



**І. Г. Фадєєва,**  
кандидат економічних наук, доцент  
кафедри економіки підприємства  
Івано-Франківського національного  
технічного університету нафти і газу

## СИНЕРГІЗМ ТА КООРДИНАЦІЯ РОБОТИ ПІДСИСТЕМ В ІНТЕГРОВАНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ НАФТОГАЗОВИДОБУВНОЇ КОРПОРАЦІЇ

*Розглядаються основні принципи координації підсистем у складних інтегрованих системах управління нафтогазовидобувних корпорацій та задачі координації. Встановлено зв'язки економічностей установок попутного газу і сепараційної установки з продуктивністю. Сформульовано задачі оперативної оптимізації статичних режимів та процедури координації для нафтогазовидобувних підприємств.*

*Ключові слова:* синергійний ефект, економічність установок, координація, продуктивність, цільова функція, нафтогазовидобувна корпорація.

**И. Г. Фадеева**

### СИНЕРГИЗМ И КООРДИНАЦИЯ РАБОТЫ ПОДСИСТЕМ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ КОРПОРАЦИИ

*Рассматриваются основные принципы координации подсистем в сложных интегрированных системах управления нефтегазодобывающих корпораций и задачи координации. Установлены связи экономичности установок попутного газа и сепарационной установки с производительностью. Сформулированы задачи оперативной оптимизации статических режимов и процедуры координации для нефтегазодобывающих предприятий.*

*Ключевые слова:* синергетический эффект, экономичность установок, координация, производительность, целевая функция, нефтегазодобывающая корпорация.

**I. G. Fadyeyeva**

### SYNERGIES AND WORK COORDINATION OF SUBSYSTEMS IN THE INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM OF OIL AND GAS CORPORATION

*The basic principles of coordination of the subsystems in complex integrated systems of oil and gas corporations and task coordination. It synergistic communication efficiency units and associated gas separation plant. Formulated the problem of operational optimization of static modes and coordination procedures for oil and gas companies.*

*Key words:* synergy, efficiency units, coordination, performance, target function, oil and gas corporation.

**Постановка проблеми.** Відомо, що синергічного ефекту в системі управління корпоративним розвитком досягають, перш за все, завдяки інтеграції, яка може бути вертикальною, горизонтальною, діагональною і комбінованою [1; 2]. Інтеграція забезпечує отримання синергічного ефекту у формі початкового синергізму, який діє протягом короткотривалого періоду, а також у формі прихованого синергізму, що поширюється на довготривалий період, спрямовуючи відповідні керувальні дії на інтегровану промислову корпорацію [2; 14]. Оскільки діяльність підприємств підрозділяється на операційну, фінансову та інвестиційну, то й відповідно можна виділити три основні напрями досягнення синергічних ефектів від інтеграції: операційна синергія, фінансова синергія та інвестиційна синергія. Одним із головних шляхів отримання операційної синергії є скорочення витрат у результаті більш ефективного завантаження виробничих потужностей. Після здійснення інтеграції виникає можливість дозавантажувати обладнання або виконати частку замовлення на іншому обладнанні фірми. Прояви синергізму в системах управління корпоративним розвитком дали поштовх для залучення в економічну науку теорій біфуркацій, катастроф, координації, додатного зворотного зв'язку [3; 4; 12; 14].

Координація в системі управління корпоративним розвитком є актуальною науково-прикладною проблемою,

наукові розробки якої потрібно поглиблювати з урахуванням специфіки тенденцій та перспективи розвитку нафтогазовидобувних компаній у транзитивній економіці України на основі системно-синергічної методології.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Системно-синергічний підхід усе частіше привертає увагу вчених у галузі управління економікою, і особливо у сфері управління корпоративним розвитком [1–5; 12; 13; 14]. У теорії корпоративного управління досліджуються й різні аспекти досягнення фінансової синергії. Проте питання координації в системах управління корпоративним розвитком ще недостатньо розроблені.

**Метою статті** є формування задач координації роботи підсистем в інтегрованій системі управління нафтогазовидобувної корпорації, визначення основних процедур координації і розроблення процедури ухвалення рішень.

**Основні результати дослідження.** Виходитимемо з того, що основою нафтогазовидобувної корпорації є нафтогазовидобувні підприємства (НГВП).

При створенні інтегрованої системи управління НГВП задачі оптимізації виробництва формуються як задачі верхнього рівня управління [6; 12]. Вони розв'язуються відносно обмеженої кількості змінних стану, спостереження та управління, тобто лише тих змінних, які суттєво впливають на хід процесів технологічної підготовки наф-

ти, попутного газу і води, та показників ефективності роботи НГВП. У цьому випадку більшості технологічних змінних підтримуються на заданому чи оптимальному рівнях системами управління окремих підсистем, виділених за певними ознаками в технологічному комплексі. За таких умов структуру системи управління створюватимемо, користуючись методами декомпозиції, які дозволяють розподілити складові системи між рівнями, тобто по вертикалі, та між підсистемами, тобто по горизонталі.

Слід відзначити, що найкращі економічні показники функціонування НГВП можна забезпечити, розв'язавши задачу координації роботи всіх підсистем. Для цього слід визначити таку взаємодію підсистем, коли управління, оптимальне за критеріями ефективності для кожної з підсистем, є також оптимальним за загальними критеріями для НГВП у цілому [7].

Координація роботи підсистем НГВП є специфічною задачею ієрархічної інтегрованої системи управління, яка сьогодні [4; 12] використовує ряд принципів, на яких засновані ітеративні та безітеративні процедури. Основні принципи координації наведено на рис. 1.

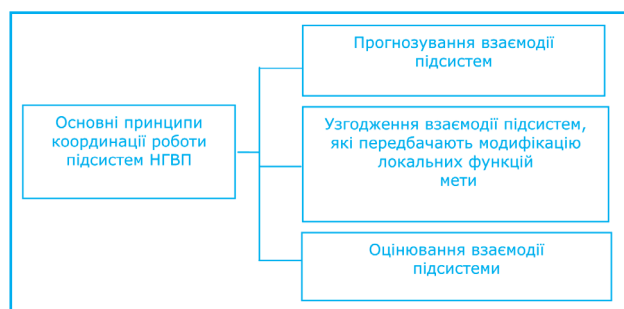


Рис. 1. Основні принципи координації роботи підсистем у складних інтегрованих системах управління НГВП

Джерело: Складено автором

Слід зазначити, що для ефективного функціонування системи управління НГВП важливим є виконання умов координування та сумісності підзавдань управління. Зазначені умови гарантують вирішення загальної задачі, якщо існує розв'язок кожного з підзавдань. Умови сумісності підзавдань управління в ієрархічній системі передбачають коректність підзавдань управління підсистемами нижнього рівня. Отже, алгоритм вирішення завдання координації має забезпечувати пошук таких дій, за яких вирішення підзавдань нижнього рівня відповідає екстремуму загального показника ефективності роботи НГВП. Крім того, алгоритм вирішення підзавдань управління нижнього рівня та підзавдань координації повинні бути стійкими відносно обчислювальних похибок [4].

У нашому випадку НГВП розглядатимемо як дворівневу систему, де виділено  $N$  підсистем, під час функціонування яких можуть виникнути конфліктні ситуації (рис. 2).

При послідовному з'єднанні підсистем технологічної підготовки нафти і попутного газу економічність  $E$  їх роботи залежно від продуктивності  $Q$  має вигляд типових кривих  $E_1(Q), E_2(Q)$ , а робоча точка  $A$  може змінювати своє положення у зв'язку з дрейфуванням, або деформуванням цих кривих (рис. 3).

Для умов НГВП можна розглядати підсистеми осушення попутного газу і сепарації. Економічність осушення газу  $E_1$  при збільшенні продуктивності  $Q$  зменшується, оскільки при цьому витрачається більше енергії на процес осушення газу. Проте економічність сепараційної установки  $E_2$  при збільшенні продуктивності  $Q$  збільшується, позаяк при цьому відбувається більш інтенсивне вилучення рідини із сепаратора.

Отже, точка  $A$  на рис. 3 визначає робочий режим двох підсистем, роботу яких треба координувати. Крім того, цій точці відповідає мінімум сумарної економічності двох підсистем, що є проявом синергічного ефекту. Оскільки характеристики газорідної суміші, що виходить із сверд-

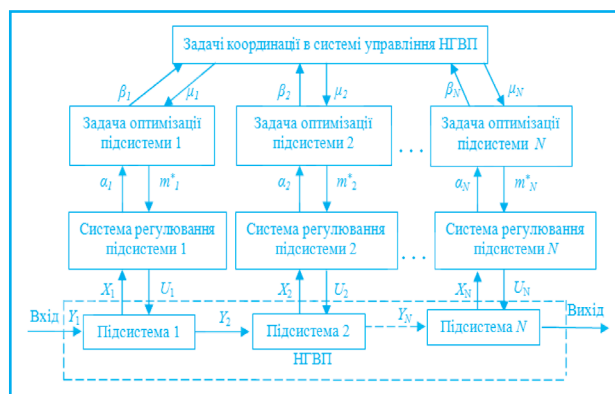


Рис. 2. Завдання координації в узагальненій структурі інтегрованої системи управління НГВП

Джерело: Авторська розробка

Позначення:  $X_1-X_N$  – координати стану підсистем;  $U_1-U_N$  – керувальні дії (управління) підсистем;  $\alpha_1-\alpha_N$  – вектори агрегованих змінних для  $N$ -их підсистем;  $\beta_1-\beta_N$  – вектори інформації про оптимізацію  $N$ -ої підсистеми;  $\mu_1-\mu_N$  – параметри координації;  $m^*$  – вектор управління (завдання змінних стану), визначений у задачі оптимізації  $N$ -ої підсистеми.

ловин, а також енергоносіїв повсякчас змінюються, тому пошук точки  $A$  повинен здійснюватися постійно. Це стосується і координації роботи підсистем, яка викликана зміною зовнішніх економічних чинників, що впливають на динаміку системи: трансфертної ціни на нафту і газ, зростання попиту на продукцію, ціни реалізації одиниці продукції, збутових витрат, вартості робочої сили та ін.

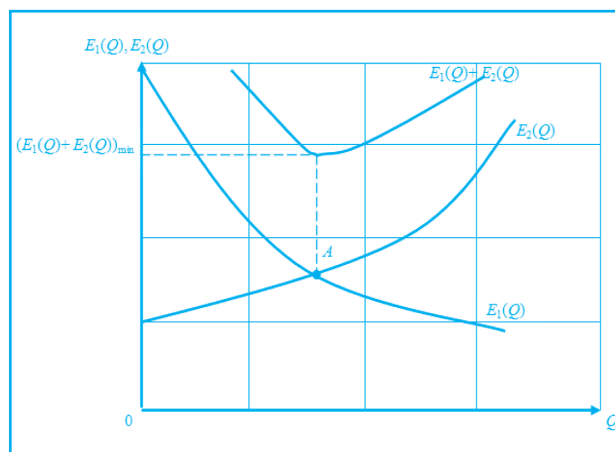


Рис. 3. Типові графіки залежностей економічностей установки осушення попутного газу  $E_1$  і сепараційної установки  $E_2$  як підсистем НГВП від продуктивності  $Q$  – приклад формування синергічного ефекту при горизонтальній інтеграції двох підсистем

Джерело: Авторська розробка

Координація роботи підсистем НГВП у цьому випадку можлива під впливом зміни чинників, що характеризують економічний стан і діяльність підприємства у цілому: випуск продукції підприємства (нафти, газу), акцептований капітал, накопичений прибуток, власний капітал підприємства. Саме у цьому полягає задача координації.

У складних гетерархічних системах, якими є нафтогазовидобувні корпорації, колективна дія може бути як більшою, так і меншою за арифметичну суму дій окремих складових (принцип емерджентності). Отримання ефекту, що перевищує арифметичну суму, тобто синергічного ефекту, є задачею менеджменту корпорації. Формалізований опис цієї задачі може бути представлений такими залежностями.

Припустимо, що адитивний ефект розглядається як результат реалізації цільової функції кожної підсистеми корпорації, які мають такі позначення:

$$I_1 = f_1(x_1),$$

$$I_2 = f_2(x_2),$$

.....,

$$I_i = f_i(x_i),$$

.....,

$$I_N = f_N(x_N),$$

де  $x_i$  – фактори виробництва в корпорації;  
 $N$  – кількість критеріїв ефективності.

Якщо ці функції лежать в одній площині й абсолютно співпадають за напрямком, тобто когерентні, тоді цільова функція корпорації може розглядатися як арифметична сума

$$I = \sum_{i=1}^N f_i(x_i).$$

Якщо продиференціювати цю функцію за всіма аргументами, тобто за всіма факторами виробництва в корпорації, тоді

$$dI = \sum_{i=1}^N \frac{\partial f_i(x_i)}{\partial x_i} dx,$$

де  $\frac{\partial f_i(x_i)}{\partial x_i} = E_i(x_i).$

Тоді  $dI = \sum_{i=1}^N E_i(x_i) dx.$

Якщо позначити  $\sum_{i=1}^N E_i(x_i) = E(x),$  то отримаємо

$$dI = E(x) dx,$$

де  $E(x)$  – «інтерес» конкретної складової (кластера) системи [3], тобто підсистеми корпорації (дочірніх підприємств, інституціональних інвесторів, власників, менеджерів та ін.).

У корпоративних структурах ортогональний вектор  $E(x)$  враховує напрям інтересів кластерів, які входять у корпорацію, тобто є векторною величиною, що визначає ефективність конкретного кластера, яка впливає на ефективність системи у цілому.

З існуючих наукових досліджень [4; 8] відомо, що для окремих підсистем, робота яких координується, критерії оптимальності мають вигляд інтегральної функції

$$I_i = \int_0^t F_i(X, U, Z, t) dt. \quad (1)$$

Тоді найпростішим шляхом управління технологічним комплексом є адитивна функція згортки

$$I_{\text{TK}} = \sum_{i=1}^N I_i \xrightarrow{U} \max. \quad (2)$$

Тут  $I_i$  – критерій оптимальності  $i$ -ої підсистеми,  $i = 1, 2, \dots, N$ ;  $F_i()$  – функція декількох змінних;  $X$  – вектор вихідних змінних;  $U$  – вектор управлень;  $Z$  – вектор збурень;  $t$  – час роботи;  $I_{\text{TK}}$  – критерій оптимального управління технологічним комплексом;  $N$  – кількість критеріїв ефективності роботи підсистем підприємства.

У цьому випадку слід дотримуватися такої вимоги: критерії  $I_i$  повинні мати одну розмірність, або, якщо вони різної розмірності, то їх можна штучно нормалізувати.

Оскільки для кожної підсистеми НГВП існує критерій управління, який має техніко-економічну природу, тоді су-

ма (2) не викликає сумнівів. Необхідно відзначити, що часто критерії (2) подають [4] у вигляді

$$I_{\text{TK}} = \alpha_1 I_1 + \alpha_2 I_2 + \alpha_3 I_3 \dots, \quad (3)$$

де коефіцієнти  $\alpha_i$  характеризують вагу конкретного критерію, тобто його значущість, і можуть умовно давати змогу додавати критерії різної розмірності. Коефіцієнти  $\alpha_i$

задає координатор; їх сума  $\sum_{i=1}^N \alpha_i = 1, \alpha_i \geq 0.$

Для оцінки прибутку враховуватимемо тільки ту частину виробничих витрат, що залежить безпосередньо від значень режимних параметрів установок технологічної підготовки нафти, попутного газу і води та системи їх транспортування. При цьому для спрощення розрахунків пропонується використати не абсолютне значення цієї частини витрат, а їх зміну при відхиленні режиму роботи кожної установки від нормативного. Наявність такого критерію дозволяє оцінити оптимізацію розробки нафтових родовищ [9] і визначити, який прибуток буде отримано чи яких втрат зазнає НГВП при зміні характеру процесів технологічної підготовки нафти, попутного газу та води.

Досліджено, що у процесі функціонування об'єкта управління його параметри змінюються в досить широкому діапазоні (внаслідок, головним чином, зміни властивостей рідини, що поступає із свердловини, і температури навколишнього середовища, яка коливається від +40 до -40 °С), що суттєво впливає на зміну сталих часу, коефіцієнти та функцію передачі об'єкта.

Тоді координацію керувальних дій, що вживаються на окремих рівнях ієрархії, можна зробити, застосовуючи принципи оптимальності. Це дозволить забезпечити локальну обробку інформації в підсистемах НГВП і до мінімуму скоротити обмін інформацією між рівнями ієрархії.

Один із перших методів керування був запропонований О. А. Ладанюком [12]. Суть методу в тому, що для кожної із підсистем технологічного комплексу харчової промисловості визначаються керуючі дії, які забезпечують роботу цих підсистем в оптимальних режимах. Такий підхід є кібернетичним і базується на від'ємному зворотному зв'язку в підсистемах. Координація здійснюється шляхом зміни вхідного впливу, який формується системою оптимізації. На відміну від цього методу для координації роботи підсистем НГВП ми застосовуватимемо синергійний підхід, коли корегування здійснюється на базі не тільки від'ємного, а й додатного зворотного зв'язку.

Узгоджена у просторі та часі взаємодія найважливіших підсистем на принципах додатного і від'ємного зворотного зв'язків повинна стати умовою, що дозволяє реалізувати синергійні ефекти в корпораціях.

Отже, для формування задачі координації роботи підсистем НГВП виділено  $g$  підсистем, для кожної з яких локальна цільова функція (мінімум витрат) виглядатиме таким чином:

$$\tilde{I}_g = f_g(U_g, Y_g), \quad g \in G, \quad (4)$$

а вектор-функція вихідних координат матиме такий запис:

$$Y_g = F_g(U_g, X_g, Z_g), \quad g \in G, \quad (5)$$

де  $U_g$  – вектор управлень;  
 $Y_g$  – вектор вихідних координат;  
 $X_g$  – вектор взаємодії підсистем;  
 $Z_g$  – вектор зовнішніх збурень (зміни ціни на нафту, вартості енергоносіїв, співвідношення гривня/долар та ін.);  
 $G$  – множина підсистем НГВП.

З урахуванням (4) і (5) задача оперативної оптимізації статичних режимів роботи виділених підсистем за умови, що функції (4) лежать в одній площині та абсолютно співпадають за напрямком, тобто абсолютно узгоджені (когерентні), записується як арифметична сума

$$\sum_g F_g(U_g, X_g, Z_g) \xrightarrow{U_g, X_g, g \in G} \min$$

$$\text{при } Y_{gj} \cdot (U_g, X_g, Z_g) = X_{gj} \quad (6)$$

на часовому інтервалі  $T$ , де  $t \in T$  – неперервний час, та за обмежень

$$U_g \in U; X_g \in X; Y_g \in Y; g, j_g \in G, \quad (7)$$

де  $U, X, Y$ , – множини допустимих значень  $U_g, X_g, Y_g$ ;  $Y_{gj}$  – вектор-функція вихідних координат, яка враховує вплив  $g$ -тої підсистеми на  $j$ -ту;

$X_{gj}$  – вектор змінних взаємодії  $g$ -тої та  $j$ -тої підсистем.

Тоді основними процедурами координації [10] для НГВП будуть:

- розв'язання задачі координації на основі результатів розв'язання підзадач нижнього рівня;
- отримання адекватних математичних моделей підсистем та їх ідентифікація і адаптація;
- використання ітераційних процедур, що дають змогу отримати та ефективно використати проміжні результати;
- передбачення на кожній ітерації найбільшого зростання показника ефективності.

З урахуванням наведених процедур координації, досвіду створення систем координації [4; 10; 11; 12] і системного аналізу об'єкта управління запропоновано набір правил координації роботи підсистем НГВП:

**R1:** визначити допустимі значення вихідних координат

$$\bar{Y}_g = \bar{Y}_g^{(1)} \quad \text{для виділених підсистем НГВП;}$$

**R2:** розв'язати підзадачі оптимізації роботи підсистем НГВП, які координуються при значеннях цільової функції

$$\bar{I}_g^{(n)}, \text{ а саме:} \\ f_g(\bar{U}_g, \bar{Y}_g) \xrightarrow{\bar{u}_g \in U_g} \min; \quad \bar{Y}_g = F_g(U_g, X_g, Z_g), \quad g \in G; \quad (8)$$

**R3:** визначити значення цільової функції для НГВП у цілому

$$\sum f_g(\bar{U}_g, \bar{Y}_g^{(n+1)}); \quad (9)$$

**R4:** на основі поточної інформації сформувані вектор  $\bar{Y}_g^{(n+1)}$ ;

**R5:** оцінити функцію ефективності для НГВП

$$\min_{u \in U} x f(\bar{U}, \bar{Y}) = \sum_{g=1}^N f_g(\bar{U}_g, \bar{Y}_g^{(n+1)}), \quad (10)$$

де  $N$  – кількість виділених підсистем НГВП;

**R6:** перевірити умову зупинки процесу координації роботи підсистем

$$|f^{(n+1)} - f^{(n)}| \leq e, \quad (11)$$

де  $e$  – задане мале число;

**R7:** якщо умова (11) не виконується, тоді здійснити нову ітерацію, починаючи із **R2**;

**R8:** якщо умова (11) виконується, тоді вихідні координати є оптимальними  $Y_{gj}^{opt}$ .

Для реалізації алгоритму координації виникає потреба вибору методу розв'язання задач оптимізації кожної із підсистем НГВП та координації їх роботи.

**Висновки.** На основі системного аналізу нафтогазовидобувного підприємства як об'єкта управління виділено підсистеми технологічної підготовки нафти, попутного газу і води та їх транспортування. Показано, що за допомогою координації їх роботи у сформованій багаторівневій ієрархічній структурі нафтогазовидобувної корпорації з використанням алгоритму адаптації підвищується ефективність функціонування підприємства.

Встановлено синергійний зв'язок економічності установок осушення попутного газу і сепараційної установки як підсистем нафтогазовидобувного підприємства з продуктивністю, застосування якого на практиці дозволить керівникам розширити набір методів управління, а також створити додаткові можливості розвитку корпорації.

### Література

1. Ансофф И. Новая корпоративная стратегия / И. Ансофф ; пер. с англ. под ред. Ю. Н. Контуревского // Спб. : Питер, 1999. – 416 с.
2. Коломієць О. В. Побудова динамічної моделі об'єднання підприємств із синергічними зв'язками / О. В. Коломієць // Вісник Державного Університету «Львівська політехніка». Логістика. – 2002. – № 446. – С. 328–338.
3. Кузнецова С. Б. Системно-синергетический подход к решению задач экономической безопасности крупного промышленного комплекса / С. Б. Кузнецова, И. А. Кошкина // Социально-экономическое развитие России в XXI веке. – Пенза, 2003. – С. 127–129.
4. Ладанюк А. П. Координация функционирования технологичных дільниць цукрового заводу з урахуванням задач прогнозування / А. П. Ладанюк, Н. А. Заєць, Л. О. Власенко, М. Н. Луцька // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – № 6. – С. 112–115.
5. Хорошева Е. И. Синергетический феномен финансовых отношений / Е. И. Хорошева // Финансы, учет, банки. Вып. № 1(15). – 2009. – С. 65–71.
6. Хасанов М. М. О методах анализа и управления самоорганизующимися процессами нефтегазодобычи / М. М. Хасанов // Нефтяное хозяйство. – 1994. – № 2. – С. 74–77.
7. Балакиров Ю. А. Оптимальное управление процессами нефтедобычи / Ю. А. Балакиров, Л. В. Капушак, Е. А. Слепян. – К. : Техника, 1987. – 148 с.
8. Yazenin A V. Possibilistic optimization. Amasure-based approach / A V. Yazenin, M. Wagenknecht. – Brandenburg : Technische Universitet Cottbus, 1996. – 133 p.
9. Лысенко В. Д. Оптимизация разработки нефтяных месторождений / В. Д. Лысенко. – М. : Недра, 1991. – 296 с.
10. Заєць Н. А. Автоматизоване управління колонною дифузійною установкою з використанням принципів координації та адаптації / Н. А. Заєць // Восточноевропейский журнал передовых технологий. – 2008. – № 2(32). – С. 34–37.
11. Ладанюк А. П. Системний аналіз складного об'єкта в задачах діагностики та координації / А. П. Ладанюк, Л. О. Власенко, Н. А. Заєць // Автоматизація виробничих процесів. – 2006. – № 2. – С. 44–47.
12. Ладанюк О. А. Автоматизоване управління взаємозв'язаними підсистемами технологічних комплексів харчових виробництв : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.07 «Автоматизація технологічних процесів і виробництв» / О. А. Ладанюк ; Укр. держ. універ. харчових технологій. – К., 1996. – 16 с.

Стаття надійшла до редакції 14 лютого 2012 року

Розміщуємо баннерну і контекстну рекламу  
на сайтах Інтернет-холдингу Інституту трансформації суспільства (56 веб-ресурсів)  
[www.soskin.info](http://www.soskin.info)

Тел./факс: (044) 235 98 28 (27)  
E-mail: [os@osp.com.ua](mailto:os@osp.com.ua)