей, наведено особливості апаратної частини, мови програмування та підключення периферійних пристроїв. В якості прикладу розглядається електромеханічна система на основі крокового двигуна системи живлення ДВЗ, який є основою виконавчих механізмів сучасних систем управління.

Розроблено математичну модель та лабораторну установку яка дозволяє реалізувати різні алгоритми роботи крокового двигуна в залежності від задач що вирішуються.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. - К.: Либідь, 1997. – 544 с.
2. Електротехніка On-line : [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://electro-tex.ho.ua>
3. Кривоконь О.Г. Сучасний стан та характеристика автомобілебудування як галузі промислового виробництва країни / О.Г. Кривоконь // «Автомобіле- та тракторобудування». Вісник НТУ "ХП". – № 56, 2011. – С. 78 – 86.
4. Что такое Arduino?: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://arduino.ua/ru/about/> – Назва з екрану
5. Вікіпедія. Arduino: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino> – Назва з екрану
6. Análisis comparativo de las placas Arduino (oficiales y compatibles) : [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://es.paperblog.com/analisis-comparativo-de-las-placas-arduino-oficiales-y-compatibles-2733379/>
7. Вікіпедія. Кроковий електродвигун: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://uk.wikipedia.org/wiki/Кроковий_електродвигун
8. Крокові двигуни : [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://idndist.lp.edu.ua/moodle/library/books/PAK%20ASU%20TP/112/ml12.html>

УДК 629.017:629.083

Томей І.І., Тимофеев С.С., Сакно О.П.

Військова Академія, м. Одеса

E-mail: sakno-o@yandex.ru

ОСОБЛИВОСТІ НОРМУВАННЯ РЕСУРСУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ ШИН ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Проаналізовані проблеми, що виникають при використанні пневматичних шин вантажних автомобілів військового призначення та методи призначення нормативу ресурсу. Запропоновані розроблені й удосконалені методики призначення нормативів ресурсу за статистичними базами даних підприємств та частин й за аналізом реальних умов експлуатації. Розглянуті особливості прогнозування терміну служби та залишкового ресурсу шин та управління їх технічною експлуатацією за даними контролю висоти рисунка протектора.

Ключові слова: нормування, прогнозування, ресурс, термін служби, шина, автомобіль, статистичні дані, контроль, протектор

I. Tomey, S. Timofeev, O. Sakno. Features of normalization of life tires and prognostication of operation life of tires of trucks of military-oriented. Problems are analysed which arise up at the use of pneumatic tyres of trucks of military-oriented and methods of setting of norm of life. Worked out and improved methods of setting of norms of life is offered after the statistical bases of these enterprises and parts and after the analysis of the real terms of exploitation. Considered features of prognostication of operation life and remaining resource of tires and management their technical maintenance from data of control of height of picture of tread.

Keywords: normalization, prognostication, life tire, operation life, tire, truck, statistical data, control, tread

И.И. Томей, С.С. Тимофеев, О.П. Сакно. Особенности нормирования ресурса и прогнозирования срока службы шин грузовых автомобилей военного назначения. Проанализированы проблемы, которые возникают при использовании пневматических шин грузовых автомобилей военного назначения и методы назначения норматива ресурса. Предложены разработанные и усовершенствованные методики назначения нормативов ресурса за статистическими

базами данных предприятий и частей и за анализом реальных условий эксплуатации. Рассмотренные особенности прогнозирования срока службы и остаточного ресурса шин и управления их технической эксплуатацией по данным контроля высоты рисунка протектора.

Ключевые слова: нормирование, прогнозирование, ресурс, срок службы, шина, автомобиль, статистические данные, контроль, протектор

Постановка проблеми. Загальні умови експлуатації вантажних автомобілів в Україні останніми роками постійно суттєво змінюються. Логістика транспортних задач привела до виконання виробничих завдань з відривом від місця базування підприємства. Це пов'язано з розгалуженням транспортної мережі, постійним нарощуванням обсягів автомобільних перевезень. Але для автотранспортних засобів (АТЗ), що використовуються в оборонній галузі, можна умовно виділити 3 основних групи: 1) АТЗ, що постійно експлуатуються для перевезень вантажів, – управління технічним станом (ТС); 2) АТЗ, що використовуються в складних умовах; 3) АТЗ, що знаходяться довгий час в умовах зберігання. Головні особливості експлуатаційних факторів, що впливають на термін експлуатації військової техніки: використання в складних дорожніх умовах; термінова зміна режиму зберігання на режим експлуатації та ін.

Проблема полягає в недостатній точності розрахунку ресурсу автомобільних шин, та їх здібності зберігати в заданих межах значення параметрів, що характеризують необхідні функції шини протягом всього терміну експлуатації. Розглядаючи можливість управління ТС АТЗ на основі інтенсивності й характеру зносу протектора шин необхідно провести дослідження чинників, що визначають дані параметри стану шин. Фактичний ресурс шини визначається її пробігом до списання. Причиною зняття шини з експлуатації може бути як її пошкодження (розривши, поріз, розшарування каркаса і т.д.), що характерно для 2-ї та 3-ї груп, так і знос протектора до граничної величини (для 1-ї групи). Чинники, що визначають знос шин необхідно розділити на три категорії: повністю некеровані, частково керовані і повністю керовані.

Одночасно підвищуються вимоги до нормування ресурсу шин. Організація сучасного обліку фактичного ресурсу шин та урахування динаміки процесу зношування протектора шин з використанням комп'ютерної техніки, дозволить вирішити обидві задачі: уточнювати призначення нормативів та прогнозувати фактичний термін служби шин. Це дуже важливо там де вантажні автомобілі інтенсивно використовуються в умовах техногенного впливу, хімічного забруднення, підвищених виробничих та ускладнених завдань.

Аналіз основних досягнень і літератури. Ресурс шин безпосередньо залежить від інтенсивності їх зношування. Як показано в роботах Балабіна І.В., Волкова В.П., Говорущенко М.Я., Келдиша М.В., Кнорова В.І., Ларіна О.М., Пасейка Р., Цукерберга С.М., Юрченка О.М. [2-6] та багатьох інших вчених чималі складнощі виникають при дослідженні процесу зношування автомобільних шин, оскільки при їх контакті з дорогою формується потужна силова взаємодія автомобіля з опорною поверхнею, на яке впливають експлуатаційні чинники, врахувати які в повному об'ємі на практиці неможливо, а інтенсивність зношування і технічний стан шин на 80-90% залежить якраз від них, особливо для військової техніки.

Проблема контролю ТС шин вантажних автомобілів, залишкової висоти протектора є актуальною в практичній експлуатації [3, 5-6]. Контроль залишкової висоти рисунка протектора шини, створення відповідних баз даних, порівняння їх з попередніми значеннями вимірів є найбільш доцільним методом відстеження динаміки зносу в умовах експлуатації. Цей метод не вимагає складного устаткування, попередньої дії на шину і демонтажу, а існуючі аналітичні й статистичні методи розрахунку інтенсивності зношування дають похибку 10-90% [7].

Проблема призначення нормативу середнього ресурсу та фактичного терміну служби шин в реальних умовах залишається недостатньо дослідженою. Останнім нормативним документом є наказ №488 Міністерства транспорту й зв'язку України від 20.05.2006 [8].

Мета дослідження, постановка задачі. Метою є розробка комплексу методик призначення нормативного ресурсу та прогнозування залишкового ресурсу з визначенням фактичного терміну служби. Саме цей комплекс дозволяє підвищити ефективність використання автомобілів.

Матеріали досліджень.

Проведені авторами статистичні дослідження фактичного ресурсу шин на підприємствах виявив суттєву проблему – невідповідність фактичного ресурсу шин нормативному, що призначався за наказом №488. При цьому збиралися дані о фактичних ресурсах більш ніж 6 тисячах шин всіх

основних видів АТЗ: автобуси, легкові та вантажні. Повністю результати цього дослідження наведені в [9].

Головні висновки після аналізу фактичного матеріалу та його статистичної обробки:

- для легкових автомобілів у 8 випадках з 10, а для автобусів у 5 випадках з 9 мінімальний фактичний ресурс перевищує нормативний;
- найбільш непередбачуване співвідношення фактичних і нормативного ресурсів присутнє для вантажних автомобілів, що вимагає подальшої перевірки, більш поглибленого дослідження ресурсів шин саме вантажних автомобілів;
- для всіх типів шин та автомобілів математичне очікування ресурсу перевищує відкоригований нормативний ресурс шин. Для автобусів це перевищення складає 20-40%, для легкових шин 3-10%, для вантажних автомобілів це перевищення **не є стабільним показником**;
- для вантажних автомобілів значно більший відсоток досліджених шин (10-40%) не відпрацював до нормативного ресурсу;
- значне розсіювання ресурсу шин найбільш характерно для вантажних автомобілів (середнє квадратичне відхилення до 35-50% математичного очікування ресурсу);
- для вантажних автомобілів найбільш характерний закон розподілу з розмитою вершиною, можна вважати наближенням до пласко вершинної залежності.

Найменш дослідженими є питання експлуатації шин вантажних автомобілів та спеціалізованого рухомого складу (СРС) військового призначення. Кількість цієї техніки значно менше, менше фактичного матеріалу для статистичного дослідження, шини випускаються меншими партіями, що впливає на технологію виробництва, ця техніка часто експлуатується в дуже складних умовах (перевантаження, складні дорожні умови, довший період експлуатації, рідше ТО). Тому ресурс цих шин має широкий спектр розсіювання, й важко передбачити реальний ресурс, він сильно відрізняється від нормативу. Можна зробити головний висновок – **саме шини вантажних автомобілів та СРС є найменш дослідженими, а нормування й прогнозування їх ресурсу складна задача**.

Таким чином, проблема нормування ресурсу шин вантажних автомобілів та СРС потребує обов'язкового вирішення. Основні причини виникнення проблеми: а) застарілий статистичний матеріал на підставі якого розраховані нормативи; б) насичення ринку шинами нової конструкції, нових виробників; в) постійні зміни в конструкції автомобіля, його підвіски, що впливає на ресурс шин; г) необхідність використання в якості бази для нормативу даних виробника, які базуються на випробуваннях, що проведені на різних полігонах, в умовах, суттєво відмінних від умов України; д) неправильний вибір шин в реальних умовах ринку.

Похибки при призначенні нормативного ресурсу приводять до суттєвих економічних витрат:

- при перевищенні фактичним ресурсом нормативного відбувається: збільшення витрат на зберігання шин (складські приміщення, персонал, вологість, температура), втрата частки ресурсу шин під час зберігання, зменшення оборотних коштів;
- при перевищенні нормативним ресурсом фактичного відбувається: зменшення безпеки руху, збільшення ризику раптових відмов, простої АТЗ за відсутності запасних шин.

Результати досліджень.

Запропонований комплекс методик призначення нормативного ресурсу та прогнозування фактичного залишкового ресурсу разом з терміном служби. Цей комплекс реалізований в розробленому програмному забезпеченні (рис. 1), що дозволяє на підставі створення відповідних баз даних приймати управлінські рішення для технічної служби, та інших структур підприємства.

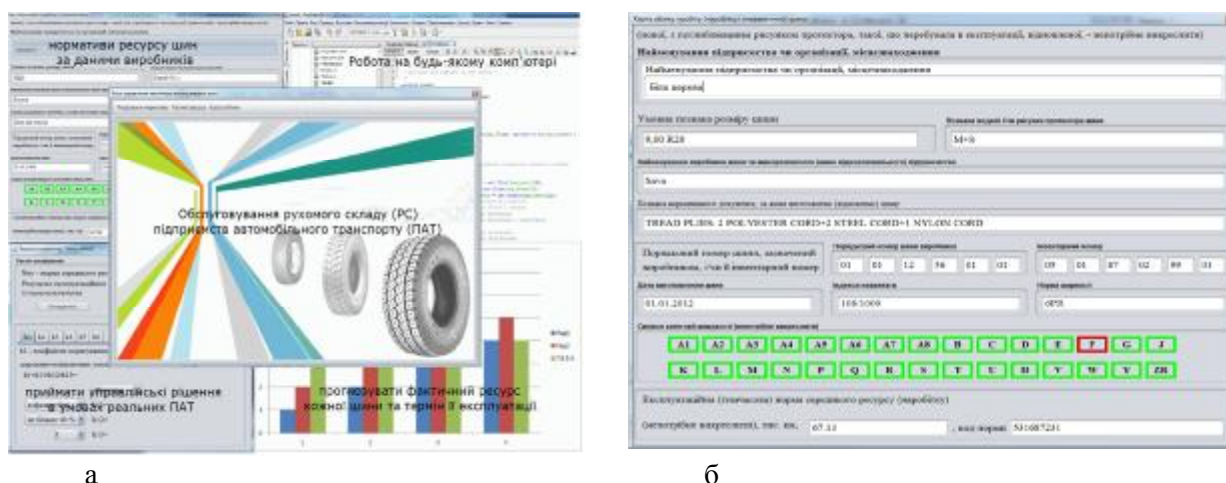


Рис. 1 – Програмне забезпечення управління ресурсом шин: а – загальний вид інтерфейсу; б – карта обліку пробігу шин

Перша методика базується на удосконаленій системі коригуючих коефіцієнтів [10]. Розрахунок нормативного ресурсу (N) ґрунтується на поправочних коефіцієнтах, базовим пробігом (N_{ny}) для якого є заявлений виробником у разі шин закордонних виробників і базовий середній відповідно до [8] для шин виробництва СНГ.

$$N = N_{ny} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7, \quad (1)$$

де – N_{ny} – норма середнього ресурсу шин, тис. км; k_1 – коефіцієнт, що залежить від дорожньо-кліматичних умов; k_2 – коефіцієнт, що враховує пробіг вантажного автомобіля в особливих умовах; k_3 – коефіцієнт, що залежить від режиму роботи шини; k_4 – коефіцієнт, що залежить від швидкісного перевантаження шин; k_5 – коефіцієнт, що залежить від відхилення внутрішнього тиску в шинах від нормативних значень; k_6 – коефіцієнт, що залежить від співвідношення пробігу у межах міста до загального, що враховує інтенсивність зношування за рахунок прискорень і гальмувань; k_7 – коефіцієнт, що залежить від коефіцієнта використання вантажності k_v відносно оптимальної вантажності з урахуванням динамічної складової.

Коефіцієнти коригування вибираються за спеціально розробленими таблицями, що базуються на експериментальних дослідженнях зношування шин вантажних автомобілів.

Друга складова комплексу – призначення нормативного ресурсу шин на підставі визначення γ -відсоткового фактичного ресурсу, що включає: а) обґрунтування попередньої вибірки даних; б) визначення закону розподілу ресурсу шин; в) розрахунок ресурсних характеристик шин; г) встановлення нормативного ресурсу шин на рівні заданого відсотка безвідмовної роботи. Якщо прийняти, що розподіл фактичних ресурсів шин відповідає нормальному закону, то норматив може бути призначений за залежностями, що призначені з урахуванням функції Лапласа (для 95%, 90%, 80%, 70% і 60% безвідмовної роботи).

Третя складова комплексу – прогнозування залишкового ресурсу за даними постійного контролю залишкової висоти рисунка протектора та визначення інтенсивності зношування [11]. Прогнозування базується на експериментальних дослідженнях [12]. Дані з вимірювання вносяться в картки обліку шин, прогноз їх ресурсу уточнюється після кожного вимірювання.

На підставі цього прогнозу необхідно приймати рішення про нові комплекти шин. Крім того після заміни повного комплекту шин приймається рішення про їх подальше використання. Шини з комплекту, що мають найбільшу залишкову висоту протектора можуть використовуватись, як змінні комплекти при ремонті основних шин, заміні шин, що найбільш інтенсивно зношуються, чи при очікуванні отримання нового комплекту шин; шини з непошкодженим каркасом можуть бути відправлені на відновлення (не більше 2 разів), шини з поганим станом каркасу та після повторного відновлення поступають на утилізацію.

Висновки. Комплекс методик нормування та прогнозування ресурсу шин забезпечує: а) визначення нормативного ресурсу шин на базі експериментальних статистичних даних та системи удосконалених коефіцієнтів; б) прогнозування залишкового ресурсу за даними контролю процесу зношування з визначенням інтенсивності, призначення γ -відсоткового ресурсу шин за статистичними

даними вибірки; в) збільшення ресурсу шин за рахунок удосконалення системи ТО елементів ходової частини за фактичним технічним станом; г) ефективне використання ресурсу шин за рахунок постійного контролю залишкової висоти рисунка протектора.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аринин И.Н. Техническая эксплуатация автомобилей / И.Н. Аринин, С.И. Коновалов, Ю.В. Баженов. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 314 с.
2. Балабин И.В. Автомобильные и тракторные колеса и шины / И.В. Балабин, В.А. Путин, И.С. Чабунин. – МГТУ «МАМИ», 2012. – 920 с.
3. Ларин А.Н. Колесные узлы современных автомобилей / Ларин А.Н., Черток Е.Е., Юрченко А.Н. – Харьков: «С.А.М.», 2004. – 260 с.
4. Pacejka H.B. The magic formula tyre model / Pacejka H.B., Bakker E. // Prog. 1st Collog. Models for Vehicle Dynamics Analysis. Delft. – Amsterdam, 1993: Swits and Zeitlinger. – P. 1-18.
5. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей / Говорущенко Н.Я. – Харьков: Вища школа, 1984 – 123 с.
6. Юрченко А.Н. Автомобильные шины (требования, эксплуатация, износ) / А.Н. Юрченко. – Харьков: ДП ХМЗ «ФЭД», 2003. – 115 с.
7. Кравченко О. П. Порівняльний аналіз норм та фактичного ресурсу шин автотранспорту в умовах Донбасу / О.П.Кравченко, О.П.Сакно, О.В. Лукічов // Вісник СХУ ім. В. Даля – 2010 – №7 (149) – С. 110-114.
8. Норми витрат палива для автомобілів, норми ресурсу шин та акумуляторів / Уклад. В. Кузнецов. – Х.: Фактор, 2009. – 528 с.
9. Ткаченко В.П. Порівняльне дослідження законів розподілу фактичного ресурсу пневматичних шин різних видів автотранспорту / В.П. Ткаченко, О.П. Сакно // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – Донецьк: ПП «Молнія», 2010, №4. – С. 84-94.
10. Kravchenko A., Sakno O. Tire life adjustment on the coefficients of operational and road conditions / TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. Vol. XIA. Polish Academy of Sciences, Lublin 2011, P. 121-128.
11. Кравченко О.П. Призначення нормативу ресурсу шин вантажних автомобілів на основі системи управління їх технічною експлуатацією / Кравченко О.П., Сакно О.П., Лукічов О.В. // Наукові нотатки Міжвузівський збірник (за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство»). Випуск 37 (травень, 2012). – Луцьк, 2012. – С. 177-182.
12. Kravchenko A. Research of Dynamics of Tire Wear of Trucks and Prognostication of Their Service Life / Kravchenko A., Sakno O., Lukichov A. // Transport Problems. – Katowice : Silesian University of Technology, 2012. – Vol. 7, issue 4. – P. 85–94.

СЕКЦІЯ «МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ»

УДК 004.4`2

Коцюба А.Ю., к.ф.-м.н.

Луцький національний технічний університет

E-mail: akaerKAJ@rambler.ru

ЗАСТОСУВАННЯ ДВОВИМІРНИХ КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ В МОДЕЛЮВАННІ ПРАВСТОРОННЬОГО РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПО СТВОРЕНІЙ КОРИСТУВАЧЕМ СХЕМІ ДОРІГ

Засобами C++ Builder розроблено програму-конструктор, яка дозволяє будувати довільну схему доріг з перпендикулярними або паралельними напрямками переміщення. В даному програмному продукті реалізовано ще й так званий компілятор. Він не дозволить створити результат (web-сторінку з автоматично створеним на ній JavaScript-кодом, на якій відбувається безперервний правосторонній рух транспортного засобу та може вирішуватися задача пошуку найкоротшого маршруту) до того часу, доки не будуть виправлені всі помилки (недоліки при конструюванні, що можуть завадити безперервності руху). Створено алгоритм, за допомогою якого будується відповідний сконструйований користувачем схеми доріг двовимірний клітинний автомат.

Ключові слова: моделювання, двовимірний клітинний автомат, правосторонній рух транспортного засобу, пошук найкоротшого маршруту, алгоритм Дейкстри.

Коцюба А.Ю. Применение двумерных клеточных автоматов в моделировании правостороннего движения транспортного средства по созданной пользователем схеме дорог. Средствами C++ Builder разработана программа-конструктор, которая позволяет строить произвольную схему дорог с перпендикулярными или параллельными направлениями перемещения. В данном программном продукте реализовано еще и так называемый компилятор. Он не позволит создать результат (web-страницу с автоматически созданным на ней JavaScript-кодом, на которой происходит непрерывное правостороннее движение транспортного средства и может решаться задача поиска кратчайшего маршрута) до тех пор, пока не будут исправлены все ошибки (недостатки при конструировании, что могут помешать непрерывности движения). Создан алгоритм, с помощью которого строится соответствующий сконструированной пользователем схеме дорог двумерный клеточный автомат.

Ключевые слова: моделирование, двумерный клеточный автомат, правостороннее движение транспортного средства, поиск кратчайшего маршрута, алгоритм Дейкстры.

Kotsyuba A.Yu. The use of the two-dimensional cellular automata in the right-hand vehicle traffic movement in agreement with a road scheme created by user. A design program is developed by C++ Builder tools that allows you to build an arbitrary scheme for the road with perpendicular or parallel directions to move. There also compiler is realized in this software. It doesn't above to create some results (web-page with automatically created JavaScript code in it and which the continuous right-hand vehicle traffic and the find of the shortest route problem can be solved) up to the time until all errors are corrected (the design mistakes that may interfere to the movement continuity). The algorithm is created by which, in agreement with the user constructed road scheme, a two-dimensional cellular automata is developed.

Keywords: modeling, two-dimensional cellular automata, right movement of the vehicle, finding the shortest route, algorithm of Dijkstra.

Постановка та актуальність проблеми. Оскільки на дорогах досить часто виникають проблеми (затори, аварійні ситуації, необхідність пошуку найкоротшого оптимального маршруту тощо), які заслуговують на те, щоб їх детально вивчали та вирішували, то моделюванню руху транспортного засобу по схемі доріг присвячено багато наукових праць [1-3]. Оскільки кількість таких проблем є досить значною, то це призводить до того, що і множина методів моделювання є також великою. З моменту публікації праці [4] в 1992-му році основною парадигмою побудови мікромоделей дорожнього руху став механізм з використанням клітинного автомата [5, 6] для

представлення стану дорожнього полотна. Такий механізм має як недоліки, так і переваги. Мабуть, однією з найсуттєвіших переваг цього механізму є те, що для вирішення більшості проблем є можливість побудови математичної моделі і, як результат, побудови алгоритму та реалізації його у вибраному користувачем середовищі програмування (в даній роботі було вибрано середовище C++ Builder [7, 8] і приділено особливу увагу проблемі побудови довільної, хоча і дещо спрощеної, і, як результат, не завжди відповідної реальній, схеми доріг (рис. 1). З вищесказаного випливає, що слід звернути увагу ще й на один із найсуттєвіших недоліків, який полягає у тому, що для побудови довільної реальної схеми дорожнього полотна необхідно цей механізм ускладнювати до такого рівня, що моделювати за допомогою сучасних ПК буде або неможливо, або досить складно, або громіздкими і, як результат, повільними будуть відповідні програмні реалізації.

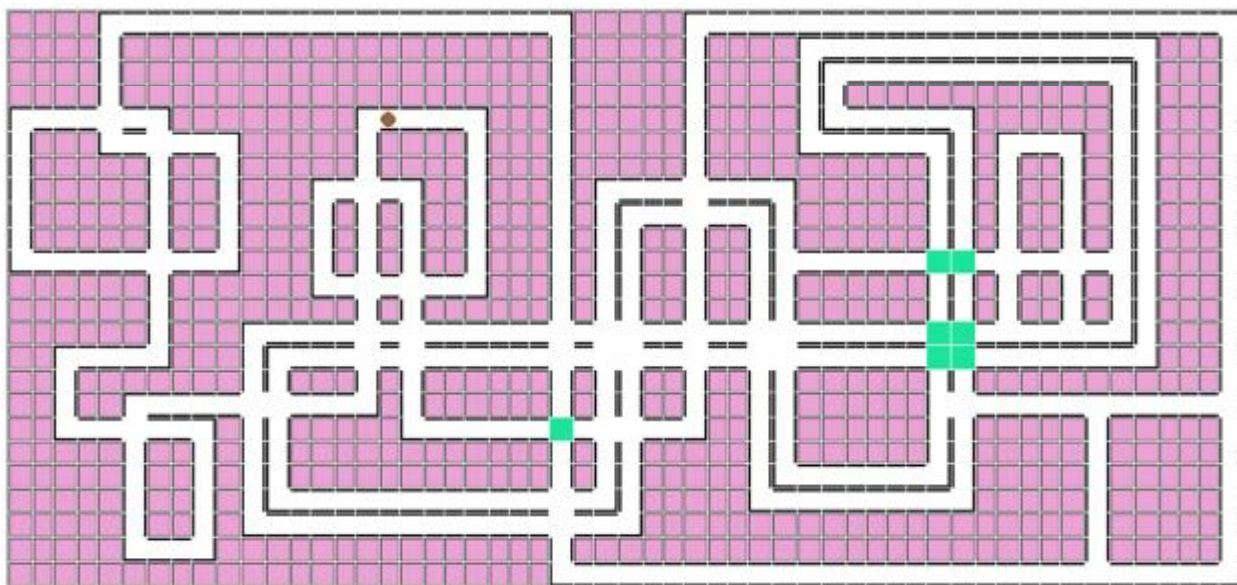


Рис. 1. Один із випадків схеми доріг

Актуальність даної роботи полягає у тому, що мало хто вирішував проблему побудови довільної схеми доріг таким чином, щоб користувач, далекий до програмування, зміг би самостійно сконструювати дорожнє полотно, на якому можна буде моделювати будь-які дорожні проблеми. Наприклад, пошук найкоротшого маршруту за правилами правостороннього руху від місцезнаходження транспортного засобу у даний момент часу до місця, вказаного користувачем, за умови, що транспортний засіб весь час (до того часу, як користувач задав кінцевий пункт, і після того, як цей пункт буде пройдено) знаходиться у неспинному випадковому русі також згідно правил правостороннього руху. Власне вирішенню цієї проблеми і присвячена дана робота.

Таким чином **метою** даної роботи є побудова методики, за допомогою якої програма-конструктор схеми доріг (рис. 2), що розроблена в середовищі C++ Builder, зможе самостійно створювати такі web-сторінки (рис. 1) з відповідним javascript-кодом, на яких буде вирішуватися за допомогою алгоритму Дейкстри вищеописана проблема. Основною парадигмою для побудови цієї методики буде реалізація двовимірного клітинного автомата. Але спосіб такої реалізації буде оригінальним. І докладніше його опишемо нижче.

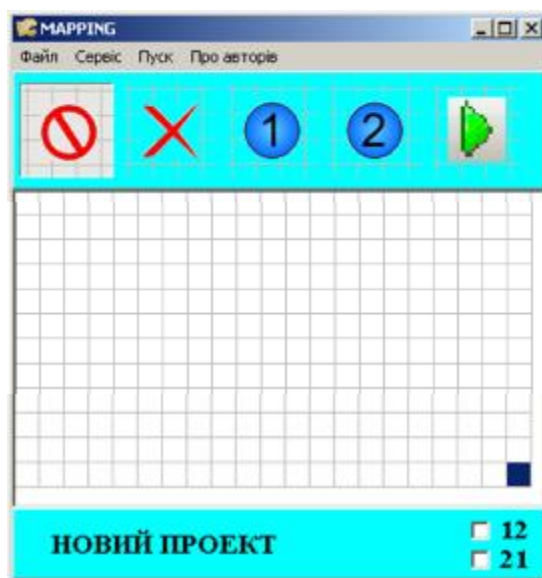


Рис. 2. Загальний вигляд програми-конструктора схеми доріг

Зауважимо, що розроблена програма містить у собі компілятор, який не дозволить програмі створити web-сторінку до того часу, доки всі помилки не будуть виправлені (деякі з них виправляються автоматично, а з іншими необхідно користувачу попрацювати самостійно). Детальніше про можливі помилки буде розказано далі.

Побудова двовимірних клітинних автоматів. Як правило, розглядають клітинний автомат, який є детермінованим автоматом Мура, тобто окремим випадком автомата Мілі, для якого функція переходів є функцією, а не відношенням. Покажемо, що цей підхід не завжди себе оправдовує. Для цього спочатку введемо ці поняття за допомогою визначень.

П'ятірка (A, X, Y, f_A, g_A) називається автоматом Мілі, якщо вона складається із множини станів автомата A , множини вхідних символів X , множини вихідних символів Y , функції переходів $f_A : A \times X \rightarrow A$ і функції виходів $g_A : A \times X \rightarrow Y$. Множини X і Y називають відповідно вхідним і вихідним алфавітами автомата. Як правило, автомат позначають символом множини його станів, тобто $A = (A, X, Y, f_A, g_A)$. Коли відомо, про який автомат іде мова, то індекс A в символах функцій переходів і виходів опускають.

Якщо $f(a, x) = a'$, то кажуть, що автомат A під дією вхідного сигналу $x \in X$ переходить в стан a' , або сигнал x переводить автомат A із стану a в стан a' . Якщо $g(a, x) = y$, то говорять, що автомат A перетворює в стані a вхідний сигнал $x \in X$ у вихідний сигнал $y \in Y$.

Інколи трапляються автомати, в яких компонент f – не функція, а деяке відношення, тобто в таких автоматах не виконується умова однозначності переходу. Автомати такого типу називаються недетермінованими. Якщо ж відношення f є функцією, то автомат називається детермінованим. Отже, для детермінованого автомата A з початковим станом a однозначно знаходиться стан b , в який автомат перейде під дією слова $p \in F(X)$. Ясно, що клас детермінованих автоматів є підкласом недетермінованих автоматів.

Автомат $A = (A, X, Y, f, g)$ називається скінченним, якщо всі три множини – A , X і Y – скінченні, і нескінченним, якщо хоч одна з них нескінченна.

Як уже було зазначено автомати Мура є окремим випадком автоматів Мілі. Автомат (A, X, Y, f, g) називається автоматом Мура, якщо його функція виходів $g(a, x)$ виражається функцією переходів $f(a, x)$ за допомогою рівняння $g(a, x) = h(f(a, x))$, де $h : A \rightarrow Y$. Функція h називається функцією відміток автомата, а її значення $h(a)$ на стані a – відміткою цього стану.

Закони функціонування скінченного автомата Мілі можна представити у вигляді

$$a(t+1) = f(a(t), x(t)), y(t) = g(a(t), x(t)); \quad (1.1)$$

де t – поточний момент часу; $t+1$ – наступний момент часу; $a(t+1)$ – стан автомата в наступний момент часу; $a(t)$, $x(t)$, $y(t)$ – елементи опису автомата в поточний момент часу.

Закони функціонування скінченного автомата Мура можна представити у вигляді

$$a(t+1) = f(a(t), x(t)), y(t) = g(a(t)). \quad (1.2)$$

Для представлення необхідних для вирішення вищеописаної проблеми автоматів, визначимо множини A , X та Y . Для цього прийемо, що схема доріг є скінченною та має розмірність $m \times n$, тобто множину станів можна представити як підмножину множини усіх елементів матриці $\{a_{i,j}\}_{m \times n}$, де $i = \overline{0, m-1}$, $j = \overline{0, n-1}$, множину вхідних символів задамо у вигляді $X = \{\downarrow, \uparrow, \leftarrow, \rightarrow\}$, а вихідних – $Y = \{\downarrow, \uparrow, \leftarrow, \rightarrow\}$. Оскільки для кожної схеми доріг існує свій автомат, який може і не бути детермінованим, то опишемо спочатку лише всі можливі правила переходу з одного стану в інший, які є характерними для правостороннього руху транспортного засобу і для кожного з яких можна побудувати функції переходів та виходів (табл. 1)

Таблиця 1 – Правила, що характеризують всі входи та виходи з клітини

№	Правила	Коментар
1	2	3
0		Один вхід – один вихід.
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		Один вхід – два можливих виходи, другий вхід – також два можливих виходи.
13		
14		
15		
16		
17		

№	Правила	Коментар
18		Один вхід – два можливих виходи.
19		
20		
21		Один вхід – один вихід, другий вхід – також один вихід.
22		
23		
24		Один вхід – два можливих виходи.
25		
26		
27		Один вхід – один вихід, другий вхід – також один вихід.
28		
29		
30		Один вхід – два можливих виходи.
31		
32		
33		Один вхід – один вихід, другий вхід – також один вихід.
34		
35		
36		Один вхід – два можливих виходи.
37		
38		
39		Один вхід – один вихід, другий вхід – також один вихід.
40		
41		
42		Один вхід – три можливих виходи.
43		Один вхід – один вихід, другий вхід – один вихід, третій вхід – також один вихід.
44		Один вхід – три можливих виходи.
45		Один вхід – один вихід, другий вхід – один вихід, третій вхід – також один вихід.
46		Один вхід – три можливих виходи.
47		Один вхід – один вихід, другий вхід – один вихід, третій вхід – також один вихід.

№	Правила	Коментар
48		Один вхід – три можливих виходи.
49		Один вхід – один вихід, другий вхід – один вихід, третій вхід – також один вихід.
50		Назвемо такі клітини мостами, у них: один вхід – один вихід, другий вхід – один вихід з тією лише різницею, що для різних входів – різні виходи.
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		Порожня клітина: вона ніколи не може бути активована ($x \equiv 0$).

Роз'яснимо, наприклад, як трактувати правило № 41. Це правило означає, що для фіксованого стану $a_{i,j}$ функція переходу може задаватися залежностями: $f(a_{i,j}, \rightarrow) = a_{i+1,j}$ або $f(a_{i,j}, \leftarrow) = a_{i+1,j}$. При цьому автомат зберігатиме свою детермінованість лише за умови, що існує стан $a_{i+1,j}$ (компілятор програми-конструктора повинен перевірити, щоб ще й існувало значення функції $f(a_{i+1,j}, \downarrow)$). В разі, коли стан $a_{i+1,j}$ не існує, то користувач повинен задати скінченну множину таких станів $\{a_{k,l}\}$, для яких існує відповідна множина значень функції $\{f(..., \downarrow)\}$ і при цьому повинні не існувати стани $\{a_{k-1,l}\}$. У цьому випадку стан $a_{i,j}$ називатимемо виходом, а множину станів $\{a_{k,l}\}$ входами, що відповідають даному виходу. Схему, у якій немає виходів, називають замкненою (якщо є виходи, то повинні бути і входи, хоча може бути, що є так звані початкові входи, а виходів немає; компілятор це відслідковує). Програма випадковим чином сама повинна вибирати один із заданих користувачем входів (при цьому компілятор не допустить, щоб виходу була поставлена у відповідність $\emptyset$, бо це призведе до зупинки транспортного засобу, а ми зацікавлені, щоб рух був неспинний). Очевидно, що при цьому, якщо множина входів не є одноелементною, автомат втрачає свою детермінованість. Вона втрачається ще й для всіх схем, у яких зустрічаються правила, що мають декілька символів виходу, крім так званих мостів (правила №50-61), для них характерною є така особливість, що у функціях виходів значення залежать від символу входу взаємнооднозначно (тобто кожному символу входу відповідає лише один символ виходу). Щодо функцій виходів, то для заданого правила вони матимуть вигляд $g(a_{i,j}, \rightarrow) = \downarrow$ або $g(a_{i,j}, \leftarrow) = \downarrow$.

Аналогічно можна проаналізувати і всі інші правила.

Зазначимо, що для випадків декількох можливих входів або виходів алгоритм будується таким чином, що в разі пошуку оптимального найкоротшого маршруту випадковість вимикається, можливі варіанти вибираються обдумано, при досягненні кінцевого пункту випадковість знову вмикається і транспортний засіб без затримки прямує далі.

Висновки. Отже, клітинний автомат використовується для моделювання руху транспортного засобу вже понад 20 років. При цьому дана проблема у зв'язку з великою різноманітністю задач, які можна вирішити таким способом не перестає бути актуальною і на даний час. Спосіб застосування (чи побудови відповідного) клітинного автомата у більшості праць присвячених даній тематиці зазвичай відрізняється. В даній роботі розроблено власний спосіб застосування, за допомогою якого можна вирішувати будь-яку з вищеописаних проблем, а не лише пошук найкоротшого маршруту. Але якщо зупинитися лише на останній проблемі, то для її вирішення можна використовувати не лише алгоритм Дейкстри (існує велика кількість алгоритмів, які дозволяють шукати найкоротший маршрут: мурашиний алгоритм, алгоритми, що базуються на нейронних мережах тощо). І порівняльний аналіз, оптимізація пошуку тощо – це ще одні із напрямків досліджень, які можна проводити за допомогою розробленої в роботі програми-конструктора.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. http://www.transport.ru/1/12/i31_4004p0.htm
2. <http://www.kommersant.ru/doc.aspx?DocsID=801719>
3. <http://googleblog.blogspot.com/2007/02/stuck-in-traffic.html>
4. Nagel K. A cellular automaton model for freeway traffic / K. Nagel, M. Schreckenberg // J. Physique I France. – 1992, vol. 2 – P. 2221-2229.
5. <http://cas.ssu.runnet.ru/sgnp/data/papers/Train/CellAutomat.pdf>
6. Капітонова Ю.В. Основи дискретної математики / Ю.В Капітонова, С.Л Кривий, О.А Летичевський та ін. – Київ: “Наукова думка”, 2002. – 580 с.
7. Пахомов Б. Самоучитель C/C++ и C++ Builder 2007 / Б. Пахомов. – Санкт-Петербург: “БХВ Петербург”, 2008. – 672 с.
8. Бруно Бабэ. Просто и ясно о Borland C++ / Бабэ Бруно. – М., 1996. – 400 с.

УДК 656.135.073.42:63

Петрик А.В.

Національний транспортний університет, м. Київ

E-mail: anv.petruk@gmail.com

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АГРОПРОМИСЛОВИХ ВАНТАЖОПОТОКІВ

В роботі показана необхідність застосування диференційованого підходу до математичного моделювання перевізних процесів в агропромисловому виробництві. Обґрунтована методологія створення і детальної розробки математичних моделей для дослідження ефективності транспортного обслуговування зернових вантажопотоків із врахуванням великої сукупності випадкових факторів, які впливають на поточні і кінцеві результати роботи всієї транспортної системи. Запропоновано показником ефективності роботи транспортної системи вважати забезпечення встановленого рівня надійності обслуговування вантажопотоків, яка полягає у перевезенні певного обсягу кінцевої продукції сільськогосподарського виробництва за визначений термін. В роботі обґрунтовано необхідність подальшого удосконалення таких транспортних систем, які характеризуються поглибленою інтеграцією в міжнародну логістичну мережу. Акцентовано увагу на те, що удосконалення інфраструктури транспортних вузлів є невіддільною умовою залучення додаткових зернових вантажопотоків.

Ключові слова: математичне моделювання, транспортне обслуговування, агропромислове виробництво, транспортні засоби, економічні показники, ринкова економіка.

Petryk A. Mathematical modelling of transport service agricultural traffic. The paper demonstrates the need for a differentiated approach to mathematical modelling of transport processes in agro-industrial

production. The methodology of creating and detailed development of mathematical models to study the efficiency of the transport service grain flows with consideration of a large set of random factors that affect the current and final results of the whole transport system. The proposed indicator of the effectiveness of the transport system to consider providing a fixed level of reliability of service traffic, which is the transfer of a certain amount of end-products of agricultural production for a certain period of time. In the work justified the further improvement of such transport systems, which are characterized by a deep integration into the international logistics network. Put emphasis on the fact that the improvement of transport infrastructure nodes is essential to attract additional grain traffic.

Key words: mathematical modelling, transportation, agribusiness, transportation, economic indicators, market economy.

А.В. Петрик. Математическое моделирование транспортного обслуживания агропромышленных грузопотоков. В работе показана необходимость применения дифференцированного подхода к математическому моделированию перевозочных процессов в агропромышленном производстве. Обоснована методология создания и детальной разработки математических моделей для исследования эффективности транспортного обслуживания зерновых грузопотоков с учетом большой совокупности случайных факторов, которые влияют на текущие и конечные результаты работы всей транспортной системы. Предложено показателем эффективности работы транспортной системы считать обеспечение установленного уровня надежности обслуживания грузопотоков, которая заключается в перевозке определенного объема конечной продукции сельскохозяйственного производства за определенный срок. В работе обоснована необходимость дальнейшего усовершенствования таких транспортных систем, которые характеризуются углубленной интеграцией в международную логистическую сеть. Акцентируется внимание на том, что совершенствование инфраструктуры транспортных узлов является неотъемлемым условием привлечения дополнительных зерновых грузопотоков.

Ключевые слова: математическое моделирование, транспортное обслуживание, агропромышленное производство, транспортные средства, экономические показатели, рыночная экономика.

Постановка проблеми. Комплексні дослідження ефективності транспортного обслуговування підприємств агропромислового виробництва потребують диференційованого підходу до математичного моделювання перевізних процесів. Створення і детальна розробка математичних моделей обов'язково мають бути пов'язаними із необхідністю врахування великої сукупності випадкових факторів, які впливають на поточні і кінцеві результати роботи всієї транспортної системи [1, 2]. З такої позиції використання транспортних засобів для переміщення сільськогосподарських вантажів необхідно розглядати як єдиний процес, сформований із окремих складових системи [3, 4]. В такому випадку показником ефективності роботи транспортної системи вважається забезпечення встановленого рівня надійності обслуговування вантажопотоків, яке полягає у перевезенні певного обсягу кінцевої продукції сільськогосподарського виробництва за визначений термін. Зрозуміло, що така система одночасно повинна визначатися таким рівнем економічних показників виконаних робіт, які задовольнятимуть як виконавців транспортних операцій, так і їх замовників на різному рівні стосунків ринкової економіки.

Аналіз попередніх досліджень. Оптимізація логістичних витрат при обслуговуванні вантажопотоків агропромислового виробництва передбачає створення математичних моделей з детермінованим характером технічних та технологічних показників. В такому випадку теоретичною передумовою проведення відповідних розрахунків є припущення про те, що числові значення впливаючих параметрів транспортної системи мають бути чітко визначеними. Проте математичне моделювання процесу обслуговування таких вантажопотоків повинно враховувати випадковий характер числових значень окремих інфраструктурних елементів [5, 6]. Формування інфраструктури транспортних систем для обслуговування агропромислових вантажопотоків в ряді випадків розглядається із використанням основних положень теорії оптимізації матеріальних ресурсів. Застосування запропонованої методології переміщення таких вантажів дозволяє проводити багатоваріантні розрахунки щодо визначення числових значень узагальнених логістичних витрат з урахуванням впливу окремих взаємопов'язаних факторів [7, 8]. В той же час моделювання виробничого процесу враховує особливості обслуговування агропромислових вантажів різними

видами рухомого складу, інтенсивність використання наявної інфраструктури в системі, перспективи застосування виробничих потужностей окремих підприємств та засобів перевантаження [9, 10].

Викладення основного матеріалу дослідження. Використання теоретичних положень методу лінійного програмування дозволяє визначити необхідні технічні та технологічні параметри інфраструктури транспортної системи за умови досягнення мінімального значення узагальнених логістичних витрат $B_{\text{уз}}$. Але отримані результати дозволяють визначити числові значення інфраструктури транспортної системи за умови, що всі початкові параметри такого формування є чітко визначеними величинами. Проте в умовах ринкових відносин значення ряду інфраструктурних показників мають випадкову природу. Тому для прийняття кінцевих рішень в таких випадках використовуються методи стохастичного програмування.

Головною метою використання стохастичних моделей і методів для оптимізації виробничого процесу в транспортних системах є врахування всього діапазону зміни можливих значень інфраструктурних параметрів. Причини такої поведінки вхідної інформації в економіко-математичних моделях транспортного спрямування пояснюються як розподілом сільськогосподарських вантажопотоків в просторі та часі, так і технічним станом окремих елементів системи, впливом погодно-кліматичних умов на характеристики перевізного процесу в агропромисловому комплексі. Практичне застосування стохастичних моделей в процесі формування інфраструктури транспортних систем дає змогу не лише забезпечити відповідну достовірність та визначену точність поточних розрахунків, але й вирішити ряд виробничих задач, розв'язання яких із застосуванням лише детермінованих моделей стає практично неможливим.

Прийняття рішень за результатами аналізу випадкового характеру перевізних процесів в транспортних системах агропромислового виробництва істотно залежить від цільових засад та інформаційної структури математичних моделей. Тому задача раціонального розподілу матеріальних ресурсів в термінах стохастичного програмування формулюється наступним чином: визначити вектор $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, за умови якого результати функції крім керованих параметрів X залежать ще і від деяких випадкових величин $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$, для компонент якого

$$\begin{aligned} \max(\min) F &= f(X, \omega), \\ q_i(X, \omega) &\leq 0 (i = \overline{1, m}), \\ X &\geq 0, \omega \in \Omega, \end{aligned} \quad (1)$$

де Ω – сукупність впливаючих факторів ω .

Для вирішення задачі покращення ефективності функціонування і удосконалення інфраструктури транспортної системи на прикладі обслуговування вантажопотоків експортного та транзитного спрямування за умови відомих основних характеристик випадкових параметрів ω цільовою функцією може бути мінімізація математичного очікування узагальнених B , логістичних витрат. Залежно від можливості отримання та врахування інформації стосовно стохастичності функцій $f(X, \omega)$, $q_i(X, \omega)$, умовою постановки задач математичного програмування має бути наявність відповідних коефіцієнтів цільової функції та детермінованих обмежень. За таких умов вектор X є випадковою величиною математичної моделі, а отже, і функцією від $\omega - X(\omega)$. А оптимізація цільової функції трактується як мінімізація математичного очікування узагальнених B , логістичних витрат.

Математичне моделювання транспортного обслуговування агропромислових вантажопотоків враховує випадковий характер економічних та технологічних показників, якими характеризуються перевізні процеси в агропромисловому комплексі. Методи розв'язування задач стохастичного програмування передбачають побудову функцій $f(X, \omega)$ і $g_i(X, \omega) \leq 0, i = \overline{1, m}$ на базі інформації щодо параметра ω з наступним переходом до детермінованого аналога задачі. Обмеження в стохастичних економіко-математичних моделях транспортних систем визначаються як внаслідок випадкового характеру технологічних процесів переміщення агропромислових вантажів, так і в результаті впливу особливості виконання обслуговування зазначених вантажопотоків. В задачах з випадковим характером величин ω обмеження задаються як

$$g(X, \omega) \leq 0 \quad (2)$$

Неможливість, а іноді й недоцільність вимоги, щоб знайдене рішення задовольняло умову (2.42) за будь-яких реалізацій випадкових параметрів $w \in \Omega$, змушує застосовувати менш жорсткі параметри обмежень. Зокрема замість безумовного виконання початкових вимог допускається невиконання умов з певною ймовірністю

$$P\{g(X, w) > 0\} \leq g, \quad (3)$$

Тоді у випадку, якщо $f(X, \omega)$ – функція, яка визначає ефективність плану для заданих X та ω , то задача створення оптимального детермінованого плану X за випадкових параметрів ω формулюється як

$$(\max) \min Mf(X, w) \quad (4)$$

за умов

$$P\{g(X, w) \leq 0\} \geq 1 - g \quad (5)$$

$$X \geq 0, w \in \Omega \quad (6)$$

Таким чином, з метою ефективного розподілу матеріальних ресурсів необхідно максимізувати середню очікувану ефективність за умов, що обмеження відповідних ресурсів та забезпечення надійної роботи інфраструктурних елементів транспортної системи виконуються з ймовірністю $1 - \gamma$. Для практичного користування доцільною є змішана система застережень, тобто одна частина обмежень може виконуватися в середньому, а інша – з деякою ймовірністю.

За таких умов алгоритм реалізації математичної моделі оптимального розподілу матеріальних ресурсів передбачає застосування відомих методів теорії лінійного програмування. Інтенсивність використання інфраструктури транспортних систем за окремими схемами перевезень характеризуються матрицею коефіцієнтів, а вектор обмеження інфраструктурних ресурсів визначає особливості використання матеріально технічної бази транспортних систем. Перш за все, числові значення інфраструктурних обмежень об'єднаної партії вантажів враховують можливість паралельного накопичення інших зернових партій та культур. Така можливість враховувалась вектором обмежень B для таких показників, як потужність лінійних елеваторів з відвантаження зернових U , проектна продуктивність зернового терміналу з обробки залізничних вагонів D та місткість припортового елеватора H . Обмеження місткості митно-ліцензійних складських приміщень M передбачає використання відповідних елеваторно-складських підприємств для потреб переробної промисловості, а наявність зернових ресурсів в господарствах Q враховує обмежені можливості використання автотранспортних засобів E в зазначеному регіоні.

Продуктивність зернового терміналу з обробки залізничних вагонів D є одним із впливових чинників щодо забезпечення надійності перевантажувальних операцій. Особливо суттєвого значення зазначений фактор набуває в умовах створення експортної партії з великим обсягом залізничних перевезень. На прикладі функціонування Одеського морського торговельного порту збільшення пропускної спроможності зернового терміналу D від 30 до 110 залізничних вагонів на добу зменшує суму узагальнених логістичних витрат B_{uz} від 14,4 грн/т за умов місткості припортового елеватора $H = 5$ тис. тонн до 7,8 грн/т – для $H = 25$ тис. т. Визначена тенденція пояснюється зменшенням питомої ваги прямого способу завантаження судна за прямим варіантом, збільшенням обсягів зернового вантажопотоку, обслуговування якого вимагає використання потужностей припортового елеватора та можливість інтенсивного використання митно-ліцензійних складів. А за умов забезпечення продуктивності зернового терміналу $D \geq 70$ ваг./добу доцільним стає перевантаження зерна із залізничних вагонів на плавзасоби шляхом використання суднозавантажувальних машин. Особливо активно зазначена схема використовується за умови недостатніх вільних місткостей H в припортовому елеваторі.

Диференційований аналіз надійності обслуговування зернових вантажопотоків та економічності перевезень виявив необхідність диверсифікації наявних маршрутів і використання існуючої інфраструктури транспортної системи. А подальший розвиток спектру перевізних послуг та збільшення пропускної здатності основних транспортних вузлів сприяє подальшому розвитку експортних та транзитних перевезень зернових вантажів між країнами. А оскільки морські торговельні порти України є природними транспортними вузлами в маршрутній мережі, то

вирішальними факторами ефективного використання окремих інфраструктурних елементів в більшості випадків може бути надання не тільки перевізних, але і логістичних послуг.

Важливе значення в структурі транспортних систем обслуговування транзитних та експортних вантажопотоків відіграє продуктивність Z суднозавантажувальних машин портового терміналу. Проведені багатоваріантні розрахунки свідчать про вплив нормально розподіленої випадкової величини продуктивності Z суднозавантажувальних машин на пропускну здатність механізмів прямого завантаження зерна G та корисної місткості припортового елеватора H (рис. 1).

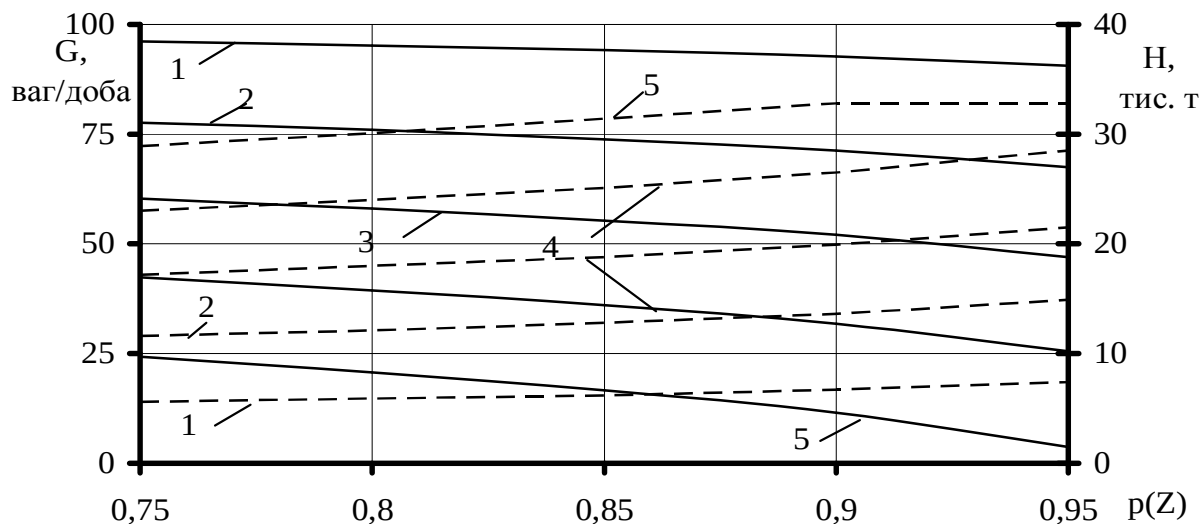


Рис. 1. Залежність продуктивності механізмів прямого завантаження (—) та місткості припортового елеватора (----) від надійності роботи суднозавантажувальних машин за умови їх проектної продуктивності, т/добу: 1 – 1500; 2 – 2500; 3 – 3500; 4 – 4500; 5 – 5500

Так, підвищення надійності роботи перевантажувального комплексу $p(Z)$ від 0,75 до 0,95 за умови коефіцієнта варіації зазначеного показника $v_Z = 25\%$ дозволяє зменшити обсяги завантаження за прямим варіантом на 5,8% для $Z = 1500$ т/добу, на 22,1% – для $Z = 3500$ т/добу та на 84,8% – для $Z = 5500$ т/добу. Стрімке зниження інтенсивності використання механізмів прямого завантаження судна G пояснюється, в першу чергу, зменшенням обсягів переміщення зернових за прямим варіантом та відповідним зростанням перевезень з використанням припортових елеваторів та суднозавантажувальних машин. Доцільність зазначеного перерозподілу зернового вантажопотоку ґрунтується на порівняно нижчій вартості логістичного обслуговування C двох останніх транспортних схем.

В той же час, підвищення надійності функціонування суднозавантажувальних машин $p(Z)$ вимагає збільшення місткості H припортового елеватора. Підвищення показника $p(Z)$ з 0,75 до 0,95 потребує додаткових вільних елеваторних містностей H від 1,8 тис. т для $m_Z = 1500$ т/добу до 3,9 тис. т для $m_Z = 5500$ т/добу. Необхідність у збільшенні обсягів попереднього накопичення зернових вантажів в транспортному вузлі за умови підвищення потужності роботи суднозавантажувальних машин Z диктується більш інтенсивним використанням відповідної транспортної схеми.

Проте запропоновані заходи пов'язані із вирішенням питань технічного стану системних елементів, організаційної структури і ефективності використання транспортно-технологічних процесів та нормативно-правової бази. Створення таких транспортних систем відкриває нові перспективи для формування регіональної логістичної мережі.

Подальше удосконалення таких систем характеризується поглибленою інтеграцією в міжнародну логістичну мережу. Удосконалення інфраструктури транспортних вузлів є невіддільною умовою залучення додаткових зернових вантажопотоків. З метою збільшення пропускну здатності і ефективності перевізних можливостей операторам транспортного ринку необхідно підсилити маркетингову роботу з перспективними замовниками послуг шляхом пропозиції високоякісних логістичних послуг, застосування гнучкого управління перевізним процесом і доступу до наявних інфраструктурних потужностей.

Висновки. Застосування сучасних математичних моделей створення транспортних систем з урахуванням ринкових відносин відкриває новий потенціал у створенні інфраструктурного забезпечення. Переваги і перспективи створення регіональної мережі логістичних центрів пов'язані з вирішенням певних задач в рамках сумісної стратегії системного розвитку транспортних вузлів, спрямованої на ефективне функціонування в рамках господарського комплексу країни.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Миронюк В.П., Курочкин Н.Н. Оптимизация размещения транспортной и складской инфраструктур // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2006. – №8. – С. 47 – 50.
2. Сидорчук О.В., Матвієнко А.С. Системні принципи та напрями досліджень розвитку агропромислового виробництва на інноваційній основі // Наук. вісник НАУ. – 2005. – Вип. 80. – Ч. 2. – С. 136 – 141.
3. Гуков Я.С. Системно-логічний підхід до моделювання технічного забезпечення господарських утворень в аграрному виробництві // Вісник аграрної науки. – 2007. – №9. – С. 46 – 51.
4. Зубець М., Тивончук С. Наукові основи розвитку агропромислового виробництва на інноваційних засадах (теорія, методологія, практика). – К.: Аграрна наука, 2006. – 480 с.
5. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. Пер. с англ. / Пер. И.И. Грушко; ред. В.И. Непман. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
6. Баканов М.И., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа. – М.: Финансы и статистика, 1994. – 288 с.
7. Петрик А.В., Абрамчук Л.М. Узгодження технологічних параметрів транспортних систем при накопиченні експортної партії зернових вантажів // Автошляхових України: Окремий випуск. Вісник Центрального наукового центру ТАУ. – 2007. – № 10. – С. 53 – 54.
8. Коваленко Ю.С. Наукові засади та основні тенденції формування аграрного ринку в Україні // Економіка АПК. – 2004. – №3. – С. 19 – 29.
9. Броншпак Г.К. Государственная поддержка кластерных инициатив: вертикально интегрированные структуры в АПК // Економіка АПК. – 2007. – №4. – С. 45 – 50.

СЕКЦІЯ «ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ В ГАЛУЗІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

УДК 004.7

Баховський П.Ф.

Луцький національний технічний університет

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ПРОГНОЗУВАННЯ І УПРАВЛІННЯ ЧЕРГАМИ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

В даній роботі розглядаються властивості мультисервісної мережі, її структури і архітектури керування. У роботі досліджуються алгоритми управління чергами в комп'ютерних мережах.

Ключові слова: мультисервісна мережа, мультипротокольна мережа, мережа доступу.

In this paper we consider the properties of multi-service network, its structure and management architecture. The paper investigates queue management algorithms in computer networks.

Keywords: multiservice network multiprotokolna network, access network.

В данной работе рассматриваются свойства мультисервисной сети, ее структуры и архитектуры управления. В работе исследуются алгоритмы управления очередями в компьютерных сетях.

Ключевые слова: мультисервисная сеть, мультипротокольная сеть, сеть доступа.

Сучасний розвиток комп'ютерних мереж характеризується їхньою конвергенцією. Раніше ізолювані локальні мережі об'єднуються за допомогою глобальних мереж. Актуальною стає задача побудови універсальних мереж, що здібні однаково ефективно надавати послуги різних типів. Перспективна архітектура мереж нового покоління (NGN) припускає створення мультисервісної мережі з винесенням функціональності послуг в граничні вузли мережі, створення спеціальної підсистеми керування послугами у вигляді окремої мережевої підсистеми, а також розширення номенклатури інтерфейсів для підключення устаткування постачальників послуг. Сутність мережі нового покоління полягає у переході від багатоплатформності до простої та ефективної мережі, розробленої спеціально для того, щоб надавати всі види послуг. З погляду технології перехід від традиційної мережі до мережі нового покоління є переходом від окремого існування мережі з комутацією каналів і мережі з комутацією пакетів до мультисервісних мереж, що здібні функціонувати як в першому, так і в другому режимах комутації. У результаті можна одержати мережі, що пристосовані до всіх видів послуг. Цими мережами буде набагато легше керувати, і водночас контроль за якістю послуг великою мірою перейде до самих клієнтів.

Мережа зв'язку наступного покоління (NGN) - концепція побудови мереж зв'язку, що забезпечують надання необмеженого набору послуг з гнучкими можливостями по їх управлінню і створенню нових послуг за рахунок уніфікації мережевих рішень, яка припускає реалізацію універсальної транспортної мережі з розподіленою комутацією, винесення функцій надання послуг у кінцеві мережеві вузли і інтеграцію з традиційними мережами зв'язку.

Мультисервісна мережа - мережа зв'язку, яка побудована відповідно з концепцією мережі зв'язку наступного покоління, що забезпечує надання необмеженого набору послуг.

Мультипротокольна мережа – транспортна мережа зв'язку, що входить до складу мультисервісної мережі та забезпечує перенесення різних видів інформації з використанням різних протоколів передачі.

Мережа доступу (Access Network – AN) – мережа зв'язку, що забезпечує підключення термінальних пристроїв користувача до кінцевого вузла мультипротокольної мережі.

На сьогоднішній день розвиток інфокомунікаційних послуг здійснюється, в основному, в рамках комп'ютерної мережі Інтернет, доступ до послуг якої виконується через традиційні мережі зв'язку. Проте у ряді випадків послуги Інтернет, зважаючи на обмежені можливості її транспортної інфраструктури не відповідають сучасним вимогам, що пред'являються до послуг інформаційного суспільства. У зв'язку з цим розвиток інфокомунікаційних послуг вимагає рішення задач ефективного управління інформаційними ресурсами з одночасним розширенням функціональності мереж зв'язку.

У свою чергу, це стимулює процес інтеграції Інтернет і мереж зв'язку.

До основних технологічних особливостей, що відрізняють інфокомунікаційні послуги від послуг традиційних мереж зв'язку, можна віднести наступні:

- інфокомунікаційні послуги виявляються на верхніх рівнях моделі OSI, тоді як послуги зв'язку надаються на третьому, мережевому рівні;
- більшість інфокомунікаційних послуг припускає наявність клієнтської та серверної частин; клієнтська частина реалізується в устаткуванні користувача, а серверна – на спеціальному виділеному вузлі мережі, що називається вузлом служб;
- інфокомунікаційні послуги, як правило, припускають передачу мультимедійної інформації, яка характеризується високими швидкостями передачі і несиметричністю вхідного і вихідного інформаційних потоків;
- для надання інфокомунікаційних послуг часто необхідні складні багатоточкові конфігурації з'єднань;
- для інфокомунікаційних послуг характерна різноманітність прикладних протоколів і можливостей по керуванню послугами з боку користувача;
- для ідентифікації абонентів інфокомунікаційних послуг може використовуватися додаткова адресація в рамках даної інфокомунікаційної послуги.

Більшість інфокомунікаційних послуг є „додатками”, тобто їхня функціональність розподілена між устаткуванням постачальника послуги і кінцевим устаткуванням користувача. Як наслідок, функції кінцевого устаткування також повинні бути віднесені до складу інфокомунікаційної послуги, що необхідно враховувати при їх регламентації.

До інфокомунікаційних послуг пред'являються наступні вимоги:

- мобільність послуг;
- можливість гнучкого і швидкого створення нових послуг;
- гарантована якість послуг.

Великий вплив на вимоги до інфокомунікаційних послуг надає процес конвергенції, що призводить до того, що інфокомунікаційні послуги стають доступними користувачам незалежно від способів доступу.

Беручи до уваги розглянуті особливості інфокомунікаційних послуг, можуть бути визначені наступні вимоги до перспективних мереж зв'язку:

- „мультисервісність”, під якою розуміється незалежність технологій надання послуг від транспортних технологій;
- „широкосмуговість”, під якою розуміється можливість гнучкої і динамічної зміни швидкості передачі інформації в широкому діапазоні у залежності від поточних потреб користувача;
- „мультимедійність”, під якою розуміється здатність мережі передавати багатокомпонентну інформацію (мова, дані відео, аудіо) з необхідною синхронізацією цих компонент у реальному часі та використовуванням складних конфігурацій з'єднань;
- „інтелектуальність”, під якою розуміється можливість керування послугою, викликом і з'єднанням з боку користувача або постачальника послуг;
- „інваріантність доступу”, під якою розуміється можливість організації доступу до послуг незалежно від використовуваної технології;
- „багатооператорність”, під якою розуміється можливість участі декількох операторів в процесі надання послуги та розділення їхньої відповідальності відповідно до області діяльності.

Існуючі мережі зв'язку загального користування з комутацією каналів і комутацією пакетів у даний час не відповідають перерахованим вище вимогам. Обмежені можливості традиційних мереж є стримуючим чинником на шляху впровадження нових інфокомунікаційних послуг. Нарощування об'ємів надаються інфокомунікаційних послуг може негативно позначитися на показниках якості обслуговування викликів базових послуг існуючих мереж зв'язку. Все це вимушує враховувати наявність інфокомунікаційних послуг при плануванні способів розвитку традиційних мереж зв'язку в напрямі створення мультисервісних мереж.

NGN характеризується такими фундаментальними аспектами [1]:

- пакетна передача;
- розділення функцій постачальника послуг та оператора телекомунікацій;
- підтримка широкого спектру послуг, прикладень і технологій: зв'язок у реальному часі, потокова передача, зв'язок не у реальному часі, мультимедіа-послуги;

- ширококутний зв'язок з потрібною наскрізною якістю і прозорими з'єднаннями;
- взаємодія з існуючими мережами через відкриті інтерфейси; рухливість абонента;
- необмежений доступ користувача до послуг різних провайдерів; єдині характеристики для однієї і тієї ж послуги, що надається різними провайдерами; конвергенція фіксованого і рухомого зв'язку.

Базовим принципом концепції NGN є відділення друг від друга функцій перенесення і комутації, функцій керування викликом і функцій керування послугами.

Функціональна модель мереж NGN, що представлена на рисунку 1, має три рівня:

- транспортний рівень;
- рівень керування комутацією і передачею інформації;
- рівень керування послугами.

Задачею транспортного рівня є комутація і прозора передача інформації користувача. Задачею рівня керування комутацією і передачею є обробка інформації сигналізації, маршрутизація викликів і керування потоками. Рівень керування послугами має функції керування логікою послуг і додатків і є розподіленим обчислювальним середовищем.

Він забезпечує:

- надання інфокомунікаційних послуг;
- керування послугами;
- створення і впровадження нових послуг;
- взаємодію різних послуг.

Даний рівень дозволяє реалізувати специфіку послуг і застосовувати одну і ту ж програму логіки послуги незалежно від типу транспортної мережі (IP, ATM, FR і т. ін.) і способу доступу. Наявність цього рівня дозволяє також додавати до мережі будь-які нові послуги без втручання у функціонування інших рівнів.

Рівень керування послугами може включати множину незалежних підсистем („мереж послуг”), що базуються на різних технологіях, що мають своїх абонентів і використовують свої, внутрішні системи адресації.

Основу мережі NGN складає універсальна транспортна мережа, яка реалізує функції транспортного рівня і рівня керування комутацією і передачею.

До складу транспортної мережі NGN можуть входити:

- транзитні вузли, що виконують функції перенесення і комутації;
- кінцеві вузли, що забезпечують доступ абонентів до мультисервісної мережі;
- контролери сигналізації, які виконують функції обробки інформації сигналізації, керування викликами і з'єднаннями;
- шлюзи, що дозволяють здійснити підключення традиційних мереж зв'язку.

Контролери сигналізації можуть бути винесені в окремі пристрої, що призначені для обслуговування декількох вузлів комутації. Використовування загальних контролерів дозволяє розглядати їх як єдину систему комутації, розподілену по мережі. Таке рішення не тільки спрощує алгоритми встановлення з'єднань, але і є найбільш економічним для операторів і постачальників послуг, так як дозволяє замінити дорогі системи комутації великого об'єму невеликими, гнучкими і доступними за вартістю системами.

Призначенням транспортної мережі є надання послуг перенесення. Реалізація інфокомунікаційних послуг здійснюється на базі вузлів служб (SN) і/або вузлів керування послугами (SCP).

Вузли SN є устаткуванням постачальників послуг і може розглядатися як сервер додатків для інфокомунікаційних послуг, клієнтська частина яких реалізується кінцевим устаткуванням користувача. Вузли SCP виконують функції керування логікою і атрибутами послуг. Сукупність декількох вузлів служб або вузлів керування послугами, які призначені для надання однієї і тієї ж послуги, створюють платформу керування послугами. До складу платформи також можуть входити вузли адміністративного керування послугами і сервери різних додатків. Кінцеві вузли транспортної мережі можуть виконувати функції вузлів служб, тобто склад функцій граничних вузлів може бути розширений за рахунок додавання функцій надання послуг. Для побудови таких вузлів може використовуватися технологія гнучкої комутації (Softswitch).

Побудова мультисервісних мереж повинна відповідати дворівневій архітектурі, що складається з регіонального і магістрального рівнів. Це створить умови для повсюдного впровадження

інфокомунікаційних послуг і рішення задач забезпечення структурної надійності та нормування показників якості послуг. На регіональному рівні мультисервісна мережа повинна забезпечувати підключення абонентів і надання транспортних та інфокомунікаційних послуг, а також забезпечувати можливість взаємодії з аналогічними послугами інших регіональних мереж. На магістральному рівні мультисервісна мережа повинна забезпечувати надання послуг перенесення для взаємодії мультисервісних регіональних мереж, а також для передачі навантаження всіх існуючих мереж. Під мережею доступу розуміється системно-мережева структура, яка складається з абонентних ліній, вузлів доступу і систем передачі, що призначена для організації підключення користувачів до ресурсів регіональних мереж.

Для доступу абонентів до послуг NGN використовуються:

- інтегровані мережі доступу, підключені до кінцевих вузлів мультисервісної мережі, що забезпечують підключення користувачів як до цієї мережі, так і до традиційних мереж;
- традиційні мережі, абоненти яких отримують доступ до мультисервісної мережі через вузли, які підключені до шлюзів (Media Gateway).

Особливостями NGN, з погляду керування, є те, що ці мережі складатимуться з більш великої кількості різнотипних компонентів чим зараз. Крім того, в NGN буде підтримуватися більше число інтерфейсів, ніж в існуючих мережах і вища пропускна спроможність.

Під час проектування системи управління першою визначається функціональна модель, потім інформаційна, і, нарешті, фізична. Бізнес-процес - це чинник, що впливає впродовж всього життєвого циклу системи. Цей процес ітеративним, щоб забезпечити розвиток всіх аспектів архітектури в часі. Функціональна модель визначає перелік функцій, які повинні виконуватися в ході процесу управління.

Інформаційна модель описує інформацію управління, необхідну для зв'язку між об'єктами управління при виконанні функцій згідно з функціональною моделлю архітектури управління.

Фізична модель описує різні способи реалізації функцій управління. Вони можуть бути втілені в різних фізичних конфігураціях, що використовують різні протоколи управління.

Одним з основоположних принципів, які є основою архітектури управління для NGN, є принцип орієнтованості архітектури управління на послуги (SOA- Service-Oriented Architecture) [2].

Сервіс-орієнтовна архітектура - це компонентна модель, яка зв'язує різні сервіси за допомогою чітко визначених інтерфейсів та угод між ними. Інтерфейси визначаються незалежним способом, і не залежать від апаратної платформи, операційної системи або мови програмування, на якому реалізований сервіс. Такий підхід дозволяє створювати послуги на різних системах, які взаємодіють одна з одною одноманітним і стандартним чином. SOA надає гнучкий метод комбінування і багаторазового використання компонентів для побудови складних розподілених програмних комплексів.

Головні переваги SOA: швидша адаптація до вимог бізнесу, що змінюються, скорочення витрат на інтеграцію нових послуг, а також підтримку тих, що існують.

Основні особливості SOA:

- наявність незалежного інтерфейсу між послугами, не пов'язаного жорстко з конкретною реалізацією.
- будь-яка дана послуга може приймати роль клієнта або сервера стосовно відношення до іншої послуги залежно від ситуації;
- парадигма «знайти - пов'язати - виконати» для зв'язку між послугами. Споживач послуг запрошує системний реєстр, що зберігає список доступних послуг, які відповідають його критеріям. Як тільки така послуга знайдена, замовник підключається до послуги, що надається SOA; інкапсульований життєвий цикл об'єктів, що беруть участь в транзакціях бізнесу.

SOA передбачає три основні ролі: постачальник послуги (service provider), споживач послуги (service consumer), який потребує певних функцій, що надаються послугою; системний реєстр послуг (registry), виступає як посередник, надаючи каталог з інформацією про всілякі послуги, що пропонуються різними постачальниками послуг. Реєстр містить вичерпну інформацію стосовно всіх послугах, яку зобов'язаний зареєструвати (опублікувати) в ньому провайдер відповідної послуги. Споживач сервісу відправляє необхідний запит до реєстру, який забезпечує з'єднання його з провайдером.

Архітектура SOA, підтримує зміни в моделі ведення бізнесу і будується так, щоб ізолювати вплив модифікації одного компоненту на решту частини середовища. Рішення на базі сервіс-

орієнтовної архітектури дозволяють використовувати переваги розподілених послуг і забезпечують взаємодію бізнес-процесів, дозволяючи оптимізувати процес управління мережею.

Важливою складовою архітектури SOA є середовище розподілених повідомлень запитів/відповідей, що розташовано між клієнтською і серверною частинами сервісної служби. Сервер знаходиться у постійному очікуванні запитів, коли запит отримано, починається його обробка. Після неї сервер генерує повідомлення-відповідь до клієнта. Таким чином у середовищі підтримується трафік повідомлень між клієнтом і сервером.

Мультисервісні мережі, використовуючи єдину транспортну інфраструктуру, можуть передавати трафік різного роду: голосовий трафік, сигналізацію, трафік даних, мультимедіа-трафік.

Мережу передачі трафіку складає набір обчислювальних пристроїв фізично і логічно зв'язаних між собою. Фізична інфраструктура мережі призначена для розповсюдження фізичних сигналів, які кодують інформаційні повідомлення. Найважливішим компонентом мережі, що становить її логічну частину, є комунікаційні протоколи. Під їхнім керуванням здійснюється робота сервісних служб.

Архітектура мережі має складну ієрархічну структуру з декількох рівнів (шарів). Метою кожного з рівнів є надання певних типів сервісів рівням розташованим вище за них і захист верхніх рівнів від деталей реалізації цих сервісів. Рівень N на одному пристрої за логікою знаходиться в стані обміну з рівнем N на іншому мережевому пристрої. Набір законів і угод, прийнятих при такому обміні називається протоколом рівня N. У реальності ніякого обміну даними не відбувається між шарами на одному рівні. Натомість кожен рівень передає дані і контрольну інформацію на рівень, що знаходиться прямо під ним, доки не буде досягнутий нижчий рівень, який помістить інформацію безпосередньо на фізичний носій для передачі її по мережі. Між кожною парою суміжних шарів знаходиться сервісний інтерфейс. Кожний з N рівнів однієї системи здійснює обмін з рівнем N кінцевої системи, використовуючи для цього сервіси рівня N-1, при цьому кожен з проміжних рівнів несе дані верхнього рівня усередині свого формату повідомлень. Таким чином, на кожному рівні N процедура, відправляючи або одержуючи дані від рівню N іншої системи, насправді відправляє інформацію для обробки на рівень N-1 своєї системи, забезпечивши дані своєю контрольною інформацією.

Створення мультисервісних мереж здійснюється на базі різноманітних технологій, як на платформі IP (IP VPN), так і на базі виділених каналів зв'язку. На магістральному рівні найбільш відомі технології IP/MPLS, Packet over SONET/SDH, POS, ATM, xGE, DWDM, CWDM, RPR.

Велика частина магістральних мультисервісних мереж будується на основі технологій POS, DWDM, які отримали значне розповсюдження, а також IP/MPLS, які є особливо перспективними при значній широті обхвату і великій кількості споживачів. Агрегація на рівні міста виконується на базі Gigabit Ethernet, ATM, CWDM, IP/MPLS.

Як технологій агрегації доступу і послуг може використовуватися набір підходів, що визначаються вартістю підключення, необхідною пропускну здатністю каналів і забезпеченням необхідної якості обслуговування, а також вже існуючою інфраструктурою, поверх якої створюється мультисервісна мережа. Це, наприклад, Fast/Gigabit Ethernet, ISDN, xDSL, мережі кабельного телебачення, оптичні абонентні мережі, безпроводні мережі Wi-Fi і WiMAX. Технологія xDSL для організації високошвидкісного доступу дозволяє використовувати вже наявну телефонну мережу.

Висновки. Мультисервісні мережі наступного покоління мають переваги над мережами традиційної архітектури, оскільки можуть використати єдину транспортну інфраструктуру для передачі всіх типів трафіку і ефективно її використовувати завдяки статистичному мультиплексуванню. Інтеграція трафіку різноманітних даних і мови дозволяє добитися якісного підвищення ефективності інформаційної підтримки управління підприємством, при цьому використання інтегрованого транспортного середовища дозволяє понизити витрати на створення і експлуатацію мережі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Величко В.В, Субботин Е.А., Шувалов В.П., Ярославцев А.Ф. Телекоммуникационные системы и сети. Том 3. Мультисервисные сети. Москва: Горячая линия-Телеком, 2005. – 592 с.
2. Соколов Н.А. Задачи перехода к сети связи следующего поколения. Автореферат диссертации. Санкт-Петербург, 2006. – 36 с.

УДК 651.3:518.5

Гуменюк Л.О.

Луцький національний технічний університет

E-mail: log.studentua@gmail.com

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ВІДОБРАЖЕННЯ ДІЙСНОСТІ

В роботі приведено огляд властивостей та сфер застосування комп'ютерного моделювання. Наведені приклади використання комп'ютерного моделювання у різних галузях науки та промисловості.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, кліткові автомати, теорія фракталів.

L.Gumeniuk. Computer simulation as a reflection of reality. In this paper is given an overview of the properties and applications of computer simulation. Presented the examples of the use of computer simulation in different fields of science and industry.

Keywords: computer simulation, cell machines, theory of fractals.

Л.А.Гуменюк. Компьютерное моделирование как отражение действительности. В работе приведен обзор свойств и областей применения компьютерного моделирования. Приведены примеры использования компьютерного моделирования в различных областях науки и промышленности.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, клеточные автоматы, теория фракталов.

*Многие вещи нам
не понятны не потому,
что наши понятия слабы,
но потому, что они вещи не
входят в круг наших понятий.*

Козьма Прутков

Моделювання представляє собою один з основних методів пізнання, є формою відображення дійсності і полягає в дослідженні властивостей реальних об'єктів, процесів, явищ або з допомогою абстрактного опису у вигляді планів, зображень, рівнянь, алгоритмів, програм [1].

Суть комп'ютерного моделювання полягає в отриманні якісних і кількісних результатів по наявній моделі. Якісні висновки, отримані по результатах аналізу, дозволяють виявити невідомі раніше властивості складної системи: її структуру, динаміку розвитку та ін. Кількісні висновки можуть носити характер прогнозу деяких майбутніх або пояснення минулих значень змінних, що характеризують систему.

Для вивчення будь-якого явища необхідно створити умови його існування, що не завжди можливо. Застосування комп'ютерів дозволило проводити експерименти шляхом їх моделювання. Зокрема, один з засновників наукового напрямку лабораторії Hewlett-Packard зазначає, що без комп'ютерного моделювання неможливим було б створення струменевого принтера [2]. Спочатку створювалось програмне забезпечення, що моделювало поведінку найдрібніших краплинок чорнила. Необхідно було з'ясувати, що відбувається, коли рідина випливає із сопла в повітря, та які сили діють на краплинку при їхньому дотику до паперу. Цілий тиждень комп'ютер бився над задачею, поки не вияснив, що відбувається з краплею на протязі перших вирішальних 100 мілісекунд. І лише після того, як на основі цих розрахунків було визначено оптимальну форму сопла і патрона з чорнилами, техніки змогли сконструювати пробний зразок. Для створення потрібного програмного забезпечення розробникам необхідно було врахувати все, що знала сучасна фізика про поведінку рідин. Зате результат комп'ютерного моделювання вразив навіть розробників програми. До того дня жоден вчений не знав, як крапелька чорнил набуває своєї форми.

Програмне забезпечення, розроблене на початку 80-х років для моделювання поведінки рідин стимулювало розробку подібних програм для інших областей науки. На комп'ютері можна довільним чином комбінувати вхідні параметри і отримати результат, наприклад, хімічний склад матеріалу, набагато швидше, ніж в лабораторних умовах.

Комп'ютерне моделювання дозволило зробити захоплюючі відкриття зокрема в галузі астрофізики. Так, в результаті досліджень в інституті Макса Планка в Штуттгарті було розроблено

модель, згідно з якою під дією екстремально високих тисків та температур атоми, що містяться в молекулі води вступають в абсолютно нові сполуки, в результаті чого звичайна вода перетворюється в метал з магнітними властивостями [2]. Саме цим вчені – астрофізики пояснюють значення магнітного поля планети Нептун.

В інституті Альберта Ейнштейна в Потсдамі вчені змоделювали космічну катастрофу – зіткнення нейтронних зірок. Дві зірки притягнулись одна до одної та злились в одну, як показано на ілюстраціях (рис.1). Це викликало виникнення в космосі потужних гравітаційних хвиль, що поширюються зі швидкістю світла. Їх моделювання дозволяє вченим прогнозувати параметри майбутніх змін. Отримані результати дозволили вченим ще на один крок підійти до розуміння нашого Всесвіту.

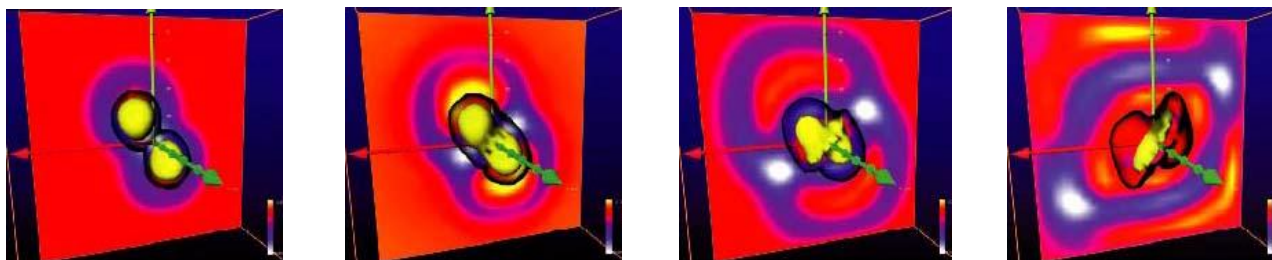
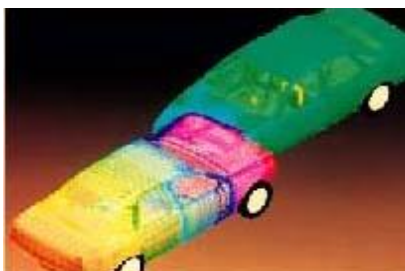


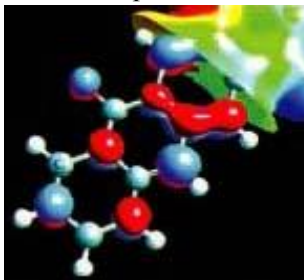
Рис.1. Модель зіткнення нейтронних зірок.

Подібним чином ведуться і біологічні дослідження. На сьогодні з допомогою моделювання широко вивчаються можливості боротьби з ВІЛ-вірусом. Успішне завершення цього проекту дасть можливість позбавити людство від СНІДу.

автомобілебудування



хімічна промисловість



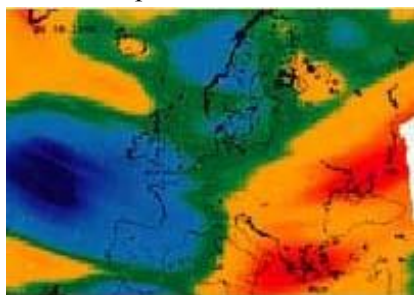
архітектура



авіація



прогноз погоди



мода



Рис. 2. Приклади використання комп'ютерного моделювання у різних галузях людської діяльності.

Прагнення вчених, підтримане потужним розвитком комп'ютерної техніки, має більший вплив на наші будні, ніж це може здатись. У фармації завдяки моделюванню вчені досліджують вплив медикаментів на організм людини; в автомобілебудуванні конструюють нові типи автомобілів та моделюють аварійні ситуації; в хімічній промисловості моделюють нові синтетичні матеріали та досліджують їх властивості; в архітектурі розробляють проекти споруд та макрорайонів; у медицині виконують діагностику хвороб; в авіації моделюються характеристики конструкцій та умови

польотів; моделюються кліматичні умови для прогнозів погоди; і навіть віртуальні покази мод та розробка одягу завдячують комп'ютерному моделюванню (рис.2).

Багато складних фізичних явищ моделюється в рамках уявлень про еволюцію систем, відомих як кліткові автомати. Наприклад, як молекули води “знають”, як створювати складні симетричні сніжинки? Ніякий “архітектор” не керує будівництвом і молекули не несуть інформації про цю кристалічну структуру. Весь візерунок виникає в результаті взаємодії множини однакових часточок. Кожна молекула реагує на вплив тільки найближчих сусідів, але розміщення у певному порядку зберігається по всій структурі, що містить приблизно 10^{20} молекул.

Обчислювальну модель росту сніжинки можна представити клітковим автоматом – однорідною системою абсолютно однакових кліток, кожна з яких може знаходитись у різних станах та взаємодіяти з найближчими сусідами по певних правилах. Ці клітки та набір правил задають еволюцію автомата.

Вхідними даними для створення моделі певного явища чи процесу за допомогою кліткового автомату є схема структури кліток; тип околу кожної окремої клітки; набір станів, у яких може знаходитись кожна клітка; правила, що визначають закономірності зміни стану.

Перші дослідження по цій тематиці були проведені на початку 50-х років фон Нейманом [3]. Початкова мета фон Неймана полягала у створенні системи, здатної відтворювати саму себе як живий організм. Фон Нейман розглядав у двовірній прямокутній схемі чотири найближчих сусіда кожної клітки: на півночі, півдні, заході, сході (рис.3,а). Цей окіл кліток тепер називають оком фон Неймана. У двовірній постановці задачі крім вказаних кліток окіл може містити також клітки, що знаходяться по діагоналі від вихідної (рис.3,б). Подібний окіл називається оком Мура.

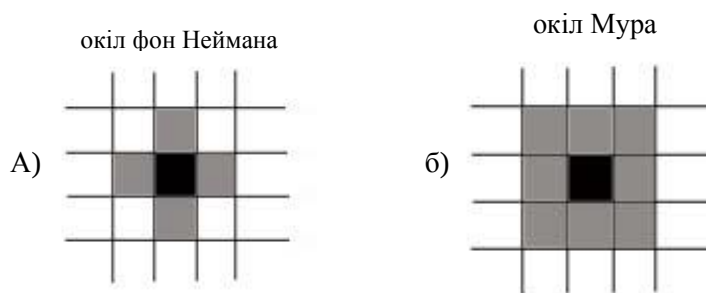


Рис. 3. Система кліток згідно з фон Нейманом (а) та Муром (б).

Важливим фактором при побудові кліткового автомату є кількість станів, у яких може знаходитись клітка. Фон Нейман побудував систему з кліток, що можуть знаходитись у 29 станах, проте величезний діапазон змін спостерігається навіть у автоматах, де клітини представлені двома можливими станами – 1 і 0 (включено-виключено, живий-мертвий).

Найвідоміший клітковий автомат – це гра “Життя”: клітки народжуються, живуть та помирають залежно від локальної щільності популяції. Згідно з правилами гри, якщо центральна клітка жива, то вона буде продовжувати жити в наступному поколінні, коли 2 або 3 клітки з її околу живі. Якщо знайдуться 3 живі клітки в розглядуваному околі, то центральна клітка житиме у наступному поколінні незалежно від її нинішнього стану. У всіх інших випадках центральна клітка або помирає, або залишається мертвою.

Краса гри “Життя” полягає в її непередбачуваності. Деякі схеми повністю помирають, інші утворюють стійкі конфігурації або циклічні конфігурації з періодом у декілька поколінь.

Як видно з назви, гра має біологічний аспект. Проте розроблені кліткові автомати, які розглядають важливі моделі фізичних систем – від сніжинок до феромагнетиків і Галактик. Інтригуючим є той факт, що кліткові автомати можуть розглядатись як “числовий всесвіт”, що сам по собі достойний досліджень.

Надзвичайні можливості відкриваються перед дослідниками фракталів. Це ще одна галузь комп'ютерного моделювання, результати якої настільки красиві, що з однаковим успіхом можуть бути як математичним підручником, так і прикрасою журнального стола. В теорії фракталів використовується множина Мандельброта – мешканець комплексної площини. Кожна точка комплексної площини представлена числом, що містить дійсну та уявну частини, які можна вважати

координатами точки. Комплексні числа можна додавати і множити, отримуючи при цьому нові значення комплексних чисел. Множина Мандельброта має важливий зв'язок з властивостями стійкості та хаосу в динамічних системах. Якщо почати послідовно обчислювати значення деяких сум комплексних чисел, враховуючи значення, отримані на попередньому кроці, то отримана послідовність утворить фантастичний візерунок на комплексній площині (рис.4).



Рис.4. Приклади моделювання за допомогою фракталів.

Таким чином, моделювання має незаперечну перевагу: вчені можуть вільно міняти параметри і таким чином визначати їх вплив на модель. Незалежно від того, працюють вони над “чорними дірами”, над новими ліками чи над розробкою дизайну приміщення, комп’ютерна модель дозволяє зрозуміти всю систему в цілому. Тому перелік галузей, які за допомогою програмного забезпечення вивчають властивості матеріалів та створюють нову продукцію весь час зростає. І це цілком виправдано – адже навіть несуттєві покращення мають значний вплив на виробництво.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Бирюков Б.В., Гастеев Ю.А., Геллер Е.С. Моделирование // БСЭ. - 2-е изд. – М.,1974. – т.2. – С. 78.
- 2.СНІР, №6, 1999. – ст.1-4.
3. Фон Нейман Дж. Теория самовоспроизводящихся автоматов. — М.: Мир, 1971. — 384 с.

УДК 681.3

Пальчевський Б.О.

Луцький національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ CASE-СИСТЕМ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Розглядаються принципи моделювання інформаційних систем та приклади їх формального моделювання на основі CASE-технологій. Аналізується структурний підхід до проектування інформаційних систем. Узагальнюються деякі поняття проектування інформаційних систем.

Ключові слова: розроблення інформаційної системи, технічне завдання, проект, реалізація, програмне забезпечення, інформаційна система, життєвий цикл, архітектура, декомпозиція процесів, методологія побудови інформаційних систем, CASE-технологія.

The article examines the principles of modeling information systems. Examples of formal modeling based CASE-technology. We analyze structural approach to the design of information systems. It sums up some concept design of information systems.

Keywords: development of an information system specification, design, implementation, software, information system life cycle, architecture, decomposition processes, methodology of information systems, CASE-technology.

Рассматриваются принципы моделирования информационных систем и примеры их формального моделирования на основе CASE-технологий. Анализируется структурный подход к

проектированию информационных систем. Обобщаются некоторые понятия проектирования информационных систем.

Ключевые слова: разработка информационной системы, техническое задание, проект, реализация, программное обеспечение, информационная система, жизненный цикл, архитектура, декомпозиция процессов, методология построения информационных систем, CASE-технология.

В сучасних інформаційних технологіях важливе місце приділяється інструментальним засобам і середовищам розробки автоматизованих систем, зокрема, системам розробки й супроводу їх програмне забезпечення. Ці технології й середовища утворюють системи, що мають назву CASE-систем [1].

Використовується двояке тлумачення аббревіатури CASE, що відповідає двом напрямкам використання CASE-систем. Перше з них – Computer Aided System Engineering – підкреслює спрямованість на підтримку концептуального проектування складних систем, переважно слабо структурованих. Далі CASE-системи цього напрямку будемо називати системами CASE для концептуального проектування. Друга назва – Computer Aided Software Engineering – переводиться, як автоматизоване проектування програмного забезпечення.

Серед CASE-систем для концептуального проектування розрізняють системи функціонального, інформаційного або поведінкового проектування. Найбільш відомою методикою функціонального проектування складних систем є методика SADT (Structured Analysis and Design Technique), запропонована в 1973 році Р.Росом [2], яка згодом стала основою міжнародного стандарту IEEE 1320.1-1998 IDEF0 (Integrated Definition 0).

Системи інформаційного проектування реалізують методики інфологічного проектування баз даних, в них широко використовуються мова й методика створення інформаційних моделей програм, закріплена в методології IDEF1X (IEEE 1320.2-1998).

Основні положення стандартів IDEF0 і IDEF1X використані також при створенні комплексу стандартів ISO 10303, що лежать в основі технології STEP для виводу в комп'ютерних середовищах інформації, що відноситься до проектування й виробництва в промисловості.

Поведінкове моделювання складних систем використовують для визначення динаміки функціонування складних систем. У його основі лежать моделі й методи імітаційного моделювання систем масового обслуговування, мережі Петрі, можливе застосування кінцево-автоматних моделей, що описують поведінку системи, як послідовності зміни станів.

Застосування інструментальних CASE-систем веде до скорочення витрат на розробку програмного забезпечення за рахунок зменшення числа ітерацій і числа помилок, до поліпшення якості продукту за рахунок кращого взаєморозуміння розробника і замовника, до полегшення супроводу готового програмного забезпечення.

Серед інструментальних CASE-систем розрізняють інтегровані комплекси інструментальних засобів для автоматизації всіх етапів життєвого циклу програмного забезпечення (такі системи називають Workbench) і спеціалізовані інструментальні засоби для виконання окремих функцій (Tools). Засоби CASE-систем по своєму функціональному призначенню належать до однієї з наступних груп:

- засоби програмування;
- засоби керування програмним проектом;
- засоби верифікації (аналізу) програм;
- засоби документування.

До засобів програмування відносяться компілятори для алгоритмічних мов; будівник діаграм потоків даних; планувальники для побудови високорівневих специфікацій і планів програмного забезпечення (можливо на основі баз знань, реалізованих в експертних системах); інтерпретатори мов специфікацій і мов четвертого покоління; прототайпер для розробки зовнішніх інтерфейсів – екранів, форм вихідних документів, сценаріїв діалогу; генератори програм певних класів (наприклад, конвертори заданих мов, драйвери пристроїв програмного керування, постпроцесори); крос-засоби; відладчики програм. При цьому під мовами специфікацій розуміють засоби укрупненого опису розроблювальних алгоритмів і програм.

Керування програмним проектом називають також керуванням конфігураціями програмного забезпечення. Цьому поняттю відповідають коректне внесення змін в програмну систему при її проектуванні й супроводі, контроль цілісності проектних даних, керування версіями проекту,

організація паралельної роботи членів колективу розробників. Використання засобів керування конфігураціями дозволяє створювати програмні системи із сотень і тисяч модулів, значно скорочувати строки розробки, успішно модернізувати вже поставлені замовником задачі. Основою засобів керування програмним проектом є репозиторій – база даних проекту. Саме в репозиторії відбита історія розвитку програмного проекту, утримуються всі створені версії (вихідний програмний код, бібліотеки, супровідна документація і т.п.), за допомогою репозиторію здійснюється контроль і відстеження внесених змін.

Засоби верифікації служать для оцінки ефективності виконання розроблювальних програм і визначення наявності в них помилок і протиріч. Розрізняють статичні й динамічні аналізатори. У статичних аналізаторах ПЗ досліджується наявність невизначених даних, нескінченних циклів, неприпустимих передач керування і т.п. Динамічний аналізатор функціонує в процесі виконання програми, яку перевіряє; при цьому досліджуються траси, вимірюються частоти звертань до модулів і т.п. Використовуваний математичний апарат – мережі Петрі, теорія масового обслуговування.

В останню з перерахованих груп входять документатори для оформлення програмної документації, наприклад, звітів по даним репозиторію; різні редактори для об'єднання, поділу, заміни, пошуку фрагментів програм і інших операцій редагування.

Проектування програмного забезпечення за допомогою CASE-систем містить у собі кілька етапів. Початковий етап – попереднє вивчення проблеми. Результат представляють у вигляді вихідної діаграми потоків даних і погоджують із замовником. На наступному етапі виконують деталізацію обмежень і функцій програмної системи, і отриману логічну модель знову погоджують із замовником. Далі розробляють фізичну модель, тобто визначають модульну структуру програми, виконують інфологічне проектування бази даних, деталізують схеми програмної системи і її модулів.

CASE-система, як система проектування програмного забезпечення, містить компоненти для розробки структурних схем алгоритмів і "екранів" для взаємодії з користувачем в інтерактивних процедурах, засоби для інфологічного проектування баз даних, налагодження програм, документування, збереження "історії" проектування і т.п.

На ринку програмних продуктів є багато CASE-систем для концептуального проектування програмних систем. Найчастіше в них підтримується методологія IDEF. Широко відомі програми BPwin, ERwin, OOWin фірми Platinum Technology, Design/IDEF фірми Meta Software і інші.

BPwin (Business Processing) призначена для розробки функціональних моделей за методикою IDEF0.

ERwin призначена для розробки інформаційних моделей за методикою IDEF1X. В ній є засоби, що забезпечують інтерфейс із серверами баз даних (від користувача приховане спілкування на SQL-мові), переклад графічних зображень ER-діаграм в SQL-форми або у формати інших популярних систем керування базами даних, передбачено інтерактивні процедури для зв'язування дуг IDEF0 із атрибутами IDEF1X, тобто для встановлення зв'язків між BPwin і ERwin. У систему включені також типові для CASE-засобів розробки екранних форм.

OOWin служить для підтримки об'єктно-орієнтовних технологій проектування інформаційних систем. Один зі способів використання OOWin – деталізація об'єктно-орієнтовної моделі на базі створеної ER-моделі. При перетворенні ER в OO-подання сутності й атрибути стають класами (множинами подібних об'єктів). Класи можуть бути доповнені описом послуг класу, тобто виконуваних операцій, переданих параметрів і параметрів, що повертають події. Інший спосіб використання OOWin – реінжиніринг, адже модернізація проводиться на рівні існуючої моделі.

Система Design/IDEF (фірма Meta Software) призначена для концептуального проектування складних систем. З її допомогою розробляються специфікації, IDEF0- і IDEF1X-діаграми, словники даних, проводиться документування й перевіряється несуперечність проектів. Є додаткова система Design/CPN, що дозволяє проводити імітаційне моделювання на основі моделей, перетворених у мережі Петрі.

Методологія об'єктно-орієнтованого аналізу і проектування програмного забезпечення за методикою Г.Буча [3] з використанням мови UML реалізована в системах Rational Rose (фірма Rational Software Corporation), Platinum Paradigm Plus і Together (фірма Platinum Technology). В Rational Rose підтримується генерація коду по побудованих діаграмах класів, зворотне моделювання (тобто побудова UML-моделі по програмному коду на таких мовах, як C++, Java, Visual Basic, IDL CORBA), візуальне програмування. Мову UML застосовують і в ряді інших систем, наприклад, в інструментальному середовищі об'єктно-орієнтованого проектування програмного забезпечення

Objecti (фірма Micro TOOL), у якій автоматично генерується програмний код по графічному UML-опису.

Ряд програмних продуктів, що реалізують IDEF-моделі, розроблені фірмою KBSI, зокрема, ProSim реалізує IDEF3, SmartER - IDEF1 і IDEF1X, SmartClass - IDEF4.

Поведінкове моделювання підприємств передбачене також у деяких системах реінжинірингу, наприклад, у системі BAAN IV.

Для перетворення функціональних або поведінкових моделей в імітаційні застосовують спеціальні програми. Так, разом із програмою BPWin для одержання імітаційних моделей використовують програму BPSimulator.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Федорова Д.Э., Семенов Ю.Д., Чижик К.Н. CASE-технологии. - М.: Горячая линия Телеком, Радио и связь, 2005.
2. Маклаков С.В. BPwin и ERwin: CASE-средства для разработки информационных систем. - М.: Диалог-МИФИ, 1999.
3. Методология функционального моделирования. - М.: ИПК, Издательство стандартов, 2001.
4. Пономаренко В.С. Проективання інформаційних систем: посібник - К.: Видавничий центр „Академія”, 2002.

УДК 070:377

Саварин П.В., Олексів Н.А.

Луцький національний технічний університет

м. Луцьк

E-mail: savaryn.pasha@gmail.com, oleksivn@i.ua

ФОРМУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗНАНЬ ТА УМІНЬ У СТУДЕНТІВ ЗАСОБАМИ МЕДІАТЕХНОЛОГІЙ

Саварин П.В., Олексів Н.А. Формування технічних знань та умінь у студентів засобами медіатехнологій. Використання медіатехнологій в навчальному процесі потрібно розуміти як систему, яка включає проектування, організацію та проведення занять із забезпеченням багатоканальності сприйняття інформації суб'єктами навчання в інтерактивному режимі. Вони дають можливість моделювати ситуації, які максимально наближені до умов професійної діяльності; активізувати навчальну діяльність студентів, посилювати їх самостійну роботу. Крім того медіатехнології можуть бути використані і як засіб зовнішньої дії на розумову діяльність студентів, і як чинник, який діє на вже наявні в студентів знання, уміння і навички, тобто впливає на розумову діяльність студента через його самоуправління.

Savaryn P.V., Oleksiv N.A. Formation of technical knowledge and skills of the students by means of media technologies. Using media technologies in the learning process should be understood as a system that includes planning, organizing and conducting classes with providing multichannel information perception study subjects online. They make it possible to simulate situations that are as close as possible to the conditions of professional activity; enhance learning activities of students strengthen their independent work. Besides media technology can be used as a means i outer action on mental activity of students, i like factor that acts to familiarize oneself with available already in students the knowledge, skills ability to i, that affects the mental activity of the student through his samoupravlinnya.

Саварин П.В., Олексив Н.А. Формирование технических знаний и умений у студентов средствами медиатехнологий. Использование медиатехнологий в учебном процессе следует понимать как систему, которая включает проектирование, организацию и проведение занятий с обеспечением многоканальности восприятия информации субъектами обучения в интерактивном режиме. Они дают возможность моделировать ситуации, максимально приближенные к условиям профессиональной деятельности; активизировать учебную деятельность студентов, усиливать их самостоятельную работу. Кроме того медиатехнологии могут быть использованы и как средство внешней действия на умственную деятельность студентов, и как фактор, который действует на уже имеющиеся у

студентов знання, умения и навыки, то есть влияет на умственную деятельность студента с помощью его самоуправления.

Ключові слова: медіатехнології, технічні знання та уміння, професійна діяльність, мультимедіа, інтернет, інформація, навичка.

Медіатехнології супроводжують людину давно і їх умовно поділяють на п'ять типів: ранні (писемність), друковані (друкарство, літографія, фотографія), електричні (телеграф, телефон, звукозапис), мас-медіа (кінематограф, телебачення), цифрові (комп'ютер, інтернет) [1].

Медіатехнологія (мультимедіа) – поєднання різних засобів передачі інформації (тексту, звуку, графіки, рухомих і нерухомих зображень) за допомогою комп'ютера або іншого аудіовізуального пристрою (телевізора, відеомагнітофона, програвача компакт-дисків тощо).

Медіатехнології в навчанні потрібно розуміти як систему, яка включає проектування, організацію та проведення занять із забезпеченням багатоканальності сприйняття інформації суб'єктами навчання в інтерактивному режимі за рахунок використання мультимедійних комп'ютерних апаратно-програмних і мультимедійних навчальних програмних засобів. Загальна мета мультимедійних технологій полягає в доборі та застосуванні пов'язаних між собою засобів (медіа) таким чином, щоб постійно вдосконалювати та збільшувати обсяг інформації, до якої мають доступ користувачі [2].

Традиційний погляд на проблему мультимедіа виник у 70-і рр. минулого століття, коли комп'ютер у навчанні ще не був істотною складовою. У цей час поняття “мультимедіа” стосувалося спеціально підбраного комплексу дидактичних матеріалів – аудіовізуального пакету. Тобто можна вести мову про мультимедійність без комп'ютера, коли основним носієм інформації найчастіше виступає телевізор і відеомагнітофон.

Російський вчений І. Вернер, автор однієї з перших монографій про медіатехнології, відзначав, що технологія мультимедіа є однією із нових технологічних форм інформаційного суспільства. Вона відкриває принципово новий рівень обробки інформації і інтерактивної взаємодії людини з комп'ютером (відеоредакти, текстова і аудіоінформація, комп'ютерна графіка і анімація можуть бути довільним чином скомпоновані, змінені або відображені в іншій формі представлення даних).

Медіатехнології, що захопили ринок настільних систем і висококорпоративних мереж, знаходять все більше застосування в мережі інтернет. В даний час можливості інтернету дозволяють представляти інформацію користувачеві в мультимедійному вигляді. Завдяки широкому розповсюдженню WWW (World Wide Web) гіпертекстову технологію знають або, принаймні, використовують всі, хто працює на комп'ютері. У основі WWW лежить технологія гіпертексту – нелінійної форми запису текстової інформації з позначенням посилань на фрагменти тексту будь-якого документа, що знаходиться в автоматизованій інформаційній системі, і можливістю швидкого переходу до цих фрагментів. Посилання можуть включати не тільки текстову інформацію, але і графічну, аудіо-, відео- і ін. Для такого роду документів вже використовується гіпермедіа, забезпечуючи зв'язок між мультимедійними об'єктами.

Відомо, що в процесі навчання студентами освоюється не більше ніж чверть пропонованого матеріалу. Медіатехнології дозволяють в 2-3 рази збільшити цей показник, оскільки це надає можливість синергетичного навчання, тобто одночасно зорового і слухового сприйняття матеріалу, активної участі в управлінні його подачею, повернення до тих розділів, які вимагають повторного аналізу.

Медіатехнології сьогоdnішнього покоління пропонують користувачам безліч варіантів індивідуального налаштування, освоюючи навчальний матеріал, студент сам встановлює швидкість вивчення, об'єм матеріалу і ступінь його складності. Економія часу, необхідного для вивчення конкретного матеріалу, в середньому складає 30%, а придбані знання зберігаються в пам'яті значно довше.

Експерти по маркетингу вже давно (до появи в системі навчання медіатехнологій) відмітили виразний зв'язок між методом, за допомогою якого студент освоював матеріал, і здатністю пригадати (відновити в пам'яті) цей матеріал. Наприклад, тільки чверть почутого матеріалу залишається в пам'яті. Якщо студент має можливість сприймати матеріал візуально, то частка матеріалу, що залишився в пам'яті, підвищується до однієї третини. При комбінованій дії (через зір і слух) частка засвоєного матеріалу досягає половини, а якщо залучити студентів до активних дій в процесі

вивчення, наприклад за допомогою інтерактивних навчальних програм типу додатків медіатехнологій, то частка засвоєного може скласти 75%.

Системний характер медіатехнологій дає підставу розглядати їх в цілому як інфраструктуру, в якій поєднуються елементи медіаоб'єкта, медіасуб'єкта, технології, знання, комунікації, соціальної організації і управління. Медіатехнології в педагогічній науці класифікуються по різних критеріях.

Розвиток техніки і технічних знань робить всеосяжний вплив на сучасний світ. Країни, що лідирують у технічних досягненнях і технологіях, мають можливість домінувати в світі і диктувати свої правила іншим. Визначальний вплив техніки випробують такі соціальні сфери й інститути як економіка, екологія, наука, політика і т.д. Технічні знання все глибше припадають в повсякденну свідомість людей [3].

За всіма прикладами техніки лежить велика сфера технічних знань і заснованих на цих знаннях дій. Технічні знання втілюються не тільки через технічну діяльність в різного роду технічних пристроях, а й у статтях, книгах, підручниках і так далі, адже без накопичення та передачі знань ніякого технічного розвитку в сучасному суспільстві не може бути.

Технічне знання тісно пов'язане з науками про людину і суспільство. Існування такого зв'язку обумовлено соціальними функціями технічних засобів, їх пристосуванням, соціальних і біологічних особливостей людини. Тому діяльність при створенні технічних об'єктів не могла не спиратись на деякий мінімум знань про людину і суспільство та повинна була особливим чином включати ці знання в зміст технічних наук. Зазначений бік технічних знань і діяльності набуває особливої ваги зараз, коли знання соціальних закономірностей і знання про людину, її поведінку в продуктивній діяльності грають фундаментальну роль у процесі пізнання, проектування, створення і застосування технічних систем.

Сучасному виробництву необхідні конкурентноздатні фахівці, які вільно володіють комп'ютерними технологіями, мають широкий технічний кругозір, здатні самостійно оволодівати новою технікою й новітніми технологічними процесами, оперативно реагувати на миттєві зміни у стані керованих ними технічних засобів праці чи зміни перебігу технологічного процесу, вміти передбачати можливі наслідки цих змін, нестандартно діяти в екстремальних умовах. Тому технічне мислення є дуже важливим компонентом професійної діяльності людини, особливо в сучасних умовах. Сьогодні не можна готувати фахівця без врахування необхідності постійного накопичування ним нових знань і умінь та підвищення власного кваліфікаційного рівня.

З точки зору В.П.Зінченко і Б.Г.Мещерякова, технічне мислення підпорядковане тільки практичному мисленню. «Практичне мислення – це процес мислення, який здійснюється під час практичної діяльності» [4]. Практичне мислення існує для вирішення виробничих завдань і може мати складну або елементарну форму, воно завжди базується на узагальненні попереднього практичного досвіду. В свою чергу, розв'язування практичних завдань є засобом, основою формування технічного мислення, наприклад, при розв'язуванні конструктивних задач, в процесі навчання тощо.

Г. Кайзер відзначає, що для технічного мислення не потрібні будь-які особливі розумові операції, «особливість технічного мислення в тому, що воно включається до практичної виробничої діяльності й здійснюється, виходячи з реальних умов цієї діяльності» [4].

Для успішної технічної діяльності необхідно не просто мислення, а й технічні знання, уміння і навички. У технічній діяльності взаємодіють образні компоненти мислення з науково-технічними знаннями [4].

Медіатехнології є унікальним засобом формування критичного мислення та розвитку творчих здібностей, засобом стимулювання бажання самоосвіти, самопідготовки, постійного прагнення до знань студентів [5].

Застосування медіатехнологій при розв'язуванні проблемних ситуацій сприяє збільшенню кількості типів навчальних задач (задачі на моделювання різних ситуацій, які вводять студента у певну ситуацію; задачі на планування, пошук оптимальної стратегії розв'язування і контролю тощо); відкривається доступ до раніше недоступної інформації. Це надає можливість зробити навчання більш керованим.

Під інформацією розуміють, як правило, будь-які відомості, які одержує людина. Інформація – одне з фундаментальних понять науки, таких, як матерія або енергія. Термін походить від латинського *informatio*, що означає роз'яснення, повідомлення, викладення. Існування багатьох

визначень інформації обумовлено складністю, специфічністю і різноманіттям підходів до тлумачення сутності цього поняття.

У широкому розумінні інформація – це відомості, знання, повідомлення, які є об'єктом збереження, передачі, перетворення і які допомагають вирішити поставлену задачу. Інформація – це нові відомості, що можуть бути використані людиною для удосконалення своєї діяльності і поповнення знань. Інформація – це сукупність сигналів, які сприймаються свідомістю людини та відображають якісь властивості об'єктів та явищ довколишнього середовища. Інформація, являючись відбиттям матеріальної сутності, служить способом опису взаємодії між джерелом інформації та одержувачем. Це легко перевірити, тому що те саме повідомлення одному одержувачеві може давати багато інформації, а іншому – мало або нічого.

Знання – це інформація, на базі якої шляхом логічного виведення можна отримати нову інформацію. Також під терміном знання досить часто розуміють дані, що мають складну організацію. Перехід від даних до знань пов'язаний з ускладненням інформаційно-логічних структур, які потрібно обробляти.

Інформацію слід вважати особливим видом ресурсу. Поняття – інформаційні ресурси широко застосовується поряд із такими поняттями як матеріальні, енергетичні і трудові ресурси. Це окремі документи або масиви документів в інформаційних системах (бібліотеках, архівах, фондах, банках даних і т.д.).

Уміння – здатність використовувати наявні знання, поняття, оперувати ними для виявлення суттєвих властивостей об'єктів і явищ, успішного розв'язання теоретичних і практичних завдань [6]. Уміння передбачає використання раніше набутого досвіду, певних знань; без останніх немає умінь. Утворення умінь є складним процесом аналітико-синтетичної діяльності кори великих півкуль головного мозку, в ході якого створюються й закріплюються асоціації між завданням, необхідними для його виконання знаннями та застосуванням знань на практиці.

Засвоєння знань і умінь у процесі навчання поєднується з оволодінням відповідними навичками.

Формування умінь проходить кілька стадій. Спочатку – ознайомлення з уміям, усвідомлення його смислу. Потім початкове оволодіння ним. Нарешті, самостійне й дедалі точніше виконання практичних завдань. У педагогіці вивчення кожного навчального предмета, виконання вправ і самостійних робіт виробляє в навчаючих уміння застосовувати знання.

При побудові сучасного курсу певного предмета з використанням медіатехнологій з метою розвитку технічного мислення, може бути використана також і теорія поетапного формування розумових дій, створена П.Я.Гальперіним і його співробітниками.

Відповідно до теорії поетапного формування розумових дій процес засвоєння нових видів пізнавальної діяльності, і відповідно, нових знань, включає п'ять основних етапів. На кожному з них відбуваються якісні зміни і в орієнтувальній, і в контрольній, і в виконавчій частинах дії. Закономірна зміна цих етапів веде до перетворення дії із зовнішньої, матеріальної, неузагальненої, розгорнутої і неосвоєної в дію внутрішню, психічну, узагальнену, згорнуту, освоєну.

Формування умінь починається з етапу попереднього орієнтування в завданні. На даному етапі розкривається мета формування даної дії і орієнтувальна основа дії. На етапі формування дії в матеріальному (матеріалізованому) вигляді розв'язування задач відбувається в плані реальних ситуацій. Саме на цих етапах доцільно застосовувати медіатехнології. Комп'ютерне моделювання на цих етапах значно розширює межі пізнання, надаючи можливості наочніше подавати досліджувані явища. Відкриваються додаткові можливості у рефлексії студентами своєї діяльності завдяки тому, що вони можуть одержати наочне зображення наслідків своїх дій [7].

Після того, як зміст дії засвоєно, його необхідно перевести на третій етап – етап формування дії як зовнішньомовленнєвої. На цьому етапі, де всі елементи дії подані у формі зовнішнього мовлення, дія узагальнюється, але залишається ще повністю усвідомленою і розгорнутою.

Четвертий і п'ятий етапи характеризуються тим, що засвоювання дії відбувається у внутрішньому плані. Спочатку дія залишається розгорнутою, свідомою, але потім вона починає швидко скорочуватися, багато її компонентів перестають усвідомлюватися, зростає швидкість і легкість її виконання [8].

Навичка – стійка, удосконалена у результаті багаторазових, цілеспрямованих вправ дія, що дозволяє виконувати певну операцію на підсвідомому рівні [9].

Вона характеризується відсутністю спрямованого контролю свідомості, оптимальним часом виконання, якістю.

Навички – дії, складові частини яких у процесі формування стають автоматичними. Відповідно до видів дій розрізняють і види навичок: рухові, сенсорні, інтелектуальні. В усіх видах діяльності необхідні навички: навчальні, трудові, ігрові тощо.

Взаємовплив навичок реалізується як їх трансфер (перенесення) – позитивний вплив раніше виробленої навички на наступну, та інтерференція – негативний вплив раніше виробленої навички. У результаті виконання вправ змінюється структура дії, до неї входять контроль і характер регулювання виконання рухів. Ці зміни характеризуються злиттям окремих рухів у складніший єдиний акт, вилученням зайвих, проміжних, поєднанням кількох рухів у часі, що фіксує загальна програма побудови довільних рухів. У результаті прискорюється темп і підвищується якість їх дій, змінюється характер контролю за ними: від зовнішнього зорового до внутрішнього м'язевого, кінестетичного (внутрішнього м'язевого відчуття), а також характер центрального регулювання дією. Увага від сприймання способів дії переключається на умови її виконання.

Процес формування навички залежить від цілеспрямованості; внутрішньої мотивації і зовнішнього інструктування, які створюють установку; правильного розподілу вправ за періодами (етапами) навчання; включення тренуваної навички в значущу навчальну ситуацію; поінформованості студента про результати виконання дії; розуміння студентом загального принципу, схеми дії, в яку включено дію; врахування впливу трансферу та інтерференції.

Об'єктивними показниками сформованості навички є: правильність і якість її реалізації (відсутність помилок); швидкість виконання операцій або їх послідовності (зовнішні критерії); відсутність спрямованості свідомості на спосіб виконання дії, напруженості і швидкої стомлюваності, випадання проміжних операцій, тобто редукування дії (внутрішні критерії).

На ефективність вироблення навички впливають: правильний розподіл вправ у часі; розуміння, осмислення принципів, що засвоюються, основного плану виконання дій; знання результатів виконаної дії; вплив раніше засвоєних знань і вироблених навичок на момент навчання; раціональне співвідношення репродуктивності і продуктивності.

Саме тому застосування медіатехнологій у навчальному процесі вищої школи уможливило урізноманітнення завдання та форм подання інформації, а також використання комп'ютерних програм, що включають різноманітний набір вправ: навчальних (для презентації матеріалу), тренувальних (для відпрацювання навичок і вмінь), текстуальних (для перевірки знань). Вони дають можливість моделювати ситуації, які максимально наближені до умов професійної діяльності; активізувати навчальну діяльність студентів, посилювати їх самостійну роботу (можливість обирати інформацію, що безпосередньо стосується їхньої професійної діяльності, працювати у темпі, відповідно до рівня знань студента); розвивати критичне мислення студентів [10].

На жаль, у багатьох вищих навчальних закладах переважає «репродуктивне навчання», недооцінюється вплив комп'ютерних технологій зокрема медіатехнологій на навчальну діяльність. Навчальний процес часто являє собою передачу інформації від викладача до студентів. Викладач подає готові знання, а студенти пасивно їх запам'ятовують, і чим точніше на наступних заняттях вони відтворюють одержані в готовому вигляді знання, тим краще вони «встигають».

Завдяки медіатехнологіям у процесі навчання, з'являється можливість значно впливати на розвиток таких рис як уважність, спостережливість, зосередженість, які є важливими для майбутнього інженера.

Застосування медіатехнологій у процесі формування технічних знань і умінь займає особливе місце, оскільки вони можуть бути використані і як засіб зовнішньої дії на розумову діяльність студентів, і як чинник, який діє на вже наявні в студентів знання, уміння і навички, тобто впливає на розумову діяльність студента через його самоуправління. Різноманітні прояви навчального використання медіатехнологій під час емпіричного і теоретичного пізнання та виявлення багатогранних дидактичних функцій медіатехнологій у навчанні дозволяють вважати, що систему медіатехнологі можна виділити як важливий об'єкт (компонент) педагогічної системи процесу навчання, здатний суттєво впливати на його хід і результати. Розглядаючи різні підходи до формування комп'ютерно-орієнтованого навчального середовища, можна виокремити два підходи до мети використання медіатехнологій у навчальному процесі: з точки зору організатора навчального процесу задача використання засобів медіатехнологій виступає як педагогічна задача; з точки зору

студента (суб'єкта навчання) використання засобу медіатехнологій виступає як специфічна складова діяльності учіння.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Горюнова О. Медиа: история экспансии. 2001. Краткий конспект курса лекций: Медиа: история экспансии / О. Горюнова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://edu.of.ru/attach/17/31177.doc>.
2. Шльосек Ф. Використання засобів мультимедіа у професійній освіті / Францішек Шльосек // Педагогіка і психологія професійної освіти. – 2002. – № 6. – С. 42-46.
3. Романов Д.В., Техническое знание: место и роль в жизни общества // Режим доступа <http://referat.ru/referats/view/7793>
4. Райковська Г.О. Розвиток технічного мислення студентів у процесі вивчення креслення: Дис. канд. пед. наук. 13.00.02 / Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова. – К., 2002. – 219 с.
5. Портал «Информационная грамотность и медиаобразование» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mediagram.ru/mediaed/>.
6. Сисоєва С. О. Сучасні аспекти професійної підготовки вчителя // Педагогіка і психологія. – 2005. – №4(49).– С. 60-66., с. 2.
7. Педагогічна психологія / За редакцією Л.М. Проколієнко і Д.Ф. Ніколенка. – К.: Вища школа, 1991. – 181с.
8. Калошина И.П. Проблемы формирования технического мышления. – М.: Изд-во. Московского университета, 1974. – 183 с.
9. Сисоєва С. О. Сучасні аспекти професійної підготовки вчителя // Педагогіка і психологія. – 2005. – №4(49).– С. 60-66., с. 2.
10. Духаніна Н. М. Медіатехнології як мотивація студентів до навчання / Н. М. Духаніна // Вища освіта України у контексті інтеграції до європейського освітнього простору: Вища освіта України. – Дод. 3. – Т. V. 12). – 2008. – С. 189–193.