

І.В. Ніколаєв, асист.

Кіровоградський національний технічний університет

Дослідження стійкості виробничого плану МОЛОЧНОГО КОМПЛЕКСУ

У роботі розглядаються можливості практичного застосування методів дослідження стійкості автоматичних систем управління для визначення стійкості виробничого плану молочного комплексу. Запропонована методика оцінки запасу стійкості виробничого плану.

молочний комплекс, система, критерії стійкості, характеристичне рівняння, запас стійкості

Як вже зазначалось, сучасні автоматизовані молочні комплекси, являють собою складні промислові підприємства по виробництву тваринницької продукції. В якості основної загальної мети їх функціонування, слід обирати одержання максимальних прибутків, тобто – створення свого споживача. У зв'язку з цим, важливе значення для економіки України має розробка та аналіз, нових, більш сучасних, адаптованих до ринкових умов, нетрадиційних підходів до аналізу та стратегічного планування діяльності таких підприємств. Тобто, мова йде про створення пакета моделей функціонування молочного комплексу з позиції стійкості його прогностичного виробничого плану [1-5].

Проблемам функціонування промислових підприємств, вивченню якісних сторін планових рішень, приділяють увагу багато як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. Серед них такі, як: Колобов А.О., Омельченко И.Н., Лисенко Ю.Г., Клебанова Т.С., Полякова О.Ю., Милов А.В. та інші [1, 6].

Так, Колобов А.О. запропонував розглядати промислове підприємство як виробничо-збутову систему (ВЗС), тобто як єдину організаційно-господарську структуру що складається з промислового підприємства, постачальників сировини, матеріалів і комплектуючих виробів, споживачів готової продукції, а також включає до свого складу систему транспортного і складського господарства. Основними взаємозв'язками у ВЗС є взаємозв'язки постачальників з підприємством і підприємства із споживачами [1].

Підприємство в процесі своєї виробничо-господарської діяльності постійно вступає в прямі і непрямі взаємозв'язки з постачальниками, споживачами і конкурентами. Останні, виходячи з мети – створити свого споживача, прагнуть закріпитися на ринку, послабляючи тим самим позиції інших підприємств. Створення споживача для підприємства (молочного комплексу) пов'язане з мірою задоволення споживчого попиту в молочних продуктах кожного виду номенклатури за показниками обсягів та якості, часу й місця поставок протягом тривалого періоду. Якщо такий стан підприємством досягнуто, вважатимемо, що його прогностичний виробничий план є стійким.

Тому, метою даної статті, є розгляд та практичне застосування основних методів аналізу стійкості автоматичних систем управління для дослідження стійкості виробничого плану молочного комплексу.

Під стійкістю виробничого плану розуміється здатність підприємства повертатися в рівноважний стан у випадку, якщо воно було виведено з нього при

постійній зміні ринкової кон'юнктури шляхом удосконалення і цілеспрямованого розвитку його виробничо-технологічної й організаційної структури [7].

У названих вище роботах, наводилась констатація факту необхідності створення свого споживача, важливості стійкості прогностичного виробничого плану промислового підприємства, проте не наводились шляхи досягнення цього та методика дослідження стійкості. Для вирішення цих проблем та формалізації опису процесів функціонування тваринницького комплексу у часі, пропонується використовувати класичний апарат теорії автоматичного управління (ТАУ) лінійних слідкуючих систем з врахуванням імовірнісних аспектів. Такий підхід надасть можливість використовувати для дослідження стійкості прогностичного виробничого плану методи, які добре себе зарекомендували при аналізі стійкості автоматичних систем [5]. В якості об'єкта дослідження обрано експериментальний молочний комплекс ДПДГ "Кутузівка" (Харківська обл.) інституту тваринництва УАН, де реалізується технологія безприв'язного утримання тварин.

У роботах [2, 3] було показано, що узагальнена передаточна функція ВЗС із врахуванням всіх прямих і зворотних зв'язків описується виразом (1):

$$W_{(1-7)}(p) = \frac{\theta_{вих}(p)}{\theta_{вх}(p)} = \frac{Ap^3 + Bp^2}{(a_6p^6 + \dots + a_2p^2 + a_1p + a_0)e^{p\tau} + b_4p^4 + b_3p^3 + b_2p^2}, \quad (1)$$

де $\theta_{вх}(p)$ – вхід системи (прогностичний виробничий план);

$\theta_{вих}(p)$ – вихід системи (готова продукція у сфері споживача);

$A, B, a_6, a_5, \dots, a_0, b_4, b_3, b_2$ – коефіцієнти, що являють собою відповідні сполучення постійних часу T_1, T_2, \dots, T_7 ланок і коефіцієнтів підсилення K_1, K_2, \dots, K_7 в ланцюгах прямих і зворотних зв'язків $K_{(2-1)}^{33}, \dots, K_{(7-1)}^{33}$;

p – комплексний оператор Лапласа;

τ – час перевезення вантажу;

e – основа натурального логарифму.

Зібрані на ДПДГ "Кутузівка" дані бухгалтерської звітності дозволили за методикою наведеною у роботі [5] визначити параметри імітаційної моделі. Таким чином, визначивши імітаційну модель молочного комплексу та її коефіцієнти, можна провести дослідження на предмет стійкості прогностичного виробничого плану. З великого розмаїття існуючих методів оцінки стійкості системи оберемо два: алгебраїчний критерій Гурвіца та графоаналітичний критерій Михайлова [8].

Обрання для дослідження саме цих критеріїв обумовлене тим, що алгебраїчний критерій Гурвіца дозволяє дуже швидко (навіть не вирішуючи характеристичне рівняння) встановити, стійкий план або ні. У той же час графоаналітичний критерій Михайлова, дозволяє оцінювати стійкість, судити про ступінь стійкості та встановлювати, якщо необхідно, вплив кожної ланки системи на стійкість процесу в ній. Зрозуміло, що такі глибокі дослідження потребуватимуть набагато більше часу.

Згідно із критерієм Гурвіца, система автоматичного регулювання (у нашому випадку це молочний комплекс) буде стійкою, тобто корені характеристичного рівняння отриманого з виразу (1):

$$a_6p^6 + a_5p^5 + a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0 = 0, \quad (2)$$

будуть мати від'ємні дійсні частини, якщо визначник Гурвіца та всі його діагональні мінори додатні [9]. Складені та розраховані у програмі Mathcad 2001 Pro визначник Гурвіца 6-го порядку та 5-ть його діагональних мінорів для характеристичного рівняння (2) наведені на рисунку 1.

При $a_6 = 8.823 \times 10^3$, $a_5 = 3.587 \times 10^9$, $a_4 = 4.868 \times 10^{13}$, $a_3 = 9.977 \times 10^{12}$,

$a_2 = 2.975 \times 10^{11}$, $a_1 = 3.621 \times 10^7$, $a_0 = 1$, будемо мати:

$$\Delta_6 := \begin{pmatrix} a_5 & a_3 & a_1 & 0 & 0 & 0 \\ a_6 & a_4 & a_2 & a_0 & 0 & 0 \\ 0 & a_5 & a_3 & a_1 & 0 & 0 \\ 0 & a_6 & a_4 & a_2 & a_0 & 0 \\ 0 & 0 & a_5 & a_3 & a_1 & 0 \\ 0 & 0 & a_6 & a_4 & a_2 & a_0 \end{pmatrix} \quad |\Delta_6| = 1.876 \times 10^{55}; \quad \Delta_5 := \begin{pmatrix} a_5 & a_3 & a_1 & 0 & 0 \\ a_6 & a_4 & a_2 & a_0 & 0 \\ 0 & a_5 & a_3 & a_1 & 0 \\ 0 & a_6 & a_4 & a_2 & a_0 \\ 0 & 0 & a_5 & a_3 & a_1 \end{pmatrix} \quad |\Delta_5| = 1.876 \times 10^{55};$$

$$\Delta_4 := \begin{pmatrix} a_5 & a_3 & a_1 & 0 \\ a_6 & a_4 & a_2 & a_0 \\ 0 & a_5 & a_3 & a_1 \\ 0 & a_6 & a_4 & a_2 \end{pmatrix} \quad |\Delta_4| = 5.18 \times 10^{47}; \quad \Delta_3 := \begin{pmatrix} a_5 & a_3 & a_1 \\ a_6 & a_4 & a_2 \\ 0 & a_5 & a_3 \end{pmatrix} \quad |\Delta_3| = 1.742 \times 10^{36};$$

$$\Delta_2 := \begin{pmatrix} a_5 & a_3 \\ a_6 & a_4 \end{pmatrix} \quad |\Delta_2| = 1.746 \times 10^{23}; \quad \Delta_1 := a_5 \quad \Delta_1 = 3.587 \times 10^9.$$

Рисунок 1 – Визначники Гурвіца 6-го порядку та його діагональні мінори

Як видно з рис. 1, визначник Гурвіца та всі його діагональні мінори додатні, тобто:

$$\Delta_6 > 0; \Delta_5 > 0; \Delta_4 > 0; \Delta_3 > 0; \Delta_2 > 0; \Delta_1 > 0. \quad (3)$$

Це означає, що прогностичний виробничий план досліджуваного підприємства є стійким. Проте, слід зазначити, що алгебраїчні критерії дозволяють отримати тільки якісні судження про характер протікання процесів регулювання, тобто встановити, стійкий план або ні. На питання, як швидко відбувається згасання процесів, він відповіді не дає. Може виявитись, що план стійкий, але процеси у системі згасують надзвичайно повільно, і такий план виявляється практично непридатним. Саме тому, необхідно провести додаткові дослідження за допомогою критерію Михайлова.

В алгебраїчних критеріях вимога від'ємності дійсних частин коренів накладає певні обмеження на коефіцієнти характеристичного рівняння. В графоаналітичних критеріях ця вимога обумовлює особливе розміщення кривої, яка характеризує динамічні властивості системи.

У критерії Михайлова в якості визначаючої використовується крива, яку описує кінець вектору:

$$F(j\omega) = a_6(j\omega)^6 + a_5(j\omega)^5 + a_4(j\omega)^4 + a_3(j\omega)^3 + a_2(j\omega)^2 + a_1j\omega + a_0 \quad (4)$$

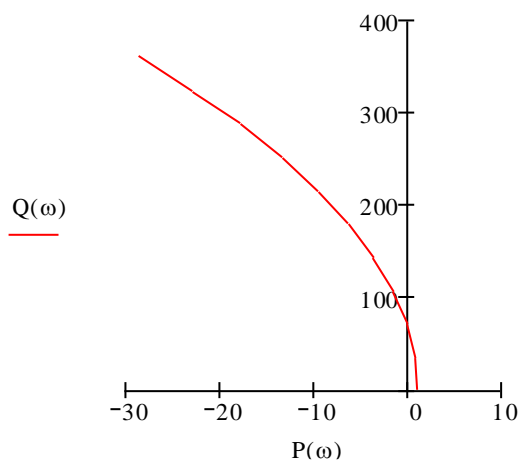
при зміні ω від $-\infty$ до $+\infty$.

Критерій стійкості Михайлова формулюється наступним чином: для того щоб лінійна система автоматичного регулювання, що має характеристичне рівняння n -го порядку, була стійкою, необхідно і достатньо, щоб при зміні ω від 0 до ∞ повна зміна аргументу вектору $F(j\omega)$ дорівнювала $n \frac{\pi}{2}$, де n – степінь характеристичного рівняння [9].

Для характеристичного рівняння (4) при зміні ω від 0 до ∞ повна зміна аргументу вектору $F(j\omega)$ повинна дорівнювати 3π , тобто крива Михайлова повинна бути розміщена так, щоб послідовно перетинати 6 квадрантів рис. 2 а, б, в, г. Таку криву Михайлова (годограф) називають правильною.

$$\omega := 0, 0.000001. 0.00001$$

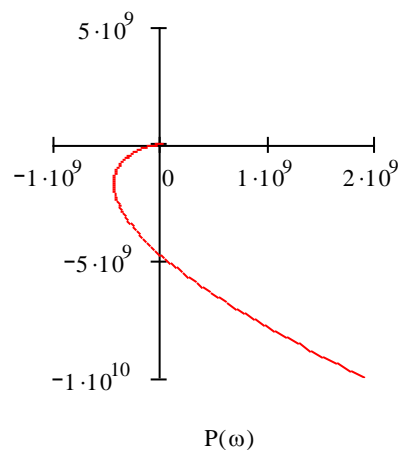
$$P(\omega) := \operatorname{Re}(F(\omega)) \quad Q(\omega) := \operatorname{Im}(F(\omega))$$



а)

$$\omega := 0, 0.001. 0.1$$

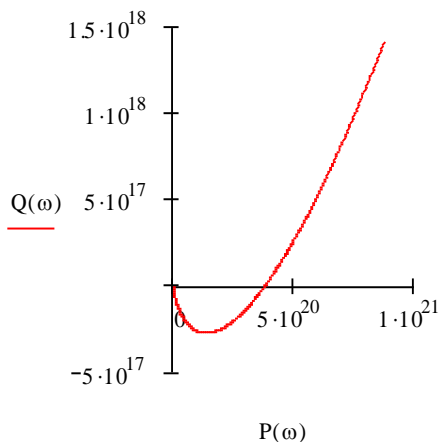
$$P(\omega) := \operatorname{Re}(F(\omega)) \quad Q(\omega) := \operatorname{Im}(F(\omega))$$



б)

$$\omega := 0, 0.1. 65$$

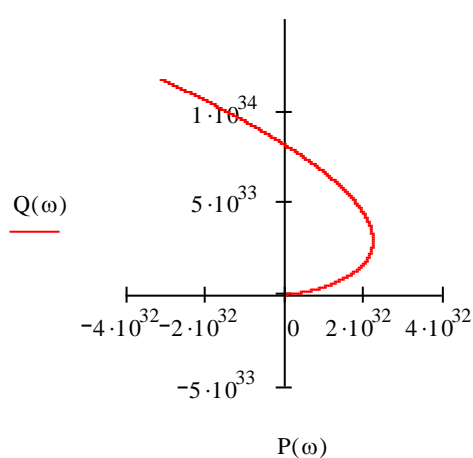
$$P(\omega) := \operatorname{Re}(F(\omega)) \quad Q(\omega) := \operatorname{Im}(F(\omega))$$



в)

$$\omega := 0, 0.5. 80000$$

$$P(\omega) := \operatorname{Re}(F(\omega)) \quad Q(\omega) := \operatorname{Im}(F(\omega))$$



г)

Рисунок 2 – Фрагменти годографу Михайлова для стійкої системи 6-го порядку

Як можна бачити з рис. 2 при існуючих даних виявилось неможливим зобразити всю криву Михайлова на одному графіку. Це пов'язано з тим, що вона будується в частотній області при зміні ω від 0 до ∞ і при заданих параметрах характеристичного рівняння розміщується на дуже великому проміжку значень. Проте, навіть якщо її розбити на окремі фрагменти (а точніше розбити діапазон зміни ω), добре видно, що вона послідовно перетинає 6 квадрантів. Це означає, що і за цим критерієм прогностичний виробничий план досліджуваного підприємства є стійким.

Визначення області стійкості по рівнянням першого наближення не дає повної впевненості в тому, що практично діючий прогностичний виробничий план молочного комплексу буде стійким при всіх значеннях параметрів, що належать до виділеної області. Розрахунок же областей стійкості з врахуванням точних рівнянь або є неможливим, або втрачає свою практичну цінність внаслідок громіздкості. Тому, необхідно виконати розрахунки по наближеним рівнянням, а потім вводити поправочні коефіцієнти (запас стійкості).

Необхідність запасу стійкості можна пояснити наступними обставинами:

- 1) при складанні вихідних рівнянь враховувались лише основні закони економічної теорії та відкидалися другорядні чинники;
- 2) вихідне рівняння є лінеаризованим;
- 3) економічні показники, через які виражаються постійні часу та коефіцієнти підсилення ланок, звичайно визначаються з похибкою;
- 4) розрахунок ведеться для типової схеми ВЗС при типових умовах.

В дійсності же потрібно врахувати статистичний характер зміни зовнішніх чинників та розкид параметрів на різних комплексах.

Запас стійкості може бути виражений у різний спосіб, залежно від того, який критерій прийнятий за основу розрахунку. Так, якщо використовувати критерій Михайлова та знаходження системи на межі стійкості позначити тим, що крива проходить через початок координат, запас стійкості будемо задавати як радіус кола r з центром у початку координат (рис. 3).

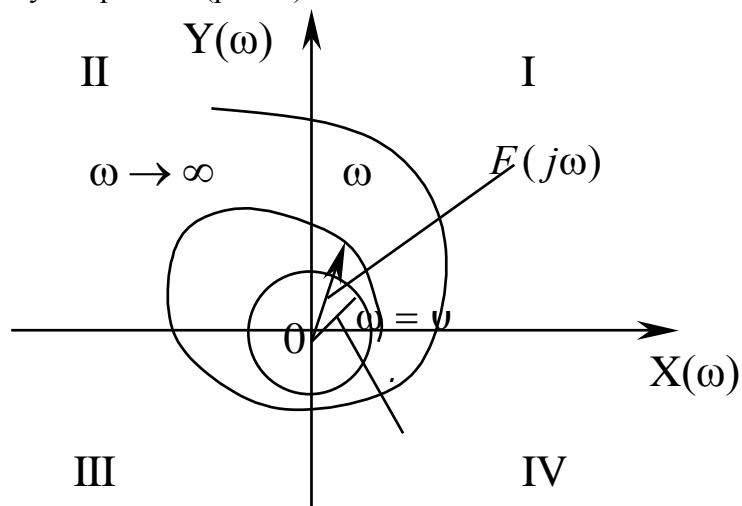


Рисунок 3 – Завдання запасу стійкості за допомогою радіусу кола

Якщо уважно проаналізувати рисунок 2, то можна помітити, що радіус кола з центром у початку координат не може перевищувати 1. Цей факт відображає наявність запасу стійкості рівного одиниці.

У роботі були розглянуті основні методи аналізу стійкості автоматичних систем, які можуть бути практично застосовувані для визначення стійкості виробничого плану молочного комплексу. Проаналізувавши два розглянуті критерії (Гурвіца та Михайлова), можна зробити висновок, що графоаналітичний критерій стійкості Михайлова дає значно більше інформації про стійкість прогностичного виробничого плану. Крім того, він дозволяє встановлювати вплив кожної ланки системи на стійкість процесу в ній, а це видається дуже важливим, зважаючи на кількість ланок ВЗС. У той же час, якщо ставиться задача тільки встановити факт стійкості або нестійкості плану, то найкраще підійде алгебраїчний критерій Гурвіца.

Отже, використання апарату теорії автоматичного управління в економічних системах, відкриває широкі можливості формалізованого опису таких систем та застосування до них критеріїв стійкості. А зважаючи на відносну легкість реалізації зазначених критеріїв за допомогою ЕОМ, перспективним є розробка алгоритму дослідження стійкості прогностичного виробничого плану на певних часових проміжках. Це дозволить оперативно вносити зміни в виробничий план, визначати втрачені вигоди у разі нестійкості плану, та у кінцевому рахунку, призведе до досягнення основної загальної мети функціонування молочного комплексу – створення свого споживача.

Список літератури

1. Колобов А.А. Логистико-ориентированное управление организационно-экономической устойчивостью промышленных предприятий в рыночной среде. – М.: Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. – 205 с.
2. Кравчук А.Ф., Николаев І.В. Імітаційна модель молочної ферми //Наукові праці Кіровоградського державного технічного університету. Економічні науки. – 2002. Вип. 3. – С. 148–154.
3. Николаев І.В. До питання адекватної імітаційної моделі тваринницької ферми //Економіка: проблеми теорії та практика. Збірник наукових праць. –Дніпропетровськ: ДНУ, 2003. Вип. 177. Том І. -С.175-179.
4. Гамалій В.Ф., Николаев І.В. Розробка логістичної системи молочної ферми //Наукові праці Кіровоградського державного технічного університету. Економічні науки. – 2004. Вип. 5. – С. 131–140.
5. Гамалій В.Ф., Николаев І.В. Визначення параметрів імітаційної моделі виробничо-збутової системи //Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету: Економічні науки. – Кіровоград: КНТУ, 2005. Вип. 7. Ч. І. – С. 10–15.
6. Полякова О.Ю., Милов А.В. Моделирование системных характеристик экономики: Учебное пособие. – Х.: Издательский Дом «ИНЖЕК», 2004. – 296 с.
7. Моделирование экономической динамики: Учебное пособие /Клебанова Т.С., Дубровина Н.А., Полякова О.Ю., Раевнева Е.В., Милов А.В., Сергиенко Е.А. – Х.: Издательский Дом «ИНЖЭК», 2004. – 244 с.
8. Гамалій В.Ф., Николаев І.В. Дослідження стійкості виробничого плану тваринницького комплексу. Тези доп. Х наук.-метод. конференції «Проблеми економічної кібернетики» з нагоди 40-ї річниці «Економічної кібернетики» в Україні. 15-17 вересня 2005 р. м. Київ: 2005. -С.177-179.
9. Основы автоматического управления и регулирования /Зайцев Г.Ф., Костюк В.И., Чинаев П.И. – К.: Техніка, 1975. – 496 с.

В работе рассматриваются возможности практического применения методов исследования устойчивости автоматических систем управления для определения устойчивости производственного плана молочного комплекса. Предложена методика оценки запаса устойчивости производственного плана.

In the work are considered possibility of the practical application of the methods of the study to stability automatic managerial system for determination of stability of the production plan of the milk complex. The offered methods of the estimation of the spare to stability of the production plan.