



УКРАЇНА

(19) UA (11) 50362 (13) A

(51) 6 G06G7/60, G06G7/48

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту**(54) ПАЗОННИЙ СПОСІБ МОДЕЛЮВАННЯ АТОМАРНИХ З'ЄДНАНЬ В МОЛЕКУЛАХ АДЕНОЗИНТРИФОСФАТНОЇ КИСЛОТИ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ**

1

2

(21) 2001129109

(22) 27 12 2001

(24) 15 10 2002

(46) 15 10 2002, Бюл. № 10, 2002р

(72) Бондаренко Михайло Федорович, Цібунський Андрій Анатолійович, Чередніков Павло Ілліч

(73) ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

(57) 1 Пазонний спосіб моделювання атомарних з'єднань в молекулах аденозинтрифосфатної кислоти (АТФ), що включає побудову моделі досліджуваного явища і параметричної зонної (пазонної) системи, встановлення між ними системи електроквантової аналогії, у якій потенціалу, хвилястий функції, швидкості електрона, швидкості світла, дозволенням і забороненим рівням енергії відповідають напруга, струм, частота резонансного контуру, частота поля накачування, хитливі і стійкі зони пазонної системи, збуджують пазонну систему зміною енергії поля накачування в межах критичних значень узагальнених координат і параметрів енергоємного елемента і спостерігають еволюцію процесу в пазонній системі, який **відрізняється** тим, що вводять структурну хімічну формулу молекули АТФ, механічну схему заміщення системи молекул аденозиндифосфорної кислоти (АДФ) і фосфатного залишку (механічний принцип дії) із пружними дисипативними зв'язками, складають по механічній схемі заміщення еквівалентну електричну схему з розподіленими параметрами системи «молекула-зв'язок-молекула», складають по електричній схемі з розподіленими параметрами електричну пазонну схему з розподіленими параметрами, перетворюють електричну пазонну

схему з розподіленими параметрами в електричну пазонну схему з зосередженими параметрами, складають математичні моделі для еквівалентних механічної й електричних систем із розподіленими і зосередженими параметрами, визначають масштабні коефіцієнти і критерії подоби для останніх, здійснюють інтегральну модуляцію енергоємних параметрів елементів моделі, забезпечують умови резонансу в параметричних зонних системах шляхом зміни інтенсивності і частоти поля накачування

2 Пристрій для пазонного моделювання атомарних з'єднань в молекулах аденозинтрифосфатної кислоти, що містить два магнітних сердечники з обмотками накачування, підключеними до генератора накачування і джерела зміщення, резонансні обмотки і підключені до них конденсатор і резистор, який **відрізняється** тим, що введені три блоки керування, три блоки накачування, три блоки зміщення, блок зв'язку, чотири блоки моделювання міжрівневих переходів, причому виходи першого блока керування, першого блока зміщення і першого блока накачування підключені до входів першого і другого блоків моделювання міжрівневих переходів, виходи яких з'єднані з входами блока зв'язку, до входів котрого також під'єднані виходи другого блока керування, другого блока зміщення і другого блока накачування, вихід блока зв'язку з'єднаний із входами третього і четвертого блоків моделювання міжрівневих переходів, до входів котрих також підключені виходи третього блока накачування, третього блока зміщення і третього блока керування

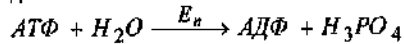
Винахід відноситься до біоніки і призначений для дослідження біоенергетичних реакцій в атомарних з'єднаннях молекул АТФ при відщипленні кінцевих фосфатних груп методом пазонного аналогового моделювання, а також застосування в керуючих, інтелектуальних системах і в навчальному процесі

Відома модель обміну речовин у мікроорганіз-

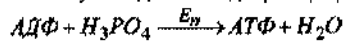
мі (Чурбанов И. Н. Микробиология. Учеб. для вузов по спец. «Рациональн. использ. воды, ресурсов и очистка пром. стоков» - М. Высш. шк., 1987 - 239с. С. 57 - 59), що включає шляхи метаболізму через клітинну стінку і цитоплазматичну мембрану. Модель відтворює сукупність біохімічних реакцій, засвоєння живильних речовин і створення структурних елементів клітини, здійснюваної за рахунок

(13) A  
50362  
(11)  
UA  
(19)

анаболізму, а також процес одержання енергії, необхідної для біосинтезу та інших клітинних функцій, здійснюваний за рахунок катаболізму. Кожна речовина має визначений запас потенційної енергії. Головний матеріальний носій її - хімічні зв'язки, розрив або перетворення яких призводить до звільнення енергії. Хімічні зв'язки з енергетичним рівнем порядку 8 - 10 кДж є нормальними, а рівнем 25 - 40 кДж - макроергичними. Процеси катаболізму в клітині відбуваються за рахунок молекул аденозинтрифосфатної кислоти (АТФ). Гідроліз макроергичних зв'язків у молекулах АТФ призводить до звільнення значної кількості вільної енергії.



При цьому АТФ відіграє роль постачальника енергії, оскільки гідроліз протікає за участю специфічних ферментів, забезпечуючи енергією біохімічні процеси, що йдуть із її поглинанням. Запас АТФ у клітинах безупинно відновлюється за рахунок реакцій приєднання фосфатного залишку до молекули аденозиндифосфорної кислоти (АДФ).



Синтез АТФ, як і гідроліз, відбувається при участі ферментів, але супроводжується потіканням енергії. При цьому використовується енергія світла або енергія хімічних реакцій із перетворенням в енергію хімічних зв'язків АТФ. Таким чином, АТФ виконує в клітині роль перетворювача, що регулює процеси порушення клітини і генерації потенціалу дії.

Відома математична модель для розрахунку форми і швидкості поширення потенціалу дії по обмірюваних параметрах нервової клітини (Скотт Э. Волны в активных и нелинейных средах в приложении к электронике. Нью-Йорк, 1970. Пер с англ. Под ред. Л.А. Островского, М.И. Рабиновича. - М.: Сов. радио. - 368 с., С. 141 - 143, 290, 314, мал. 4.11а), що включає рівняння першого порядку, що адекватно описують біоелектричні явища в клітині:

$$\begin{aligned} \partial v / \partial x &= -r_s i, \\ \partial i / \partial x + c(\partial v / \partial t) &= -j_i(v, n, m, h), \\ \partial n / \partial t &= -[n - n_0(v)] - \tau_n(v), \\ \partial m / \partial t &= -[m - m_0(v)] - \tau_m(v), \\ \partial h / \partial t &= -[h - h_0(v)] - \tau_h(v), \end{aligned}$$

де  $r_s$  - сумарний розмір внутрішнього і зовнішнього імпеданса,  $i$  - струм на мембрані,  $c$  - постійна ємність, що шунтує,  $v$  - швидкість поширення хвилі,  $j_i(v, n, m, h)$  - іонний струм на одиницю довжини мембрани,  $n, m, h$  - феноменологічні перемінні,  $n_0, m_0, h_0$  - перемінні релаксації,  $\tau_n, \tau_m, \tau_h$  - постійні часу релаксації.

Для аналітичного опису поширення фронту потенціалу дії, що переводить мембранний потенціал від рівноважного значення приблизно до дифузійного потенціалу натрію, при цьому швидкість фронту визначається швидкістю поширення всього потенціалу дії, переходять до основного рівняння поширення порушення в нерві:

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - rc \frac{\partial v}{\partial t} - rj(v) = 0,$$

де  $x, t$  - незалежні перемінні,  $j(v)$  - струм через провідність мембрани,  $r$  - постійний послідовний

опір на одиницю довжини мембрани.

Дане рівняння, після  $(\xi, \tau)$  - перетворення і з урахуванням того, що воно є сумою рішення у виді стаціонарної хвилі і малого обурення  $v_p(\xi, \tau)$ , запишеться таким чином:

$$\frac{\partial^2 v_p}{\partial \xi^2} - rc \frac{\partial v_p}{\partial \tau} + rc \frac{\partial v_p}{\partial \xi} - rg(v_0)v_p = 0 \quad (1)$$

У загальному випадку рішенням рівняння (1) є безкінечна сума:

$$v_p = \sum_{i=1}^{\infty} e^{-\sigma_i \tau} v_i(\xi),$$

де  $v_i$  є власними функціями рівняння (1) і рішеннями диференційного рівняння:

$$\frac{\partial^2 v_i}{\partial \xi^2} + rcu \frac{\partial v_i}{\partial \xi} + rc[\sigma_i - \frac{g(v_0)}{c}]v_i = 0, \quad (2)$$

із відповідними власними значеннями  $\sigma_i$ . Вводяться нові власні функції  $\varphi_i$ :

$$v_i = \varphi_i(\xi) \exp\left(-\frac{rcu}{2}\xi\right)$$

Рівняння (2) приводиться до виду:

$$\frac{d^2 \varphi_i}{d\xi^2} + [rcu \varphi_i - \left(\frac{rcu}{2}\right)^2 - rg(v_0)]\varphi_i = 0 \quad (3)$$

Даний вираз має вид одномірного рівняння Шредингера з «енергією», рівної  $rcu$ , і «потенціалом», рівним  $[(rcu/2)^2 + rg(v_0)]$ . Потенційна функція має форму «ями». Достатня умова усталеності складається в додатності всіх  $\sigma_i$ . Стаціонарна хвиля в лінії стійка щодо будь-яких обурень, за винятком зсуву по  $\xi$ , причому ці зрушення обурення нарощуються і загасають не експоненційно.

Недоліками відомих засобів математичного моделювання є низька достовірність моделювання біологічних процесів, такі підходи не дозволяють аналогового моделювання біопроцесів на рівні метаболізму в молекулах АТФ, оскільки відсутня система аналогій оригіналу і моделі, не визначені відповідні критерії подоби.

Найбільш близьким до заявленого технічного рішення є спосіб моделювання еволюції квантової системи (патент СРСР № 1776354, опубл. 15.11.92р. Бюл. № 42), що включає побудову моделі досліджуваного явища і параметричної зонної (пазонної) системи, встановлення між ними системи електроквантової аналогії, у якій потенціалу, хвилястої функції, швидкості електрона, швидкості світла, дозволенням і забороненням рівням енергії відповідають напруга, струм, частота резонансного контуру, частота поля накачування, хитливі і стійкі зони пазонної системи, збуджують пазонну систему зміною енергії поля накачування в межах критичних значень узагальнених координат і параметрів енергоємного елемента і спостерігають еволюцію процесу в пазонній системі.

При моделюванні еволюції процесів у квантовій системі постулюється, що прямування електронів по орбітах є не що інше, як електричний струм орбітальних резонансних контурів. Взаємодія ядер атомів з електронами обумовлена потенційною енергією  $V(x)$ , що пред'являють у виді періодичних прямокутних імпульсів «ям». Прийнято вважати, що ядро знаходиться в центрі «ями». Тоді, висота бар'єра -  $h$  (глибина «ями») визначається амплітудою потенційної енергії -  $V_0$ , ширина бар'єра -

ра  $\delta$  і "ями" -  $\alpha$  пропорційні відповідно постійної штахету кристала -  $\Lambda$  і довжині хвилі -  $\lambda_0$  ( $\alpha = 2\lambda_0$ ,  $\delta = \Lambda - 2\lambda_0$ ). При цьому ядро атома пред'являють відповідним генератором накачування, а електрони відповідними резонансними контурами (навантаженнями ядра). Модель атома пред'являють у виді набору магнітних сердечників із відповідними обмотками  $w_1$ ,  $w_2$ , зашунтованих RC-ланцюжками (обмотка  $w_2$ ) і з генератором накачування (обмотка  $w_1$ ).

Недоліком даного способу є те, що спосіб не дозволяє достатньо вільно відтворювати взаємодію молекул у біосистемах, оскільки не введена математична модель метаболізму, не враховується обертання міжтомних зв'язків і не введені відповідні критерії подоби.

В основу винаходу поставлена задача теоретично обґрунтувати і побудувати пазонну (PZ) математичну модель атомарних з'єднань у молекулах АТФ, розробити принцип пазонного моделювання метаболізму при відщипленні фосфатного залишку від АТФ і уточнити механізм процесів, що відбуваються в молекулах АТФ при відщипленні кінцевих фосфатних груп, увести систему біологічної квантової (біоквантової) аналогії, підвищити інформативність і достовірність результатів досліджень.

Такий технічний результат досягається тим, що пазонний спосіб моделювання атомарних з'єднань в молекулах АТФ, що включає побудову моделі досліджуваного явища і параметричної зонної (пазонної) системи, встановлення між ними системи електроквантової аналогії, у якій потенціалу, хвилястої функції, швидкості електрона, швидкості світла, дозволення і забороненим рівням енергії відповідають напругу, струм, частота резонансного контуру, частота поля накачування, хитливі і стійкі зони пазонної системи, збуджують пазонну систему зміною енергії поля накачування в межах критичних значень узагальнених координат і параметрів енергоємного елемента і спостерігають еволюцію процесу в пазонній системі, відповідно винаходу вводять структурну хімічну формулу молекули АТФ, механічну схему заміщення системи молекул АДФ і фосфатного залишку (механічний принцип дії) із пружними дисипативними зв'язками, складають по механічній схемі заміщення еквівалентну електричну схему з розподіленими параметрами системи «молекула-зв'язок-молекула», складають по електричній схемі з розподіленими параметрами електричну пазонну схему з розподіленими параметрами, перетворюють електричну пазонну схему з розподіленими параметрами в електричну пазонну схему з зосередженими параметрами, складають математичні моделі для еквівалентних механічної й електричних систем із розподіленими і зосередженими параметрами, визначають масштабні коефіцієнти і критерії подоби для останніх, здійснюють інтегральну модуляцію енергоємних параметрів елементів моделі, забезпечують умови резонансу в параметричних зонних системах шляхом зміни інтенсивності і частоти поля накачування.

Відомий пристрій для моделювання розподілу потоків енергії в екологічних і біологічних системах (А с СРСР № 945874, опубл. 23.07.82р. Бюл. №

27), що містить чотири блоки вираховування, чотири блоки випрямлення, два підсилювача, причому вихід першого блоку випрямлення через перший підсилювач з'єднаний з першим входом першого блоку вираховування, вихід якого через другий блок випрямлення підключений до перших входів другого, третього і четвертого блоків вираховування, другий вхід першого блоку вираховування з'єднаний з другим входом другого блоку вираховування, вихід якого є першим виходом пристрою, вихід третього блоку випрямлення через другий підсилювач підключений до другого входу третього блоку вираховування, вихід якого через четвертий блок випрямлення з'єднаний із другим входом четвертого блоку вираховування, вихід якого є другим виходом пристрою, вихід четвертого блоку випрямлення є третім виходом пристрою.

Відомий пристрій індукції росту, розподілу і малигізації клітини (Механизмы живой клетки алгоритмическая модель / С. Н. Гринченко, С. Л. Загускин - Г. Наука, 1989 - 232с, С. 115 - 124), що містить сімнадцять входів, два регульованих підсилювача, один підсилювач, два блоки вираховування, два тригерних блоки, дві інерційні ланки з регульованою постійною часу, дві інерційні ланки, релейний блок, блок регульованої затримки, два виходи, причому чотири входи сполучені з входами другого функціонального блока, два входи з'єднані з входом першого регульованого підсилювача, вихід якого підключений до входу першого блока вираховування, три входи з'єднані з входами першого функціонального блока, вихід якого підключений до другого входу блока вираховування, два входи сполучені з входами третього функціонального блока, вихід якого підключений до входу другого блока вираховування, один вхід з'єднаний із входом четвертого функціонального блока, вихід якого підключений до входу третьої інерційної ланки, три входи підключені до входів п'ятого функціонального блока, вихід якого з'єднаний із входом другого регульованого підсилювача, один вхід з'єднаний із входом регульованого інтегратора, виходи пристрою з'єднані з виходами першого і другого інерційної ланки і входом релейного блоку, вихід якого підключений до входів регульованого інтегратора і четвертої інерційної ланки, вихід четвертої інерційної ланки з входом підсилювача, вихід якого з'єднаний із входом блока регульованої затримки, вихід блока регульованої затримки підключений до входу другого блока вираховування, вихід другого блока вираховування з'єднаний із виходом другого тригерного блоку, вхід першого тригерного блока з'єднаний із виходом першого блоку вираховування.

Недоліками відомих пристроїв моделювання розподілу потоків енергії в екологічних і біологічних системах та індукції росту, розподілу і малигізації клітини є обмежені функціональні можливості при моделюванні обертання мікрочастинок в органічному середовищі (біологічній клітині), оскільки пристрої моделюють загальнообмінні енергетичні процеси в системі, крім енергетичних процесів безпосередньо в клітині.

Найбільш близьким технічним рішенням по призначенню і сукупності важливих ознак є пристрій для моделювання стану мікрочастинки в си-

ловому полі (А с СРСР № 1457657, опубл 07 02 89р, Бюл № 5), що містить два магнітних сердечники з обмотками накачування, підключеними до генератора накачування і джерелу зміщення, резонансні обмотки і підключені до них конденсатор і резистор

Недоліками відомого пристрою є низька інформативність одержуваних результатів моделювання, обмежені функціональні можливості при моделюванні коливальних процесів у біологічній частині, оскільки пристрій моделює міжрівневі переходи мікрочастинок

Розвиток і впровадження нового напрямку в біокібернетиці, пов'язаного з розробкою високо-ефективних лінійних, нелінійних, і нелінійно-параметричних електричних моделей біологічних оригіналів ґалується в силу того, що зараз відсутні як теоретичні й експериментальні дослідження, так і інженерні методи проектування таких моделей Запропоноване технічне рішення є актуальною задачею, що має важливе значення для створення нового напрямку моделювання квантових процесів у біологічних середовищах на основі механізму параметричних зонних взаємодій коливальної системи з полем накачування

В основу винаходу поставлена задача розширити функціональні можливості методів і засобів моделювання енергетичних процесів у біологічних моделях на мікро- і макрорівнях, підвищити достовірність і інформативність одержуваних результатів досліджень

Такий технічний результат досягається тим, що пристрій для пазонного моделювання атомарних зв'язань в молекулах АТФ, що містить два магнітних сердечники з обмотками накачування, підключеними до генератора накачування і джерелу зміщення, резонансні обмотки і підключені до них конденсатор і резистор, відповідно винаходу, введені три блоки керування, три блоки накачування, три блоки зміщення, блок зв'язку, чотири блоки моделювання міжрівневих переходів, причому виходи першого блока керування, першого блока зміщення і першого блока накачування підключені до входів першого і другого блоків моделювання міжрівневих переходів, виходи яких зв'язані з входами блока зв'язку, до входів котрого також під'єднані виходи другого блока керування, другого блока зміщення і другого блока накачування, вихід блока зв'язку зв'язаний із входами третього і четвертого блоків моделювання міжрівневих переходів, до входів котрих також підключені виходи третього блока накачування, третього блока зміщення і третього блока керування

Сутність запропонованого винаходу пояснюється кресленнями на фіг 1 приведені моделі, використанні при моделюванні атомарних зв'язань в молекулах АТФ - структурна хімічна формула молекули АТФ (фіг 1а), механічна схема заміщення принципу дії системи «молекула-зв'язок-молекула» (фіг 1б), виділена в хімічній формулі молекули АТФ штриховим контуром, еквівалентна електрична схема з розподіленими параметрами системи «молекула-зв'язок-молекула» (фіг 1в), що моделює ділянку, виділену у механічній схемі заміщення штриховим контуром, на фіг 2 приведені електрична пазонна схема з розподіленими пара-

метрами системи «молекула-зв'язок-молекула» (фіг 2а), електрична пазонна схема з зосередженими параметрами системи «молекула-зв'язок-молекула», на фіг 3 приведена крива  $\text{sh}(x/2)\text{ch}(y/2)$ , на фіг 4 приведена електрична пазонна структура системи «молекула-зв'язок-молекула»

Пазонний спосіб моделювання атомарних зв'язань в молекулах АТФ складається в такому Відомо, що молекула АТФ займає центральне місце в енергетичному обміні клітини Макроергичні зв'язки в молекулах АТФ дуже неміцні Гідроліз цих зв'язків призводить до звільнення визначеної кількості вільної енергії (порядку 30 кДж), що витрачається на підтримку різноманітних процесів життєдіяльності, наприклад, регуляції сили скорочення серцевого м'яза креатиніном [Конюшная Ю П Открытия советских ученых Ч 2 Химико-технологические и биологические науки - 3-е изд, доп - М Изд-во Моск ун-та, 1988 - 232с, С 112] Запас молекул АТФ у клітинах безупинно відновлюється за рахунок синтезу залишку фосфорної кислоти (фосфатний залишок)  $\text{H}_3\text{PO}_4$  і молекул АДФ [див цитов літ Чурбанов И Н Микробиология, С 59] Таким чином, гідроліз і синтез молекул АТФ, що йдуть при участі ферментів, супроводжуються виділенням і поглинанням енергії відповідно, тобто молекула АТФ утворюється в процесах проміжного метаболізму [Сент-Дьердьи А Введение в субмолекулярную биологию Серия «Современные проблемы физики» Пер с англ Л А Тумермана - М Изд-во «Наука», 1964 - 139с, С 34] Слід зазначити, що процес утворення молекул АТФ сполучений із переносом електронів у ході окисно-відбудовних реакцій енергетичного обміну при окисному фосфолюванні в мітохондріях [див цитир літ Чурбанов И Н Микробиология, С 66] Окислювання здійснюється шляхом дегідрювання органічної сполуки ферментами, що каталізують, (дегідрогенази) або коферментами [див цитов літ Чурбанов И Н Микробиология, С 50]

Процес гідроліза молекул АТФ на електронному рівні протікає в такий засіб (див фіг 1а) Молекула АТФ містить молекули АДФ і фосфатний залишок [див цитов літ Чурбанов И Н Микробиология, С 58], причому, молекула АДФ складається з молекул аденіна, рібози (пентози) і двох фосфатних залишків Фосфатний ланцюг і аденін пов'язані один з одним пентозою таким чином, що перша може укладатися і приймати конфігурацію, при котрій дві кінцеві фосфатні групи знаходяться в безпосередній близькості від двох атомів азоту групи  $\text{NH}_2$  Фосфати накладаються на аденін так, що їхні площини даються рівнобіжними площини аденіна Аденін є добрим донором, а атом фосфору має незаповнені d - орбіти, що може зробити його акцептором [див цитов літ Сент-Дьердьи А Введение в субмолекулярную, С 109] Таким чином, в АТФ електрон передається до фосфату від аденіна, цей електрон може відбуватися або від  $\pi$  - електронів аденіна, або з не розділеної пари одного атома N групи  $\text{NH}_2$ , який є добрим донором [див цитов літ Сент-Дьердьи А Введение в субмолекулярную, С 86] Електрон, перенесений на атом фосфору в процесі переносу заряду, перетворює відштовхування в тяжіння, що сприяє

подальшому синтезу  $\text{АДФ} \rightarrow \text{АТФ}$ . Порожнє місце в аденіні заповнюється електроном з окисного циклу, при цьому електрон, переданий фосфатному ланцюгу, звільняється від електростатичного зв'язку [див цитов лт Сент-Дьєрдьї А Введение в субмолекулярную , С 111]. Аденін стає добрим акцептором, а фосфат - донором. Слід зазначити, що в ланцюзі актин - фосфат (макроергичний зв'язок) запасена біля 10 ккал енергії, що розриває її без витрат енергії. Перехід електрона від однієї молекули до іншої, за рахунок перекриття донорних і акцепторних орбіт при тісному контакті між молекулами, сумірний з утворенням комплексу  $\pi$ -електронів [Несынов Е П Живое глазами химика - К Изд -во «Наукова думка», 1981 - 150с , С 62], можна також зв'язати з достатньо високим осмотичним тиском у середині клітини, що викликає визначну напругу за рахунок притоку води [див цитов лт Сент-Дьєрдьї А Введение в субмолекулярную , С 65]. Вода має велику конкурентну спроможність утворювати водневі зв'язки (Н - зв'язок) із речовинами, що знаходились у ній, (вуглеводи, жири, білки, ферменти й ін.), що у свою чергу, спроможні утворювати внутрімолекулярні і міжмолекулярні Н - зв'язки [див цитов лт Несынов Е П Живое , С 71]. Полярні молекули води з їх різко вираженим дипольним характером, сильно залучають стерпні електрони, що знижує електростатичне тяжіння між взаємодіючими молекулами. Це призводить до поділу останніх, причому кожна з них буде мати неспарений електрон і буде являти собою «вільний радикал». Поки ці дві молекули знаходяться дуже близько друг від друга, стерпний електрон може також резонувати між ними, і його резонансна енергія внесе частину в баланс сил [див цитов лт Сент-Дьєрдьї А Введение в субмолекулярную , С 40]. Проте, у мітохондріях процес окисного фосфолювання протікає в безводному, ліпідному матриксі [див цитов лт Сент-Дьєрдьї А Введение в субмолекулярную , С 92]. Тому, основний внесок у перенос електрона вносить взаємне перекриття електронних орбіт донора (аденіні) і акцептора (фосфат). Після розірвання макроергичного зв'язку аденін відновлюється ферментом міозина, а фосфат окислюється ферментом актина. У результаті, міозин і актин перетворюють хімічну енергію в механічну енергію, наприклад, в енергію м'язового скорочення [див цитов лт Сент-Дьєрдьї А Введение в субмолекулярную , С 85]. Так закінчується цикл відщиплення фосфатних залишків від АДФ, із послідовною каталізацією переносу залишків фосфорної кислоти ферментом фосфоферирази [див цитов лт Чурбанов И Н Микробиология , С 52].

Процес утворення макроергичних зв'язків у молекулах АТФ складніше [див цитов лт Сент-Дьєрдьї А Введение в субмолекулярную , С 28]. Атоми водню вуглеводів відновлюють ДПН<sup>+</sup> (дифосфопіридиннуклеотид) до ДПН-Н, що у свою чергу відновлюють ФМН до ФМН-Н<sub>2</sub>. Проте, це відновлення неотожнюється з атомами Н в ДПН-Н. Тому ФМН відновлюють не атом Н, а електрони, атоми Н в ФМН-Н<sub>2</sub> отримані від універсального розчинника - води, від молекул котрої негативно заряджені молекули ФМН відбирають протони. Для відновлення ДПН<sup>+</sup> до ДПН-Н потріб-

но один атом Н і один електрон. Ця молекула, отже, легко приєднує (і легко віддає) як атоми Н, так і електрони. Далі атоми Н живильних речовин обмінюються на електрони, що направляються потім в окисний ланцюг через ФМН. Від ФМН електрони передаються іншим речовинам, наприклад у цитохромну систему b, c, і a. У кінцевому рахунку електрони захоплюються молекулами O<sub>2</sub>, що потім зв'язують іони Н і відновляються в такий засіб до води. У воді електрони, що віддають порціями свою енергію, досягають нижчого енергетичного рівня. Віддана енергія перетворюється з деякими втратами в енергію макроергичних зв'язків молекул АТФ. Таким чином, при спуску з вищого рівня на нижчий електрони порціями віддають енергію. Залишкові елементи такого східчастого окислювання - молекули АТФ, ДПН-Н (або ТПН-Н) [див цитов лт Сент-Дьєрдьї А Введение в субмолекулярную , С 74]. Молекули ФМН-Н<sub>2</sub> є винайково гарними донорами і легко окислюються, молекули ФМН - гарні донори й акцептори [див цитов лт Сент-Дьєрдьї А Введение в субмолекулярную , С 58]. Цитохромна система містить жезлопорфіринові простетичні групи, спроможні переносити електрони від молекул ФАД-Н<sub>2</sub> (флавінадениндинуклеотид) до молекулярного O<sub>2</sub> за рахунок оборотної зміни валентності атома заліза [див цитов лт Чурбанов И Н Микробиология , С 51, мал 55]. Метастабільний стан підтримується тим, що клітина одержує енергію безпосередньо від відновлених молекул ДПН-Н (ТПН-Н) [див цитов лт Несынов Е П Живое , С 61]. Загальна сумарна енергія, що виділяється електроном при спуску по ланцюзі ДПН-Н  $\rightarrow$  O<sub>2</sub>, складає біля 25 ккал. З них біля 10 ккал запасується в макроергичному зв'язку при синтезі АДФ  $\rightarrow$  АТФ.

Для моделювання становить інтерес обертання макроергичних зв'язків молекул АТФ (розрив і регенерація). Цей зв'язок, по своїй природі, хиткий і має пружнодисипативні властивості, що сприяють накладенню рівнобіжних площин молекули аденіні і фосфату з утворенням  $\pi$ -комплексів електронів. При цьому електромагнітний зв'язок, що утвориться, між молекулами створює можливість переносу енергії, а напівпровідність - переносу електронів [див цитов лт Сент-Дьєрдьї А Введение в субмолекулярную , С 58]. Заповнені енергетичні смуги в  $\pi$ -комплексах, перетворюються в смуги провідності, надаючи свої електрони зовнішньому акцептору, становлячи при цьому ненасиченими і головними. Незайнята електронна смуга може стати смугою провідності в результаті захоплення електронів від зовнішнього донора. Таким чином, захоплені і (або) віддані електрони можуть дати біосистемі можливість здійснювати свою функцію за допомогою механізму напівпровідності.

Уявимо структурну хімічну формулу молекули АТФ, окремо, ділянку з'єднання молекул АДФ і одного фосфатного залишку, механічною схемою заміщення системи «молекула-зв'язок-молекула» (М-С-М), приведену на фіг 1б. Таким чином, надана схема є механічним принципом дії системи М-С-М, подана масою, податливістю (жорсткістю) і втратами. Відповідно маси  $m_1$  і  $m_2$  еквівалентні маси молекул АДФ і фосфатного залишку, подат-

ливисть (жорсткість) пружних зв'язків - макроергичному зв'язку, утрати - провідності в  $\pi$ -комплексі в оточенні полярних молекул води, що знижують електростатичне тяжіння між взаємодіючими молекулами. Знаючи масу  $m_i$  і швидкість прямування  $v_i$  відповідної молекули, можна визначити імпульс молекули  $P_i = m_i v_i$ . У свою чергу, відповідно другому закону Ньютона, зміна кількості прямування відповідно до прикладеної сили  $F_i = d/dt = d(mv)/dt$ . У хімічній реакції маса молекули є функція часу

$$F_i = d(mv)/dt = m \frac{dv}{dt} + v \frac{dm}{dt}$$

і відповідної швидкості

З урахуванням опорів (грузькості) середовища в

клітині  $\sum_{i=1}^n F_{ir}$  і внутрішніх сил  $\sum_{i=1}^n F_{in}$ , що діють між молекулами з масою  $m_1, m_2, \dots, m_n$  і швидкостями  $v_1, v_2, \dots, v_n$ , відповідно закону збереження імпульсу, одержимо систему рівнянь

$$\frac{d}{dt} \sum_{i=1}^n F_{in} = \frac{d}{dt} \sum_{i=1}^n m_i v_i = \sum_{i=1}^n F_{ir} + \sum_{i=1}^n \Phi_i, \quad (4)$$

де  $\sum_{i=1}^n F_{ir}, \sum_{i=1}^n \Phi_i$  - сума сил опору середовища і

зовнішніх сил, що діють на систему

Положення усіх молекул у клітині визначається  $n$  координатами  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), що є функціями часу. Ці координати можуть являти собою як лінійні, так і кругові переміщення елементів (молекул) клітини. Причому, ці переміщення достатньо малі, так що клітину можна вважати лінійною системою з перемінними параметрами (масою і пружністю). Переміщення  $x_i$  у деякий фіксований момент часу, можна одержати як при статичному, так і гармонійному впливі на пружну систему сил  $F_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $F_i$  - сила відповідного переміщення). Переміщення молекул можна висловити через силу  $F_i$  і

коефіцієнти податливості  $n_{ij}$ ,  $x_i = \sum_{j=1}^n n_{ij} F_j$ . При

цьому потенційну енергію пружної системи можна обчислити як суму полудобутку сил  $F_i$  на відповідні переміщення

$$V(x) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n F_i x_i = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{1}{n_{ij}} x_i x_j.$$

На основі закону збереження імпульсу (4), після відповідних перетворень, одержимо систему рівнянь прямування, що описують коливання двох молекул (АДФ і фосфатного залишку) із масами відповідно  $m_1$  і  $m_2$  при відсутності зовнішніх сил, що впливають,  $\Phi_i = 0$ )

$$\begin{cases} \ddot{x}_1 + \frac{m_2 n_{12}}{m_1 n_{11}} \ddot{x}_2 + \frac{m_2 n_{12}}{m_1 n_{11}} x_1 + \frac{1}{m_1 n_{11}} x_1 = 0, \\ \ddot{x}_2 + \frac{m_1 n_{21}}{m_2 n_{22}} \ddot{x}_1 + \frac{m_1 n_{21}}{m_2 n_{22}} x_2 + \frac{1}{m_2 n_{22}} x_2 = 0 \end{cases} \quad (5)$$

У реальних умовах коефіцієнти (включаючи залежність від часу маси  $m_1$  і  $m_2$  і реакції пружних зв'язків  $n_{11}, n_{22}$  і  $n_{12} = n_{21}$ ) є перемінними параметрами. Подібний підхід не дозволяє як якісно, так і кількісно оцінити взаємодію (взаємовплив) молекул.

Після перетворень одного з рівнянь системи (5), одержимо рівняння, що описує процеси в механічній коливальній системі (фіг 16)

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2r(t) \frac{dx}{dt} + \Omega^2(t)x = 0, \quad (6)$$

де  $t$  - час,

$$r(t) = \left( \frac{dm}{dt} / m \right) + \frac{r}{2m}, \quad \Omega^2(t) = \left( \frac{d^2 m}{dt^2} / m \right) + \frac{1}{mn}.$$

Для рішення даної задачі звичайно складають по механічній схемі заміщені еквівалентну електричну схему з розподіленими параметрами (фіг 1в) системи М-С-М. Схема являє собою  $\Gamma$ -образну ланку з постійними параметрами, у котрій масі молекул відповідає індуктивність  $L$ , податливості (жорсткості) зв'язків - ємність  $C$ , втратам в елементі, що демпфірує - опір  $R$ , ємність  $C_1$  виконує функції елемента зв'язку з такою ланкою (або внутрішньоклітинний буфер). Проте, така модель не враховує зміну маси і жорсткості в часу. Тому по еквівалентній електричній схемі складаємо електричну ланонну схему з розподіленими параметрами системи М-С-М (фіг 2а). Після відповідних перетворень, на основі закону Кирхгофа і без урахування втрат на гістерезис і токи Фуко в магнітних сердечниках, одержимо систему рівнянь, що описують процеси в контурі накачування і резонансному контурі параметричної зонної системи (PZn), що включає  $\Gamma$ -образний ланонний елемент

$$\frac{\partial^2 i_1}{\partial x^2} = \alpha_1 \frac{\partial^2 f_1}{\partial t^2} + \alpha_2 \frac{\partial i_1}{\partial t} + \alpha_3 i_1,$$

$$\frac{\partial^2 i_2}{\partial x^2} = \alpha_{11} \frac{\partial^2 f_2}{\partial t^2} + \alpha_{12} \frac{\partial i_1}{\partial t} + \alpha_{13} i_1,$$

де  $i_1, i_2$  і  $f_1, f_2$  - функції, що залежать від зарядів і поточкозчеплення контурів,  $\alpha_1 - \alpha_3, \alpha_{11} - \alpha_{13}$  - постійні коефіцієнти, що включають геометричні й електричні параметри контурів.

Перетворимо рівняння резонансного контуру системи, з урахуванням апроксимації гіперболічним синусом  $I = \alpha \psi \operatorname{sh} \beta \psi$ , де  $\alpha$  і  $\beta$  - коефіцієнти апроксимації,  $I$  - середня довжина магнітної лінії в сердечнику,  $\Psi$  - поточкозчеплення

$$\partial^2 i_1 / \partial x^2 = 1 / [\omega^2(t)] (\partial^2 i_1 / \partial t^2) + \alpha(t) (\partial i_1 / \partial t) + \xi(t) i_1,$$

$$\omega^2(t) = 1 / (L_t C), \quad \alpha(t) = [\sigma L_t + RC + CL_t'],$$

$$\xi(t) = [\sigma(R + L_t') + CL_t''], \quad L_t = L_c / \operatorname{ch} \beta B, \quad L_c = s w^2 / \alpha \beta l,$$

де  $\omega(t)$  - миттєва швидкість підсистеми,  $\alpha(t)$  - коефіцієнт демпфирования,  $\xi(t)$  - коефіцієнт розладу,  $L_t$  і  $L_c$  - динамічна і статична індуктивності,  $C$  - ємність у контурі,  $L_t', L_t''$  - перша і друга похідні  $L_t$ ,  $B$  - магнітна індукція при одиничних значеннях площі і витків магнітних сердечників,  $s$  - перетин магнітопровода,  $w$  - число витків.

Далі по електричній ланонній схемі з розподіленими параметрами (фіг 2а) складають електричну ланонну схему з зосередженими параметрами системи М-С-М (фіг 2б), математична модель якої описується таким рівнянням

$$\frac{d^2 i}{d\tau^2} + \delta(\tau) \frac{di}{d\tau} + \omega^2(\tau) i = 0, \quad (7)$$

де  $\tau = \omega t$  - час,

$$\delta(\tau) = \frac{L_t'}{L_t} - \frac{R}{2L_t}, \quad \omega^2(\tau) = \frac{1}{L_t C} + \frac{L_t''}{L_t}$$

З метою спрощення побудови рівняння електричної моделі аналогічного рівнянню механічної моделі (6), припускаємо, що рівняння резонансно-

го контуру не містить просторових похідних і координат

Перетворимо рівняння (6) і (7) до безрозмірного виду з урахуванням таких перетворень

$$x = \bar{x}x_0, t = \bar{t}t_0,$$

$$I = \bar{I}I_0, \tau = \bar{\tau}\tau_0,$$

де  $\bar{x}$ ,  $\bar{I}$ ,  $\bar{t}$ ,  $\bar{\tau}$  - відповідно безрозмірні перемінні координати, струму, часу

Після нормування получим

$$\left[ \frac{x_0^2}{I_0^2} \frac{d^2 \bar{x}}{d\bar{t}^2} + \left[ \frac{x_0}{I_0} \right] 2r(\bar{t}t_0) \frac{d\bar{x}}{d\bar{t}} + \Omega^2(\bar{t}t_0) \bar{x}x_0 = 0, \right. \\ \left. \left[ \frac{I_0^2}{\tau_0^2} \frac{d^2 \bar{\tau}}{d\bar{\tau}^2} + \left[ \frac{I_0}{\tau_0} \right] \delta(\bar{\tau}\tau_0) \frac{d\bar{\tau}}{d\bar{\tau}} + \omega^2(\bar{\tau}\tau_0) \bar{\tau}I_0 = 0 \right] \quad (8)$$

Ці рівняння тотожні, якщо рівні відповідні масштабні коефіцієнти системи, що включають відповідні критерії подоби (індикатори)

$$\left[ \frac{x_0^2}{I_0^2} \right] = \left[ \frac{I_0^2}{\tau_0^2} \right] \left[ \frac{x_0}{I_0} \right] \left[ \frac{I_0}{\tau_0} \right] 2r(\bar{t}t_0) = \left[ \frac{I_0}{\tau_0} \right] \delta(\bar{\tau}\tau_0), x_0 \Omega^2(\bar{t}t_0) = I_0 \omega^2(\bar{\tau}\tau_0) \quad (9)$$

Масштабні системи дозволяють визначити коефіцієнт перетворення, що встановлює залежність між часом  $t$  у рівнянні (7) і  $\tau$  у рівнянні (6)

$$x_0 = \frac{I_0}{\tau_0} t_0 = \frac{I_0}{\tau_0} \delta(\bar{\tau}\tau_0) t_0 \frac{1}{2r(\bar{t}t_0)} = I_0 \omega^2(\bar{\tau}\tau_0) \frac{1}{\Omega^2(\bar{t}t_0)} = idem \quad (10)$$

Розділимо кожне рівняння системи (8) на розмір відповідного коефіцієнта при другій похідній, щоб зробити рівняння вільними від одиниць виміру

$$\frac{d^2 \bar{x}}{d\bar{t}^2} + \left[ \frac{x_0}{I_0} \right] 2r(\bar{t}t_0) \frac{d\bar{x}}{d\bar{t}} + \left[ \frac{I_0^2}{x_0} \Omega^2(\bar{t}t_0) \right] \bar{x} = 0, \\ \frac{d^2 \bar{\tau}}{d\bar{\tau}^2} + \left[ \frac{I_0}{\tau_0} \right] \delta(\bar{\tau}\tau_0) \frac{d\bar{\tau}}{d\bar{\tau}} + \left[ \frac{\tau_0^2}{I_0} \omega^2(\bar{\tau}\tau_0) \right] \bar{\tau} = 0. \quad (11)$$

Отримані нормовані рівняння містять безрозмірні перемінні  $\bar{x}$  й  $\bar{\tau}$  безрозмірні параметри, укладені в квадратні скобки, що називають  $\pi$ -комплексами (інваріантами або критеріями подоби) відповідно

$$\pi_x = \frac{I_0^2}{x_0} \Omega^2(\bar{t}t_0), \pi_{x'} = \frac{x_0}{I_0} 2r(\bar{t}t_0), \quad (12)$$

$$\pi_I = \frac{\tau_0^2}{I_0} \omega^2(\bar{\tau}\tau_0), \pi_{I'} = \frac{I_0}{\tau_0} \delta(\bar{\tau}\tau_0)$$

Вид рішень рівнянь (11) залежить від  $\pi$ -комплексів (12), тобто тотожні рішення будуть у фіксованих точках. Фіксовані точки двох систем даного класу задач будуть характеризуватися однаковими безрозмірними перемінними. Отже, у фіксованих точках двох систем одного класу задач явища розвиваються подібно уявою за умови рівності  $\pi$ -комплексів (12)  $\pi_x = \pi_1$ ,  $\pi_x = \pi_1$  або

$$\frac{I_0^2}{x_0} \Omega^2(\bar{t}t_0) = \frac{\tau_0^2}{I_0} \omega^2(\bar{\tau}\tau_0) = idem, \frac{x_0}{I_0} 2r(\bar{t}t_0) = \frac{I_0}{\tau_0} \delta(\bar{\tau}\tau_0) = idem \quad (13)$$

При цих умовах фізичної подоби  $PZ_A$  - критерій і  $PZ_B$  - критерій рекомендуються співвідношеннями

$$PZ_A = \frac{x_0 \tau_0}{I_0^2} 2 \left[ \left( \frac{dm}{dt} / m \right) + \frac{r}{2m} \right] \left[ \left( \frac{2dL_\tau}{dt} / L_\tau \right) + \frac{R}{L_\tau} \right] = 1, \\ PZ_B = \frac{I_0^2 \tau_0}{x_0 \tau_0^2} \left[ \left( \frac{d^2 m}{dt^2} / m \right) + \frac{1}{mn} \right] \left[ \left( \frac{d^2 L_\tau}{dt^2} / L_\tau \right) + \frac{1}{L_\tau C} \right] = 1 \quad (14)$$

Таким чином, отримані результати можна трактувати як формалізації фізичних процесів у механічній і електричній коливальних системах. При цьому маса  $m$ , утрати  $r$ , податливість (жорсткість)  $n$ , індуктивність  $L$ , опір  $R$ , ємність  $C$  незалежно від значення інших характеристик пов'язані між собою співвідношеннями, що мають фізичне утримання, подоба сталих періодичних процесів у коливальній електричній системі з перемінними параметрами в механічній системі потребує однакових критеріїв подоби.

Одержимо масштабні коефіцієнти і критерії подоби для моделювання внутрішньомолекулярних (біоквантових) процесів на основі PZn із зосередженими параметрами. Вище було відзначено, що рівняння (3) поширення порушення в нервовій клітині має вид одномірного рівняння Шредингера, а рівняння (7) описує квантові процеси в PZn.

Перетворимо рівняння (3) до виду

$$\frac{d^2 \phi}{d\xi^2} + (E - P)\phi = 0, E = r\omega t, P = \left( \frac{r_{cm}}{2} \right)^2 - rg(v_0) \quad (15)$$

Введемо нову власну функцію

$$\phi = \phi_0 \exp \left( - \int_0^t \alpha(t) dt \right), \quad \text{і перетворимо рівняння (7) до виду}$$

$$\frac{d^2 \phi}{d\tau^2} + (W - U)\phi = 0, W = \frac{1}{L_\tau C}, U = \frac{R(2L_\tau + R)}{(2L_\tau)^2}, \quad (16)$$

де  $\phi$ ,  $\phi_0$  - відповідно нова перемінна і її початкове значення.

Отримані рівняння (15) і (16) формально подібні рівнянню Шредингера, причому між цими рівняннями існує така відповідність: розміри  $\phi$ ,  $W$ ,  $U$  грають відповідно роль функції  $\phi$ , вільної енергії  $E$ , потенційної енергії  $P$ , а час  $t$  - перемінної  $\xi$ .

Одержимо масштабні коефіцієнти і критерії подоби, перетворивши рівняння (15) і (16) до безрозмірного виду, відповідно методики (8) - (14), з урахуванням таких перетворень

$$\Phi = \bar{\Phi}\Phi_0, \phi = \bar{\phi}\phi_0,$$

$$\xi = \bar{\xi}\xi_0, t = \bar{t}t_0,$$

де  $\bar{\Phi}$ ,  $\bar{\phi}$ ,  $\bar{\xi}$ ,  $\bar{t}$  - безрозмірні перемінні.

Відповідно  $\pi$ -комплексні мають вид

$$\pi_\Phi = \frac{\xi_0^2}{\Phi_0} [E - P], \pi_\phi = \frac{I_0^2}{\phi_0} [W - U]$$

$$\frac{\xi_0^2}{\Phi_0} [E - P] = \frac{I_0^2}{\phi_0} [W - U] = idem$$

Критерій подоби PZC- критерій має вид

$$PZ_C = \frac{\xi_0^2 \phi_0}{I_0^2 \Phi_0} \left[ \frac{E - P}{W - U} \right] = 1$$

Отриманий критерій подоби показує, що існує деяка симетрія досліджуваних біоквантових і електричних процесів відповідно в просторі і часі.

Багатоатомні молекули АТФ, а також клітинні системи, пов'язані пружними зв'язками, мають достатньо широкі коливальні спектри. Розкачування зв'язків може призводити до їхнього розірвання або утворення нових. При відсутності зовнішнього впливу (є статичний зв'язок при малих сигналах взаємодії) вектори динамічних моментів молекул (атомів) через теплове прямування орієнтовані

хаотично. Якщо з'являється поле впливу, кожний елементарний домен молекули орієнтується паралельно полю, отже, стає відмінним від нуля динамічний момент клітини (молекули). Внаслідок цього, молекулярні (атомні) з'єднання моделюються з використанням теорії параметричного зонного резонансу порушення зв'язку при потужному зовнішньому впливі і великих утратах, релаксація порушеного зв'язку.

Нелінійну залежність напруженості  $H$  і індукції  $B$  магнітного поля в сердечниках апроксимуємо функцією гіперболічного синуса  $H = \alpha \cdot \text{sh} \beta \cdot B$ , де  $\alpha$  і  $\beta$  - постійні коефіцієнти. З урахуванням прийнятої апроксимації  $B(H)$  і після відповідних перетворень одержимо систему РЗ-рівнянь, що описують закономірності взаємодій у контурах накачування і резонансному (фіг 26)

$$\begin{cases} \frac{dx}{d\tau} + \delta_1 x_1 = 2B_m \cos(\tau + \varphi), \\ \frac{d^2 y}{d\tau^2} + 2\delta_2 \frac{dy}{d\tau} + 2\delta_0 y + \zeta y^3 = 2V_0', \end{cases} \quad (17)$$

$$x_1 = \text{sh} \frac{x}{2} \text{ch} \frac{y}{2}, x_2 = \text{sh} \frac{y}{2} \text{ch} \frac{x}{2}, \delta_1 = \frac{R_m}{\omega L_m}, L_m = \frac{sw_m^2}{\alpha \beta I}, 2B_m = \frac{\beta U_m}{sw_m \omega},$$

$$\delta_2 = \frac{R_n}{\omega L_n}, \delta_0 = \frac{1}{\omega RC}, y = \beta(B_I - B_{II}), x = \beta(B_I + B_{II}),$$

$$\zeta = \frac{4\omega_n^2}{\omega^2}, 2V_0' = \frac{\beta V_0}{\omega CR_0}, L_n = \frac{sw_n^2}{\alpha \beta I}, \omega_n = \frac{1}{L_n C}.$$

де  $w_m$  - число витків резонансної обмотки,  $U_m$  - амплітудне значення коливань резонансної обмотки,  $L_n$  - індуктивність обмотки накачування,  $R_n$  - опір обмотки накачування.

Залежності для токів  $i_1, i_2$  і рівняння системи (17) включають нелінійні перемінні коефіцієнти зв'язку - твори гіперболічних функцій, аргументами яких є інформативні параметри перехідних процесів у молекулах АТФ. Для системи з двох ланцюгів на двох сердечниках рівняння зв'язку є твором двох функцій  $\text{sh}(x/2)\text{ch}(y/2)$ . Такі вирази характеризують нелінійний зв'язок контурів, обумовлений модуляцією енергоємного індуктивного елемента. Знаючи характер зміни коефіцієнтів (функцій зв'язку), можлива засуджувати про зміну струмових характеристик системи. Використання функцій зв'язку і коефіцієнтів  $\delta_0, \delta_1, \delta_2$  дозволяє розраховувати оптимальні системи багатоатомних молекул АТФ, а також клітинні системи, пов'язані пружними зв'язками. Залежність коефіцієнтів зв'язку від перемінних параметрів  $x, y$  системи приведена на фіг 3.

Запропонований спосіб здійснюється пристроєм пазонного моделювання атомарних з'єднань в молекулах АТФ (фіг 4), що містить блоки 1, 6, 14 керування, блоки 2, 7, 13 змищення, блоки 3, 9, 10 накачування, блоки 4, 5, 11, 12 моделювання міжрізневих переходів, блок зв'язку 8, причому виходи першого блока 1 керування, першого блока 2 змищення і першого блока 3 накачування підключені до входів першого і другого блоків 4, 5 моделювання міжрізневих переходів, виходи яких з'єднані з входами блока 8 зв'язку, до входів котрого також під'єднані виходи другого блока 6 керування, другого блока 7 змищення і другого блока 9 накачу-

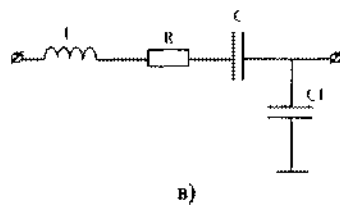
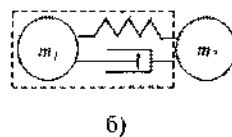
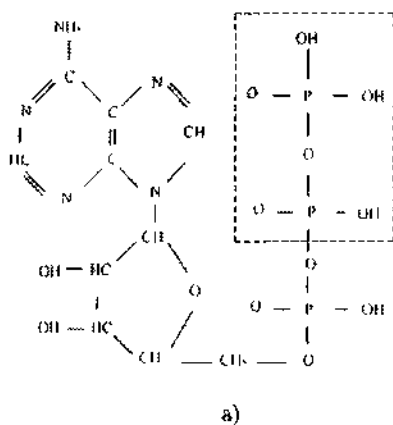
вання, вихід блока 8 зв'язку з'єднаний із входами третього і четвертого блоків 11, 12 моделювання міжрізневих переходів, до входів яких також підключені виходи третього блока 10 накачування, третього блока 13 змищення і третього блока 14 керування.

Пристрій працює такою уявою. У залежності від поставленої задачі можливі такі режими роботи пристрою: 1) послідовний вимір і візуалізація фізичних процесів в окремих ланцюгах резонансних контурів, тобто установка початкових умов, 2) сполучення окремих ланцюгів будуючи, 3) одночасне вмикання ланцюгів пристрою і вивчення статичних і динамічних характеристик, параметрів і їхніх похідних. При цьому робочий режим і відповідні аналогії вибираються за допомогою керуючих параметрів блоків керування 1, 6, 14, блоків змищення 2, 7, 13, блоків накачування 3, 9, 10.

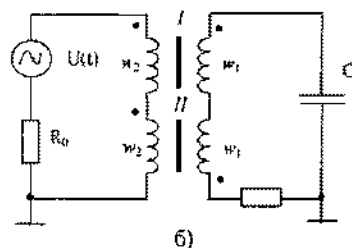
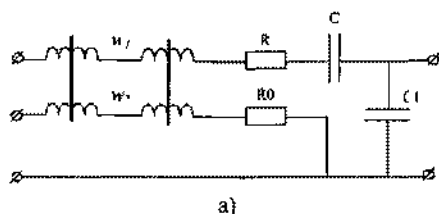
Після попереднього вибору режиму роботи пристрою встановлюють початкові умови, обумовлені відповідно системі аналогій критеріїв подоби. Змінюючи амплітуду і частоту проходження імпульсів накачування, вимірюють і візуалізують динамічну індуктивність і швидкість її зміни. Регулюючи параметри блоків 1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 13, 14 вимірюють і спостерігають осцилограми струмів і напруг у ланцюгах і резонансних контурах пристрою. Таким чином, варіюючи сигналами зазначених вище приладів, розробленого пристрою, вимірюючи і візуалізуючи фізичні коливальні процеси в резонансних контурах пазонних систем, аналізуючи отримані осцилограми, визначають і оптимізують характеристики і параметри відповідних пазонних систем із відповідною системою аналогій.

Сутність роботи пристрою для пазонного моделювання атомарних з'єднань в молекулах АТФ складається в такому. До основи роботи пристрою призначений принцип пазонної взаємодії коливальної системи з зовнішніми впливами (полем накачування або накачуванням). Блоки моделювання міжрізневих переходів моделюють два випадки обертання мікрочастинок у силовому полі: перехід мікрочастинок із нижчих рівнів на вищі, повернення мікрочастинок із вищих рівнів на нижчі. Дані процеси регулюються блоками накачування, блоками змищення і блоками керування. Блок зв'язку моделює міжмолекулярні з'єднання і працює в двох режимах: режим порушення (розрив) існуючого макроенергичного зв'язку з відщипленням від молекул АТФ фосфатних залишків, режим релаксації порушеного зв'язку і регенерації молекулярної структури АТФ. Вибір режиму коливань здійснюється блоком 9 накачування, блоком 7 змищення і блоком 6 керування. Запропоноване технічне рішення, створене на основі моделювання фізичних процесів у нелінійно-параметричних системах у вищих зонах нестійкості, можна використовувати для виміру, контролю і моделювання міжрізневих переходів і міжатомних (міжмолекулярних) зв'язків у молекулах АТФ, а також при дослідженні маловивчених і нових закономірностей явищ і в навчальному процесі.

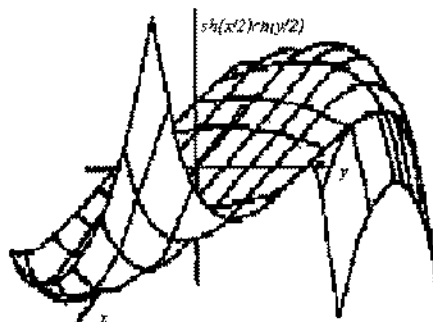




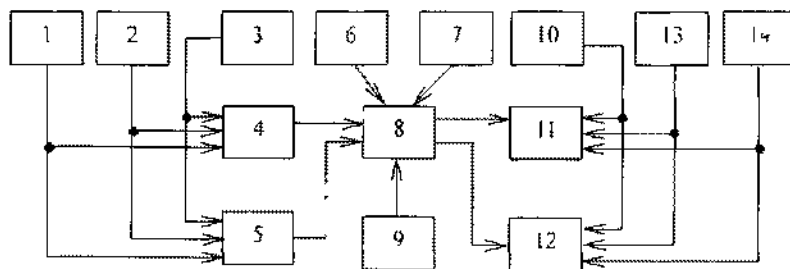
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)  
вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна  
(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»  
вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна  
(044) 216 – 32 – 71