

**Гросул В.А.**

доктор економічних наук, професор,  
Харківський державний університет харчування та торгівлі

**Аскеров Т.Т.**

аспірант кафедри економіки і управління,  
Харківський державний університет харчування та торгівлі

**Grosul Victoria, Askerov Timur**

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

## МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ АДАПТАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА РОЗДРІБНОЇ ТОРГІВЛІ

*У статті розглянута адаптація як ключовий параметр формування енергетичного базису процесів розвитку соціально-економічної системи. Обґрунтовано, що низька здатність підприємства роздрібною торгівлі своєчасно здійснювати адаптацію діяльності відповідно до змін зовнішнього середовища може призвести до дезінтеграції існуючої системи управління та відповідної втрати системою енергії. З метою забезпечення динамічної рівноваги між суб'єктом адаптації (підприємством роздрібною торгівлі) та зовнішнім середовищем для підтримання суттєво важливих гомеостатичних параметрів обґрунтована доцільність розгляду підприємства роздрібною торгівлі як динамічної системи. Математично описані логарифмічні амплітудні і фазові характеристики адаптаційного потенціалу, які характеризують стійкість системи адаптації до впливу чинників зовнішнього середовища. В перебігу дослідження побудовані годографи Найквіста, що наочно демонструють зміну станів стійкості системи. Побудована поверхня, що описує втрату системою адаптації підприємства роздрібною торгівлі стійкості при запізненні реакції на дію чинників зовнішнього середовища.*

**Ключові слова:** динамічна система адаптації, моделювання, годограф Найквіста, передаточна функція, адаптаційна реакція, чинники зовнішнього середовища, частота зміни, фаза посилення дії, стан стійкості системи.

**Постановка проблеми.** Сучасні тенденції розвитку сфери роздрібною торгівлі характеризуються високим рівнем невизначеності і мінливості зовнішнього середовища, постійним зростанням кількості факторів і сили їх впливу на розвиток суб'єктів господарювання, посиленням рівня міжнародної конкуренції і політичної нестабільності, появою нових форматів торгівлі, пов'язаних з трансформацією сучасної торговельної індустрії. За таких умов гостро постає питання відповідності діяльності підприємств роздрібною торгівлі умовам зовнішнього середовища, сприйнятті, реагуванні і адаптації до змін зовнішнього середовища і їх наслідкам. Це можливо лише за умови, якщо на підприємстві роздрібною торгівлі реалізується динамічна система управління адаптацією, яка створює можливість здійснювати своєчасне реагування на зміни зовнішнього середовища, здійснювати відповідні заходи щодо подолання їх наслідків, та, дозволяє забезпечувати високий рівень готовності підприємства до «викликів» зовнішнього середовища.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблематика дослідження адаптаційних процесів та систем адаптаційного управління підприємством є у центрі уваги наукового інтересу вітчизняних і зарубіжних вчених-економістів: О.Л. Герасимової, М.В. Подоляну,

А.В. Чачкової [1], Є.Ю. Ждамірова [5], О.Д. Рачкован [10], С.О. Зубкова, Н.В. Зябличкої, Н.С. Краснокутської, Л.О. Лігоненко, М.Г. Мельник [12] та багатьох інших. Разом з тим, вивчення опублікованих праць і практичний досвід діяльності підприємств роздрібною торгівлі свідчать про недостатнє висвітлення питань моделювання системи управління адаптацією підприємств роздрібною торгівлі, що актуалізує питання подальшого наукового пошуку у даному напрямку.

**Постановка завдання.** Метою наукового дослідження є удосконалення методичного інструментарію моделювання динамічної системи управління адаптацією підприємств роздрібною торгівлі. Для реалізації поставленої мети у межах даної статті поставлено та вирішено наступні наукові завдання: побудовано динамічну систему управління підприємством роздрібною торгівлі; виокремлено логарифмічні амплітудні і фазові характеристики адаптаційного потенціалу, які характеризують стійкість системи адаптації до впливу чинників зовнішнього середовища; в комплексній площині представлені альтернативні стани стійкості системи; здійснено графічне зображення поверхні, що описує втрату системою адаптації підприємства роздрібною торгівлі стійкості при запізненні реакції на дію чинників зовнішнього середовища.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Будь-який суб'єкт господарювання в процесі розвитку постійно перебуває між станом прагнення до прогресу і регресивними зупинками та відхиленнями, які можуть бути викликані як внутрішніми, так і зовнішніми деструктивними перешкодами. Це обумовлено наступним: кожна соціально-економічна система (якою є підприємство роздрібною торгівлі) має бути певним чином внутрішньо структурована і відкрита, що характеризує здатність здійснювати обмін із зовнішнім середовищем. Обмін окремих частин системи між із зовнішнім середовищем характеризує метаболізм (від грецьк. *metabole* – зміна, перетворення [13, с. 89]). У даному контексті заслуговує на увагу погляд українського вченого Л.Г. Мельника, який відзначає: «...відкритість системи та її метаболізм формують енергетичний базис процесів розвитку» [12, с. 138]. Низька здатність підприємства роздрібною торгівлі своєчасно здійснювати адаптацію діяльності відповідно до змін зовнішнього середовища може призвести до дезінтеграції існуючої системи управління. В даних умовах першочергове значення для підприємств роздрібною торгівлі має забезпечення високого адаптивності до зміни чинників зовнішнього середовища, оскільки як досить доречно зазначається в роботі [3, с. 208]: «...будь-які адаптивні реакції підприємства, які формуються через механізми адаптивного управління, підпорядковані досягненню внутрішньої стабільності підприємства». Вважаючи на це, висока якість системи управління адаптацією визначає спроможність забезпечення балансу між впливом зовнішніх факторів та можливостями підприємства роздрібною торгівлі.

Вважаючи на це, система управління підприємством повинна бути адаптованою до зміни станів зовнішнього середовища, оскільки для здійснення метаболізму необхідно подолання адаптаційних бар'єрів, що потребує певних втрат енергії. Відповідно, однією із важливих проблем з якою зіштовхується підприємство роздрібною торгівлі, є вирішення питання пошуку джерел поповнення його енергетичного базису розвитку. Такий «прилив» енергії може бути забезпечений при наявності на підприємстві роздрібною торгівлі відповідної якісної системи адаптації. В процесі адаптації підприємства роздрібною торгівлі до умов зовнішнього середовища «...створюються необхідні умови для встановлення станів поточної динамічної рівноваги між суб'єктом адаптації (підприємством роздрібною торгівлі) та зовнішнім середовищем для підтримання суттєво важливих гомеостатичних параметрів на належному рівні задля забезпечення функціонально-параметричної та структурно-організаційної стійкості і внутрішньої стабільності підприємства (явище гомеостазису), та одночасно забезпечується можливість розвитку підприємства у довгостроковій перспективі» [7, с. 195].

Слід зазначити, що особливістю системи адаптації є її динамічність, оскільки зміна факторів різні «...адаптація підприємства до зовнішніх умов вимагає своєчасності, гнучкості та економності, тобто має бути

адекватною тому стану економіки, що має місце в конкретний проміжок часу. Внаслідок цього виникає необхідність у належному забезпеченні об'єктивною та достовірною інформацією, відомостями з різних джерел, тому що швидкість отримання даних прямо впливає на швидкість адаптивної реакції підприємства» [1, с. 143]. Своєю чергою, для забезпечення швидкості адаптивної реакції залежить від якості системи управління адаптацією на підприємстві роздрібною торгівлі. Метою адаптивного управління є «...пошук найефективніших варіантів ухвалення і виконання рішення, направлено на функціонування й розвиток підприємств у конкурентному середовищі. Головне завдання адаптивного управління – підтримка внутрішньої стабільності системи в умовах постійно змінного зовнішнього середовища» [5, с. 189].

Визначення напрямків підтримки гомеостазису можливе на основі моделювання. Під терміном «модель» будемо розуміти «...умовно подану чи матеріально реалізовану систему, яка відображає чи відтворює об'єкт дослідження та може заступати його так, що її вивчення дає нам про нього нову інформацію» [14, с. 237]. Зазначимо, що при здійсненні моделювання системи управління адаптацією в сучасних реаліях функціонування вітчизняних підприємств повинен бути врахована забезпеченість підприємства роздрібною торгівлі різного роду ресурсами та резервами цих ресурсів, які певним чином з'єднані і структуровані та спрямовані на поповнення енергетичного базису процесів розвитку підприємства роздрібною торгівлі. Саме забезпеченість ресурсами необхідної кількості і належної якості дозволить підприємству роздрібною торгівлі оперативіно сприймати, реагувати і адаптуватися до різного роду змін зовнішнього середовища. Особлива роль при цьому належить системі менеджменту якості діяльності підприємства та його ключовим бізнес-процесам, оскільки в умовах високо динамічного гетерогенного зовнішнього середовища система управління та бізнес-процеси сучасного підприємства роздрібною торгівлі повинні забезпечувати максимальну гнучкість і корелювати з даними, які оперативіно надають інформацію про стан ринку. Важливу роль також відіграє характер змін зовнішнього середовища, які «...можуть бути тими, що адаптують до сформованої ситуації, так і ті, що попереджають, створюючи нові умови діяльності» [10]. На наш погляд, характер змін зовнішнього середовища визначається частотою посилення дії чинників зовнішнього середовища та визначається фазою їх зміни.

Для моделювання динамічної системи управління адаптацією підприємства роздрібною торгівлі на дію чинників зовнішнього середовища, використано теорію автоматичного управління [2; 6; 8; 11]. Для цього представимо поточну систему управління підприємством роздрібною торгівлі як динамічну систему першого рівня (рис. 1), в якій символом  $x$  позначено сигнал, що поступає на вхід об'єкта, який є функцією часу  $t$ , тобто, є функцією  $x(t)$ , а символом  $y$  позначимо вихідний сигнал об'єкта, який теж є функцією часу, тобто, є функцією  $y(t)$ .

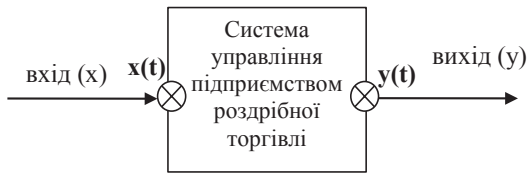


Рис. 1. Динамічна система управління підприємством роздрібною торгівлі першого рівня [8]

Приймаючи до уваги, що у динамічній системі перехідний процес здійснюється під впливом дії значної кількості зовнішніх факторів, які змінюють її стан, структуру або параметри [6], передаточна функція системи  $W(p)$  являє собою відношення зображень за Лапласом вихідної  $X_{вих}(p)$  і вхідної  $X_{вх}(p)$  величин за нульових початкових умов:

$$W_{(p)} = \frac{X_{вих}(p)}{X_{вх}(p)} \quad (1)$$

Для диференціального рівняння в операційній формі у випадку нульових початкових умов ( $T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k(t)$ ) передаточна функція може бути представлена формулою [11, с. 249.]:

$$W_{(p)} = \frac{k}{T(w_j) + 1} \quad (2)$$

де,  $W_{(p)}$  – частотна передаточна функція;  
 $T(w_j)$  – стала часу;  
 $p$  – реакція підприємства роздрібною торгівлі на зміну чинників зовнішнього середовища;  
 $w_j$  – кругова частота дії чинників зовнішнього середовища;

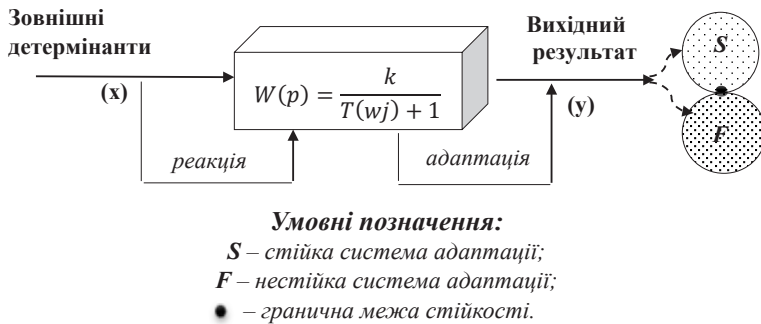


Рис. 2. Динамічна система управління адаптацією підприємства роздрібною торгівлі

Джерело: складено авторами на основі [2; 6; 8; 11]

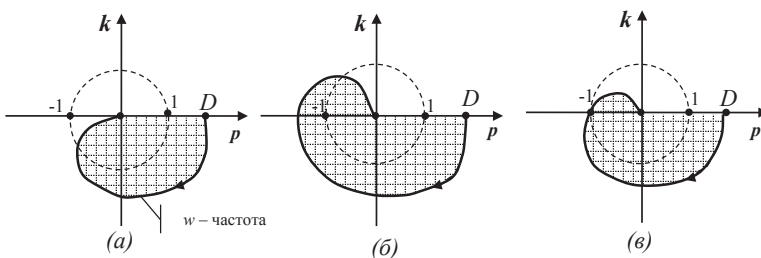


Рис. 3. Годорграфи Найквіста для стійкої (а), нестійкої (б) та системи адаптації підприємства роздрібною торгівлі на грані стійкості (в)

Джерело: побудовано автором на основі [2]

$k$  – дія чинників зовнішнього середовища на діяльність підприємства роздрібною торгівлі.

Ураховуючи наведений вище підхід, динамічна система управління адаптацією підприємства роздрібною торгівлі може бути представлена наступним чином (рис. 2).

Зміна станів стійкості системи може бути графічно представлена на основі годографів (рис. 3), які побудовано з урахуванням критерію Найквіста, відповідно якого: для стійкості замкнутої системи необхідно і достатньо щоб амплітудно-фазова характеристика стійкої розімкненої системи ( $w$ ) при зміні від 0 до  $\infty$  не охоплювала точку з координатами  $\{-1, 0\}$  [2, с. 71]. Для кожної частоти  $\omega$  значення  $W(p)$  – це комплексне число, яке можна зобразити точкою на комплексній площині. При зміні частоти від 0 до  $\infty$  з цих точок складається годограф Найквіста – деяка крива, яка починається в точці (D) на дійсній осі і закінчується на початку координат. Можна довести, що система стійка тоді і тільки тоді, коли годограф не охоплює точку з координатами  $\{-1; 0\}$ . На рис. 3 годограф (а) не охоплює цю точку (замкнута система є стійкою), годограф (б) – охоплює (система нестійка), «система на межі стійкості» представлена на рис. 3(в), на якому годограф проходить через точку з координатами  $\{-1; 0\}$ .

Таким чином, адаптивна система управління підприємством роздрібною торгівлі на вході є стійкою до дії чинників зовнішнього середовища у всіх діапазонах  $k$  та  $w$ , де  $k$  – посилення впливу, а  $w$  – кругова частота. Якщо припустити, що підприємство роздрібною торгівлі, передаточна функція яка визначається рівнянням (2), допускає вхідний сигнал (реакцію) без помилок, але затримується з обробкою інформації та прийняттям рішення, то рівняння матиме наступний вид (формула 3), а передаточна функція матиме наступне відношення (формула 4):

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = kx_1(t - \delta) \quad (3)$$

де  $\delta$  – час запізнення.

$$W(jw) = A_0(w) e^{j[\beta_0(w) - \delta w]} \quad (4)$$

де  $A_0$  – модуль частотної передаточної функції;

$\beta_0$  – фаза частотної передаточної функції без запізнення.

Наведені вище рівняння підтверджують припущення про те, що чисте запізнення адаптаційної реакції не змінює модуль системи управління підприємством роздрібною торгівлі, проте вносить допоміжний фазовий зсув, який негативно впливає на стійкість системи адаптації до зовнішнього середовища:

$$W_{(jw)} = A_{(w)} = A_0(w) \quad (5)$$

$$\beta_{(w)} = \beta_{(w)} - w\delta \quad (6)$$

За умови  $\delta = \delta_g$  система управління підприємством знаходиться на межі стійкості,

$\delta_s = \frac{\pi + \beta_1}{w_1}$ , де  $\beta_1 i w_1$  – фаза і частота одиничного посилення дії чинників зовнішнього середовища ( $x$ ).

Стан стійкості системи адаптації підприємства роздрібної торгівлі до дії чинників зовнішнього середовища (стійка, нестійка, на грані стійкості) визначається на основі побудови логарифмічних амплітудних і фазових характеристик [9]. Для підтвердження висновків здійснено наступні аналітичні розрахунки, а саме: взята перехідна частотна функція  $W_o(jw) = \frac{k}{1 + jwT}$  та прирівнявши модуль до одиниці, отримаємо:  $W_1 = \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{T}$ . Фазовий зсув на цій частоті:

$$\beta_1 = -\arctg w_1 T = -\arctg w_1 \sqrt{k^2 - 1},$$

тоді як:  $\delta_s = \frac{\pi + \beta_1}{w_1}$ .

Знайдемо

$$\delta_s = \frac{\pi - \arctg w_1 \sqrt{k^2 - 1}}{w_1} = T \frac{\pi - \arctg w_1 \sqrt{k^2 - 1}}{\sqrt{k^2 - 1}}.$$

Таким чином, запізнення реакції на дію чинників зовнішнього середовища підприємства роздрібної торгівлі призводить до зростання фази посилення впливу зовнішніх чинників та призводить до втрати системи адаптації стійкості, що наочно представлено на графік, представлені на рис. 4.

Відповідно до розроблених положень, чим більшою та тривалою є фаза дії чинників зовнішнього середовища, а частота зміна чинників зовнішнього середовища є підвищеною, тим більш швидкою повинна бути реакція з боку підприємства роздрібної торгівлі. Запізнення реакція підприємства роздрібної торгівлі на зміну стану зовнішнього середовища у часі призводить до переходу системи адаптації від стану стійкості (підприємство максимально продуктивно використовує адаптаційні можливості пристосування до дії чинників зовнішнього середовища) у повністю нестійкі стан (підприємство не здатне активно пристосовуватись до зміни чинників зовнішнього середовища, показники адаптації мають низькі значення, при цьому зберігається стійка тенденція до зниження обсягу товарообороту та повна втрата потенціалу розвитку). Встановлено, що запізнення і відсутність відповідної адаптаційної реакції з боку підприємства роздрібної торгівлі негативно впливає на його діяльність.

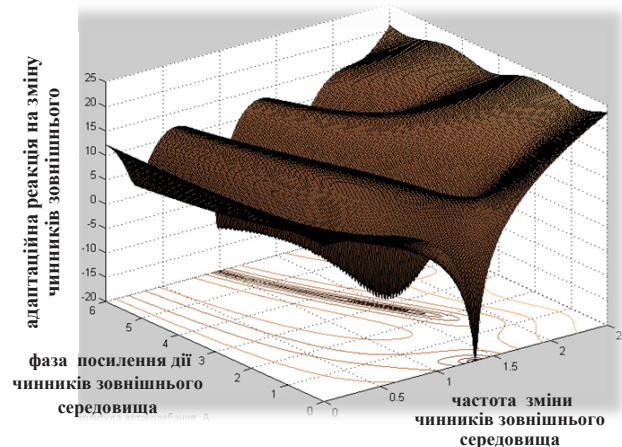


Рис. 4. Поверхня втрати системою адаптації підприємства роздрібної торгівлі стійкості при запізненні реакції

Джерело: побудовано автором

Тобто система управління адаптацією підприємства повинна реагувати на чинники зовнішнього середовища зі швидкістю не менше, ніж частота посилення дії та фаза зміни чинників зовнішнього середовища, що можна підтвердити рівнянням наступним рівнянням (формула 7):

$$\frac{dy(t)}{dx} = \frac{dx(t)}{dt} \quad (7)$$

На наш погляд, на сучасному етапі розвитку економіки України така умова є ефективною для сучасних відкритих до ринку підприємств роздрібної торгівлі, оскільки підвищення гнучкості, адаптованості та інтегрованості створює для підприємства таку властивість як стійкість до кризових явищ.

**Висновки з проведеного дослідження.** Запропонований підхід до моделювання динамічної системи управління адаптацією підприємства роздрібної торгівлі створює можливість (на основі оцінок сили впливу чинників зовнішнього середовища та реакції з боку підприємства на їх дію) оцінити фактичний стан системи адаптації (стійка (S), гранична (G), нестійка (F)), що створює відповідне підґрунтя для формування оптимальної стратегії адаптації підприємства роздрібної торгівлі до змін чинників зовнішнього середовища.

#### Список літератури:

1. Герасимова О.Л., Подолян М.В., Чачкова А.В. Адаптація підприємства до змін у зовнішньому середовищі як засіб забезпечення його економічної безпеки. *Інфраструктура ринку : електронний науково-практичний журнал*. 2017. Вип. 6. С. 141–146.
2. Гоголюк П.Ф., Гречин Т.М. Теорія автоматичного керування : Підручник. Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008. 285 с.
3. Гринько Т.В. Теоретико-методологічні засади адаптивного інноваційного розвитку. *Економіка промисловості*. 2011. № 2-3 (54-55). С. 207–210.
4. Гудвин Г.К., Гребе С.Ф., Сальгадо М.Э. Проектирование систем управления. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. 911 с.
5. Ждаміров Є.Ю. Адаптивна система управління підприємством. *Вісн. Полтав. держ. аграр. акад.* 2011. № 4. С. 189–192.

6. Захарчук О.Б., Маркіна Л.М., Смолянкін О.О. Дослідження перехідних характеристик та регуляторів за допомогою апаратних комплексів. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2013. № 13. С. 87–91. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kitonv\\_2013\\_13\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kitonv_2013_13_16) (дата звернення: 30.07.2019).
7. Коваленко Н., Гонтова Н. Взаємозв'язок між механізмами забезпечення стійкості та адаптації в контексті інноваційного розвитку підприємств. *Економічний аналіз*. 2013 рік. Випуск 12. Частина 3. С. 193–196.
8. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування : підручник / 2-ге вид., перероб. і доп. Київ : Либідь, 2007. 656 с.
9. Прокофьев А.Б., Сафонов С.В. Исследование устойчивости в пространстве коэффициентов характеристического уравнения системы третьего порядка. URL: <https://journals.ssau.ru/index.php/dynvibro/article/view/2972/4177> (дата звернення: 18.07.2019).
10. Рачкован О.Д. Формування стратегії адаптації підприємства торгівлі. *Бізнес Інформ*. 2015. № 5. С. 274–278. URL: [http://www.business-inform.net/export\\_pdf/business-inform-2015-5\\_0-pages-274\\_278.pdf](http://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2015-5_0-pages-274_278.pdf) (дата звернення: 28.07.2019).
11. Репнікова Н.Б. Теорія автоматичного керування: класика і сучасність : підр. Київ : НТУУ «КПІ», 2011. 328 с.
12. Социально-экономический потенциал устойчивого развития : учебник / ред. Л.Г. Мельник, ред. Л. Хенс. Сумы : Университетская книга, 2007. 1120 с.
13. Фінансово-економічний словник : словник-довідник / кол. авт. : Юнін О.С., Круглова О.О., Савельєва М.О. та ін. Дніпро : Видавець Біла К.О., 2018. 164 с.
14. Штофф В.А. Моделирование и философия. М. : Наука, 1966. 301 с.

#### References:

1. Herasymova O.L., Podolianu M.V., Chachkova A.V. (2017). Adaptatsiia pidpriemstva do zmin u zovnishnomu seredovyshchi yak zasib zabezpechennia yoho ekonomichnoi bezpeky [Adaptation of the enterprise to changes in the external environment as a means of ensuring its economic security]. *Infrastruktura rynku : elektronnyi naukovo-praktychnyi zhurnal*, vol. 6, pp. 141–146. (in Ukrainian)
2. Hoholiuk P.F., Hrechyn T.M. (2008). Teoriia avtomatychnoho keruvannia [Automatic control theory]. Lviv : Vydavnytstvo Natsionalnoho universytetu "Lvivska politehnika", 285 p. (in Ukrainian)
3. Hryenko T.V. (2011). Teoretyko-metodolohichni zasady adaptyvnoho innovatsiinoho rozvytku. *Ekonomika promyslovosti*, no. 2-3 (54-55), pp. 207–210. (in Ukrainian)
4. Gudvin G.K., Grebe S.F., Sal'gado M.E'. (2004). Proektirovanie sistem upravleniya [Management Systems Design]. M. : BINOM. Laboratoriya znaniy, 911 p. (in Russian)
5. Zhdamirov Je.Ju. (2011). Adaptivna systema upravlinnja pidprijemstvom [Adaptive system of enterprise management]. *Visnyk Poltavskoji derzhavnoji aghrarnoji akademiji*, no. 4, pp. 189–192. (in Ukrainian)
6. Zakharchuk O.B., Markina L.M., Smoljankin O.O. (2013). Doslidzhennja perekhidnykh kharakterystyk ta rehuljatoriv za dopomoghoju aparatnykh kompleksiv [Investigation of transient characteristics and regulators using hardware complexes]. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*, no. 13, pp. 87–91. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kitonv\\_2013\\_13\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kitonv_2013_13_16) (in Ukrainian)
7. Kovalenko N., Ghontova N. (2013). Vzajemovz'jazok mizh mekhanizmany zabezpechennja stijkosti ta adaptaciji v konteksti innovacijnogho rozvytku pidprijemstv [The relationship between mechanisms for ensuring sustainability and adaptation in the context of enterprise innovation development]. *Ekonomichnyj analiz*, vol. 12(3), pp.193–196. (in Ukrainian)
8. Popovych M.Gh., Kovaljchuk O.V. (2007). Teoriija avtomatychnogho keruvannja [The theory of automatic control]. K. : Lybidj, 2007. 656 p. (in Ukrainian)
9. Prokof'ev A.B., Safonov S.V. Issledovanie ustojchivosti v prostranstve koefficientov kharakteristicheskogo uravneniya sistemy` tret'ego poryadka [The study of stability in the space of coefficients of the characteristic equation of a third-order system]. *Journal of Dynamics and Vibroacoustics*, no. 3(1). Available at: <https://journals.ssau.ru/index.php/dynvibro/article/view/2972/4177> (in Russian)
10. Rachkovan O.D. (2015). Formuvannja strateghiji adaptaciji pidpriemstva torghivli [Formation of strategy of adaptation of trade enterprise]. *Biznes Inform*, no. 5, pp. 274–278. Available at: [http://www.business-inform.net/export\\_pdf/business-inform-2015-5\\_0-pages-274\\_278.pdf](http://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2015-5_0-pages-274_278.pdf) (in Ukrainian)
11. Repnikova N.B. (2011). Teoriija avtomatychnogho keruvannja: klasyka i suchasnistj [Automatic control theory: classics and modernity]. K. : NTUU «KPI», 328 p. (in Ukrainian)
12. Mel'nik L.G., Khens L. (2007). Soczial'no-e'konomicheskij potenczial ustojchivogo razvitiya [Socio-economic potential of sustainable development]. Sумы` : Universitetskaya kniga, 1120 p. (in Ukrainian)
13. Junin O.S., Krughlova O.O., Savjeljjeva M.O. (2018). Finansovo-ekonomichnyj slovnyk : slovnyk-dovidnyk [Financial and Economic Dictionary: Directory Dictionary]. Dnipro : Vydavecj Bila K.O., 2018. 164 p. (in Ukrainian)
14. Shtoff V. A. (1966). Modelirovanie i filosofija [Modeling and philosophy]. M. : Nauka, 301 p. (in Russian)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АДАПТАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ

В статье рассмотрена адаптация как ключевой параметр формирования энергетического базиса процессов развития социально-экономической системы. Обосновано, что низкая способность предприятия розничной торговли своевременно осуществлять адаптацию деятельности в соответствии с изменениями внешней среды может привести к дезинтеграции существующей системы управления и соответствующей потери системой энергии. С целью обеспечения динамического равновесия между субъектом адаптации (предприятием розничной торговли) и внешней средой для поддержания существенно важных гомеостатических параметров обоснована целесообразность рассмотрения предприятия розничной торговли как динамической системы. Математически описаны логарифмические амплитудные и фазовые характеристики адаптационного потенциала, характеризующих устойчивость системы адаптации к воздействию факторов внешней среды. В ходе исследования построены годографы Найквиста, наглядно демонстрируют смену состояний устойчивости системы. Построена поверхность описывает потерю системой адаптации предприятия розничной торговли устойчивости при опоздании реакции на действие факторов внешней среды.

**Ключевые слова:** динамическая система адаптации, моделирование, годограф Найквиста, передаточная функция, адаптационная реакция, факторы внешней среды, частота изменения, фаза усиления действия, состояние устойчивости системы.

## MODELLING OF A DYNAMIC ADAPTATION SYSTEM OF A RETAIL ENTERPRISE

The article substantiates the methodical tools for modelling the dynamic adaptation system of a retail trade enterprise. The dynamism of the processes of development of the socio-economic system is considered from the standpoint of maintaining its energy base. It is found that the high quality of the system of adaptation management determines the ability to strike a balance between external factors and the ability of a retail enterprise to resist their impact on the activity. In order to prevent the disintegration of the retail enterprise management system, the corresponding loss of its accumulated energy, the maintenance of its essential homeostatic parameters, the expediency of ensuring a dynamic equilibrium between the subject of adaptation (retail enterprise) and the external environment is argued. It is substantiated that the speed of adaptive response of a retail enterprise to various environmental changes determines the state of the adaptation system. To model a dynamic management system for the adaptation of a retail enterprise to the effect of environmental factors, the theory of automatic control was used. Based on the principles of the theory of automatic control, a dynamic system for managing the adaptation of a retail enterprise is built, the efficiency of which is determined by the value of the frequency transfer function. According to the developed provisions, based on the Nyquist hodographs, alternative states of stability of the system of adaptation of the retail enterprise (stable, unstable, state on the verge of stability) were identified. Based on the need to identify the parameters that determine the state of stability of the adaptation system to the influence of environmental factors, the logarithmic amplitude and phase characteristics of the adaptation potential are mathematically described. In the course of the study, it was found that the pure delay of the adaptation response does not change the module of the retail enterprise's adaptation management system but it introduces an auxiliary phase shift that adversely affects its stability. In order to reasonably determine the vector of effective managerial decisions, an approach to assessing the state of adaptation system of a retail enterprise is proposed, which considers the frequency of change of environmental factors, the phase of amplification (attenuation) of the environmental factors, and the speed of response of a retail enterprise, and based on graphical modelling in three-dimensional space, allows determining the list of adaptation measures during the formulation of the adaptation strategy.

**Key words:** dynamic adaptation system, modelling, Nyquist hodograph, transfer function, adaptive response, environmental factors, change frequency, phase of amplification, system stability state.