

**Ключевые слова:** *комплементарная пара, полевые транзисторы, первичный преобразователь, аналог лямбда-диода*

## **THE EQUIVALENT CIRCUIT OF SUBSTITUTION AS A PRIMARY ELEMENT BASED ON LAMBDA DIODE ANALOGUE**

**I. A. Popova, S. F. Kurashkin**

**Abstract.** *The research is devoted to lambda-diode analogue equivalent circuit of substitution development as a transducer and receipt of equalization of current of flow and tension on the clamps of lambda-diode analogue depending on the parameters of substitution circuit. There was made complete equivalent circuit of substituting for lambda-diode analogue. Its parameters have been analyzed and typical parameters applied the FET transistors were taking into account, that enabled to simplify a circuit. Further researches allowed to get a volt-ampere characteristic of lambda-diode equalization. Lambda-diode analogue application as a measuring transducer of any physical unit has a practical interest. For that purpose the lambda-diode analogue was applied in the bridge circuit as a temperature measurer. Nonlinear elements which resistance depends on a temperature are used in one of diagonals of measurer bridge. Volt-ampere characteristic equalization was determined and parameters of measurer bridge were taking into account. It enables to state about possibility to use a lambda-diode analogue as a measuring transducer. An application of lambda-diode analogue is wide. Patents where lambda-diode analogue is used were received by authors: device for control a temperature, voltage deviation in electrical network, voltage asymmetry.*

**Keywords:** *complementation pair, FET transistors, primary element, transducer, lambda diode analogue*

УДК 632.9:631.302

## **МОДЕЛЬ БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО РЕЗОНАНСУ ЗА ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

**А. Г. КУШНІРЕНКО**, кандидат технічних наук, доцент  
**ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»**  
E-mail: nni elektrik@gmail.com

**Анотація.** *Дослідження присвячені вивченню поведінки узагальнюючого вектора намагніченості в насінні сільськогосподарських культур за дії на нього поздовжніми постійними та поперечними змінними магнітними полями за методикою ядерного магнітного резонансу.*

*На основі проведених теоретичних досліджень визначено величину середньої магнітної сприйнятливості одиниці об'єму насіння  $\chi$*

---

© А. Г. Кушніренко, 2017

та величину вектора намагніченості  $\vec{M}$ . Побудована математична модель для біологічної системи з урахуванням магнітного поля Землі. Встановлено, що для технології передпосівного обробітку насіння сільськогосподарських культур, індуктор, який утворює постійне магнітне поле, необхідно розташувати таким чином, щоб вектор напруженості постійного магнітного поля індуктора співпав із вектором напруженості магнітного поля Землі.

**Ключові слова:** *біоенергетичний резонанс, передпосівний обробіток насіння сільськогосподарських культур, постійне магнітне поле, змінне магнітне поле, поздовжня та поперечна релаксації*

**Актуальність.** У разі вирішення задач, пов'язаних з розробкою електротехнологій передпосівного обробітку насіння сільськогосподарських культур, виникає проблема встановлення взаємозв'язку параметрів електромагнітного поля (ЕМП) з електрофізичними характеристиками біологічної системи (БС) рослинного походження. За оптимального їх взаємовідношення та за співпадання частоти ЕМП з частотою основних чинників БС відбувається резонансне поглинання енергії поля, що призводить до прискорення біохімічних та фізіологічних процесів цієї системи.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На належному рівні вивчено застосування ядерного магнітного резонансу в різних областях науки: в спектроскопії – для кількісного визначення вмісту певних атомів у речовині, в медицині – для діагностування органів, в квантовій хімії – для визначення констант і т. п. [1-3]. Для стимуляції насіння, росту та розвитку рослин застосування методу ядерного магнітного резонансу вивчено недостатньо.

Застосування методу ядерного магнітного резонансу в технології передпосівної обробки насіння дає можливість більш глибоко зрозуміти механізм впливу магнітного поля на насіння й визначити ефективні режими обробки.

**Мета досліджень** теоретично дослідити процес біоенергетичного резонансу за передпосівного обробітку насіння сільськогосподарських культур та побудувати математичну модель.

**Матеріали та методи дослідження.** Дослідження базуються на основі феноменологічної теорії магнітного резонансу, розробленій Ф. Блохом, заснованій на можливості виділення деяких макроскопічних характеристик системи мікрочастин, які мають зміст середніх значень тих чи інших фізичних параметрів цієї системи.

В нашому випадку об'єктом дослідження є молекула, клітина, орган (зародок насінини). Припустимо деяке спрощення. Насінини має форму сфери з однорідними за об'ємом і постійними протягом певного часу електрофізичними параметрами. Насінину розглядаємо як фізичну точку і це припустимо для технології обробітку протруєного та запакованого в

мішкотару насіння без його розпакування. Насінина має усереднене постійне значення магнітної сприйнятливості, тобто  $\chi = const$ .

В якості макроскопічної характеристики системи середнього значення,  $\Phi$ . Блох запропонував використовувати вектор намагніченості  $\vec{M}$ :

$$\vec{M} = \sum_i \vec{\mu}_i \quad (1)$$

де  $\mu_i$  – магнітний момент основних чинників системи.

Для макроскопічних тіл вектор намагніченості  $\vec{M}$  займає в поздовжньому постійному магнітному полі  $H$  встановлене урівноважене положення. Величина вектора намагніченості в даному випадку визначається за виразом:

$$\vec{M} = \chi \vec{H}, \quad (2)$$

де  $\chi$  – середня магнітна сприйнятливість одиниці об'єму речовини.

У разі накладання поперечного змінного магнітного поля  $H_1$ , за співпадіння частот коливання БС і частоти поля  $H_1$  виникає магнітний резонанс. Тобто за умови:

$$\omega_1 = \omega,$$

де  $\omega_1$  – частота змінного магнітного поля  $H_1$ ;

$\omega$  – частота прецесії вектора намагніченості.

Для даного випадку в загальному вигляді система рівнянь Блоха записується:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dM(t)}{dt} &= \gamma \vec{M}(t) \times \vec{H}_1(t) \\ \frac{dM_z(t)}{dt} &= -\frac{M_z(t) - M_0}{T_1} \\ \frac{dM_{\perp}(t)}{dt} &= \frac{M_{\perp}(t)}{T_2} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

де  $\gamma$  – гіромагнітне відношення вектора намагніченості  $M$  до власного моменту БС;

$H_1$  - поперечне змінне магнітне поле;

$M_z$  - поздовжня компонента вектора намагніченості;

$M_{\perp}$  – поперечна компонента вектора намагніченості;

$T_1$  – час поздовжньої (спін - решіткової) релаксації;

$T_2$  – час поперечної (або спін – спінової) релаксації.

Система диференціальних рівнянь 3 описує поведінку сумарного вектора намагніченості  $M$  та його складових  $M_z$  і  $M_{\perp}$ , які утворилися в результаті накладання поздовжнього постійного магнітного поля  $H$  та дії поперечного змінного магнітного поля  $H_1$ . За допомогою зазначеної системи рівнянь математично описується процес магнітного резонансу даної системи.

Із цієї система диференціальних рівнянь, розглянемо перше:

$$\frac{dM(t)}{dt} = \gamma \vec{M}(t) \times \vec{H}_1(t) .$$

Якщо це рівняння розписати у вигляді рівнянь для окремих компонент вектора  $M$  через визначники, то отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} M_x(t) &= \gamma \begin{vmatrix} M_y(t) & M_z(t) \\ H_y(t) & H_z(t) \end{vmatrix} = \gamma M_y(t) \cdot H_z(t) - M_z(t) \cdot H_y(t) \\ M_y(t) &= \gamma \begin{vmatrix} M_z(t) & M_x(t) \\ H_z(t) & H_x(t) \end{vmatrix} = \gamma M_z(t) \cdot H_x(t) - M_x(t) \cdot H_z(t) \\ M_z(t) &= \gamma \begin{vmatrix} M_x(t) & M_y(t) \\ H_x(t) & H_y(t) \end{vmatrix} = \gamma M_x(t) \cdot H_y(t) - M_y(t) \cdot H_x(t) \end{aligned} \right\} .$$

Якщо ж додати відповідні доданки поздовжньої і поперечної релаксації, отримуємо систему диференціальних рівнянь у наступному вигляді:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dM_x(t)}{dt} &= \gamma M_y(t) \cdot H_z(t) - M_z(t) \cdot H_y(t) - \frac{M_x(t)}{T_2} \\ \frac{dM_y(t)}{dt} &= \gamma M_z(t) \cdot H_x(t) - M_x(t) \cdot H_z(t) - \frac{M_y(t)}{T_2} \\ \frac{dM_z(t)}{dt} &= \gamma M_x(t) \cdot H_y(t) - M_y(t) \cdot H_x(t) - \frac{M_z(t) - M_0}{T_1} \end{aligned} \right\} . \quad (4)$$

Слід зазначити, що рівняння 3 і 4 можна застосувати для проведення теоретичного експерименту з метою визначення складових цієї системи.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Взаємодію вектора намагніченості  $\vec{M}$  із поздовжнім постійним магнітним полем  $H$  та поперечним змінним магнітним полем  $H_1$  можна проаналізувати, відобразивши векторну схему, наведеною на рис. 1.

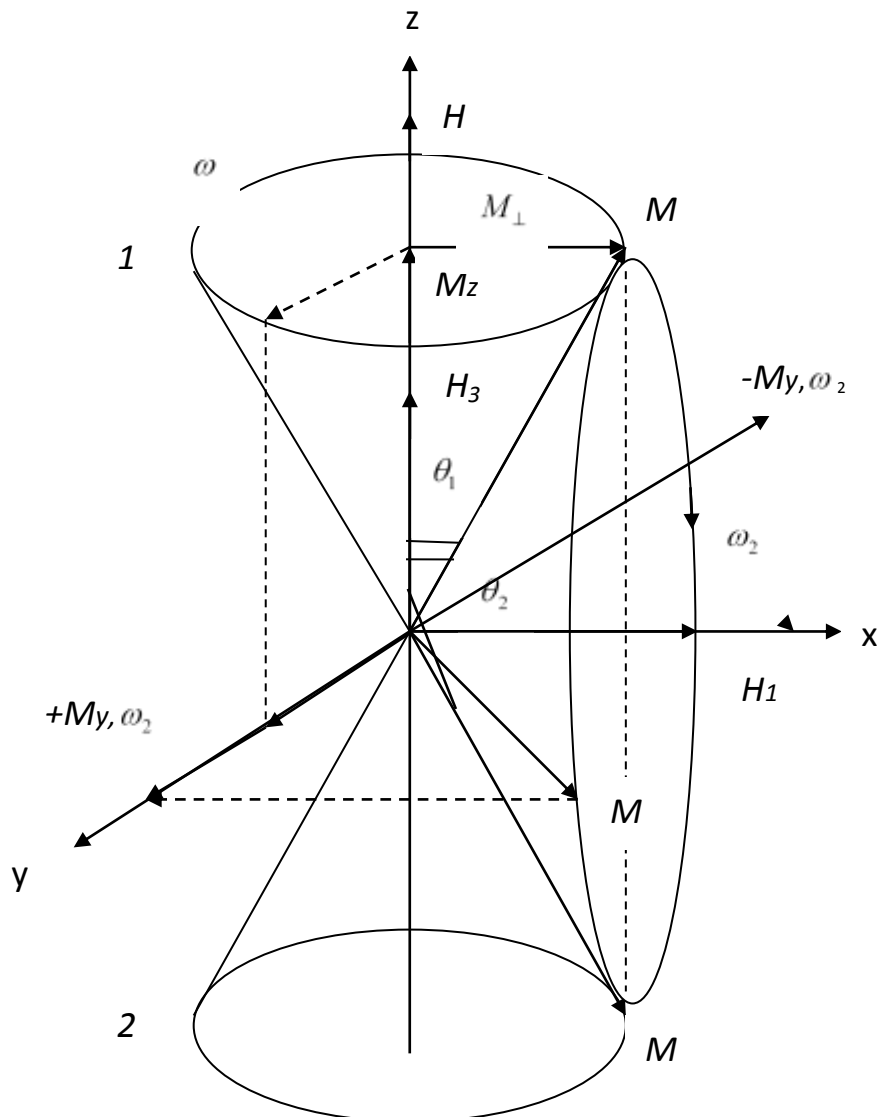
Умовна схема переходу із основного 1 у збуджений 2 стан вектора намагніченості  $\vec{M}$  окремо взятої насінини сільськогосподарської культури наведеною на рис. 2.

Кількісний вміст та магнітні властивості елементів і молекул для клітини рослинного походження наведено у таблиці 1 [1-3].

За виразом 2 та за даними таблиці 2 визначено для системи мікрочастин клітини рослинного походження макроскопічну характеристику, вектор намагніченості  $M = 13,125 \text{ мА/м}$ , за напруженості продольного постійного магнітного поля  $H = 625 \text{ А/м}$ .

У разі накладання поперечного змінного магнітного поля  $H_1$  та співпадіння частоти коливання вектор намагніченості  $M$  із частотою поля

$H_1$  виникає магнітний резонанс. Тобто за  $\omega_1 = \omega$ , де  $\omega_1$  – часта змінного магнітного поля  $H_1$ ,  $\omega$  – частота прецесії вектора намагніченості  $M$ .



**Рис. 1. Взаємодія вектора намагніченості  $M$  із поздовжнім постійним магнітним полем  $H$  та поперечним змінним магнітним полем  $H_1$**

Припустивши, що котушка індуктивності з власним значенням індуктивності  $L_0$  і опором  $R_0$  знаходиться в магнітному полі  $H$  і її обмоткою протікає електричний струм  $I = I_0 \cos \omega t$  від підключеного генератора. Електричний струм  $I$  утворює змінне магнітне поле  $H_1$ , яке перпендикулярне магнітному полю  $H$ . За магнітного резонанса в насінні виникатиме комплексна динамічна магнітна сприйнятливість:

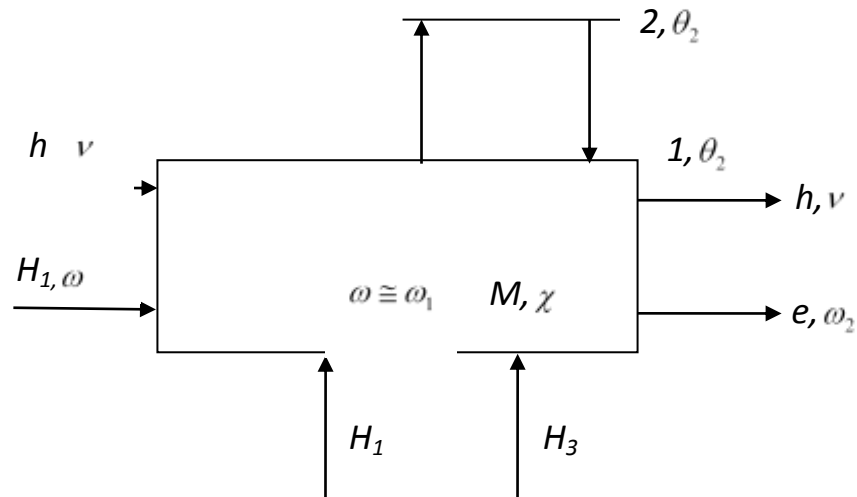


Рис. 2. Умовна схема переходу із основного стану 1 у збуджений (резонансний) стан 2 вектора намагніченості  $M$  окремо взятої насінини

1. Вміст та магнітні властивості елементів і молекул для клітини рослинного походження

% п. п.	Назва	Хімічне позначення	Вміст, %	$\chi$	$M$ , мА/м	Магнітні властивості
1	Кисень	O	65 - 75	$1,7 \cdot 10^{-5}$	10,625	П.
2	Вуглець	C	15 - 18	-		Н.
3	Водень	H	8 - 10	-		Н.
4	Азот	N	1,5 - 3	$1,3 \cdot 10^{-5}$	8,125	П.
5	Вода	H <sub>2</sub> O	12	$-0,9 \cdot 10^{-5}$	-5,625	Д.
6	$\Sigma$	-	-	$2,1 \cdot 10^{-5}$	13,125	П.

$$\chi = \chi' - j\chi'' = \frac{u_0 \cos f(t, t_0) - v_0 \sin f(t, t_0) \exp\left[-\frac{(t-t_0)}{T_2}\right] + |\gamma|H_1 \int_{t_0}^t M_z(t') \exp\left[-\frac{(t-t_0)}{T_2}\right] \sin f(t, t') dt'}{2H_1} + \dots \quad (5)$$

$$+ j \frac{u_0 \sin f(t, t_0) + v_0 \cos f(t, t_0) \exp\left[-\frac{(t-t_0)}{T_2}\right] - |\gamma|H_1 \int_{t_0}^t M_z(t') \exp\left[-\frac{(t-t_0)}{T_2}\right] \cos f(t, t') dt'}{2H_1} = \frac{u}{2H_1} + j \frac{v}{2H_1}$$

Оскільки магнітна проникність насіння становить  $\mu = 1 + \chi$ , можна визначити індуктивність резонатора (вимірювальна комірка, резонатор):

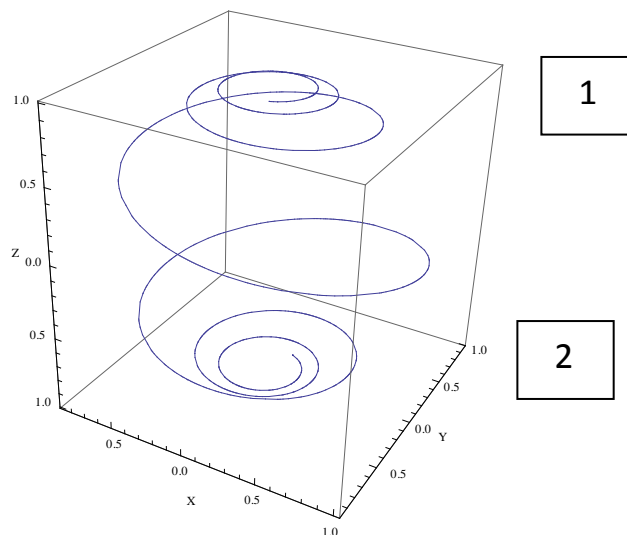
$$L = \left[ \begin{array}{l} u_0 \cos f(t, t_0) - v_0 \sin f(t, t_0) \bar{\exp}\left[-\frac{(t-t_0)}{T_2}\right] + \\ + |\gamma| H_1 \int_{t_0}^t M_z(t') \exp\left[-\frac{(t-t')}{T_2}\right] \sin f(t, t') dt' \\ 1 + \left( \frac{\quad}{2H_1} \right) - \\ u_0 \sin f(t, t_0) + v_0 \cos f(t, t_0) \bar{\exp}\left[-\frac{(t-t_0)}{T_2}\right] - \\ - |\gamma| H_1 \int_{t_0}^t M_z(t') \exp\left[-\frac{(t-t')}{T_2}\right] \cos f(t, t') dt' \\ - j \left( \frac{\quad}{2H_1} \right) \end{array} \right] L_0 . \quad (6)$$

Або

$$L = \mu L_0 = 1 + (\chi' - j\chi'') \bar{L}_0 = \left[ 1 + \left( \frac{u}{2H_1} - j \frac{v}{2H_1} \right) \right] L_0 . \quad (7)$$

У разі проведення досліду за  $H = const$ , інтенсивність сигналу резонансного поглинання енергії поля буде пропорційне лише полю  $H_1$ .

В резонансному режимі траєкторію у вигляді спіралі на поверхні сфери буде описувати вектор поздовжньої намагніченості за переходу із основного стану 1 у збуджений 2 (резонансний), що і зображено на рис. 3.



**Рис. 3. Траєкторія, яку описує вектор поздовжньої намагніченості на поверхні шару за переходу із основного стану 1 у збуджений 2 (резонансний)**

**Висновки і перспективи.** Підсумовуючи результати теоретичних досліджень можна констатувати, що процес біоенергетичного резонансу за дослідження насіння сільськогосподарських культур необхідно описувати із врахуванням напруженості магнітного поля Землі.

Індуктор, який створює постійне магнітне поле у досліджуваному зразку, необхідно розмістити в просторі таким чином, щоб його вектор напруженості співпав з напрямом вектора напруженості магнітного поля Землі.

Резонатор виготовляється у вигляді котушки індуктивності із індуктивністю, визначеною за виразом 7.

### **Список використаних джерел**

1. Гюнтер, Х. Введение в курс спектроскопии ЯМР / Х. Гюнтер / пер. с англ. М.: Мир, 1984. 478 с.
2. Чижик, В. И. Квантовая радиофизика. Магнитный резонанс и его приложения / В. И. Чижик. СПб: Изд-во С-Петербур. ун-та, 2009. 700 с.
3. Аминова, Р. М. Квантовохимические методы вычисления констант ядерного магнитного экранирования / Р. М. Аминова // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 2002. № 6. С. 11.

### **References**

1. Gyunter, K. H. (1984). Vvedeniye v kurs spektroskopii YAMR [Introduction to the course of NMR spectroscopy]. Moskow, Mir, 478.
2. Chizhik, V. I. (2009). Kvantovaya radiofizika. Magnitnyy rezonans i ego prilozheniya [Quantum Radiophysics. Magnetic resonance and its applications]. Izd-vo S-Peterb. un-ta, 700.
3. Aminova, R. M. (2002). Kvantovokhimicheskiye metody vychisleniya konstant yadernogo magnitnogo ekranirovaniya [Quantum-chemical methods for calculating nuclear magnetic shielding constants]. Khimiya i komp'yuternoye modelirovaniye. Butlerovskiye soobshcheniya, 6, 11.

## **МОДЕЛЬ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА ПРИ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

**А. Г. Кушниренко**

**Аннотация.** *Исследования посвящены изучению поведения обобщающего вектора намагниченности в семенах сельскохозяйственных культур при воздействии на него продольным постоянным и поперечным переменным магнитными полями по методике ядерного магнитного резонанса.*

*На основе проведенных теоретических исследований определена величина средней магнитной восприимчивости единицы объема семян  $\chi$  и величины вектора намагниченности. Построена математическая модель для биологической системы с учетом магнитного поля Земли. Установлено, что для технологии предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур, индуктор, который образует постоянное магнитное поле, необходимо расположить таким образом, чтобы вектор напряженности постоянного магнитного поля индуктора совпал с вектором напряженности магнитного поля Земли.*



**Ключевые слова:** *биоэнергетический резонанс, предпосевную обработку семян сельскохозяйственных культур, постоянное магнитное поле, переменное магнитное поле, продольная и поперечная релаксации*

## **MODEL BIOENERGETIC RESONANCE AT PREPLANTING SOIL SEED CROPS**

**A. G. Kushnirenko**

**Abstract:** *Research dedicated studied the behavior of magnetization vector synthesis in seed crops by the action of his regular longitudinal and transverse alternating magnetic fields for nuclear magnetic resonance technique.*

*On the basis of theoretical studies determined the average value of the magnetic susceptibility  $\chi$  seeds per unit volume and the value of the magnetization vector. A mathematical model for biological systems, taking into account the Earth's magnetic field. Established that the technology for preplant soil seed crops, inductor, which forms a permanent magnetic field should be placed so that the vector of the constant magnetic field vector coincided with the inductor magnetic field of the Earth.*

**Keywords:** *bioenergetic resonance, pre-seed crop cultivation, constant magnetic field, alternating magnetic field, the longitudinal and transverse relaxation*

УДК 004.021:664.1

## **УПРАВЛІННЯ ДІЛЯНКОЮ ПЕРШОЇ САТУРАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ТЕНЗОРНОГО АНАЛІЗУ**

**В. М. СІДЛЕЦЬКИЙ**, кандидат технічних наук, доцент

**Є. О. КАДУРА**, студент\*

*Національний університет харчових технологій*

*E-mail: vmsidletskiy@gmail.com*

**Анотація.** *Складність задачі управління подачею вапнякового молока та сатураційного газу на ділянку апаратів першої сатурації з'являється вже на етапі формування підходу до регулювання, крім цього, додатково потрібно врахувати множину можливих варіантів підтримання співвідношення. Це пояснює необхідність застосування моделей за формування управляючих діянь, а також перевірку уже сформованих діянь. При цьому модель повинна передбачати можли-*

---

\* Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент В.М. Сідлецький

© В. М. Сідлецький, Є. О. Кадура, 2017