

УДК 656.025:620

В.Х. Далека, К.О. Сорока, Д.О. Личов

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків

## СТРУКТУРИЗАЦІЯ СИСТЕМОЇ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПРОЕКТІВ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

В статті проведена систематизація методів формування важелів управління виробничо-технологічним підприємством електротранспорту з метою підвищення ефективності його функціонування. Електротранспорт розглядається як систему взаємодії великої кількості елементів двох типів: активних елементів і ліній зв'язку. Система має значний територіальний розподіл, велике число елементів, що формують систему; і характеризується безперервним розвитком у просторі. До навколишнього середовища відносяться: транспортну мережу; дислокацію пасажироутворюючих пунктів; соціальну структуру жителів; чисельність населення та його попит на транспортні послуги. Процес оперативного управління є автоматизованим, тобто виконується при наявності суб'єкта – особи, що приймає рішення (ОПР), у контурі управління системою. В статті побудовані моделі середовища і модель управління виробничо-технологічним підприємством. Розглянуто ітераційний метод побудови математичної моделі об'єкта управління, який характеризується випадковими процесами подачі і споживання транспортних послуг.

**Ключові слова:** Електричний транспорт, ефективність функціонування, зовнішнє середовище, оптиміальне управління, ресурсозбереження.

### Постановка проблеми

Відповідно до курсу економічного і соціального розвитку України необхідно орієнтуватись на вирішення різноманітних задач, безпосередньо зв'язаних з поліпшенням умов життя і праці людей. Це приводить до необхідності динамічного, і пропорційного розвитку всіх галузей народного господарства, у тому числі транспортних систем та їх інфраструктури.

Дані системи характеризуються рядом специфічних особливостей: значним територіальним розподілом і величезним числом елементів, що формують систему; безперервним розвитком у просторі (по території) і в часі; ієрархічною структурою системи управління та системи якою управляють, і безпосередньою наявністю суб'єкта в контурі управління; безперервністю процесів транспортної роботи в часі; високим ступенем централізації управління з одночасною децентралізацією оперативного управління технологічними процесами пасажироперевезень; інерційністю транспортних процесів і неможливістю створення оперативних запасів у процесі надання послуг [1, 2].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

З погляду структури і функціонального призначення окремих елементів цієї системи можна представити у виді чотирьох незалежних по характеру і критеріям функціонування підсистем: населення з попитом на транспортні послуги, транспортної мережі, виробничо-технологічного

підприємства (ВТП), а також споживачів транспортних послуг (рис. 1).

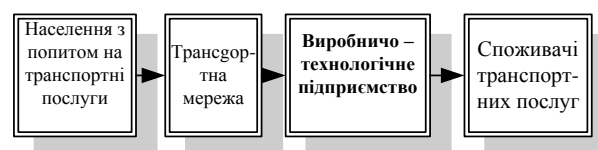


Рис. 1 – Функціональна структура транспортної системи

Призначення перших двох підсистем – формування в просторі і часі обсягів перевезень пасажирів відповідно попиту населення. Основне призначення третьої підсистеми – задоволення попиту, забезпечення безпечного перевезання споживачів транспортних послуг з відповідним рівнем комфорту. Цю підсистему можна представити у вигляді двох складових, а саме виробничо-технологічного потенціалу (тобто наявними виробничими, технологічними і матеріальними ресурсами) і виробничо-технологічного колективу [3].

Найбільш розгалужену і складну підсистему – це виробничо-технологічне підприємство (ВТП), яке можна визначити як складну, з багатьма зв'язками, виробничу систему [3, 4].

### Виклад основного матеріалу

Виробничо-технологічне підприємство будемо розглядати, як систему взаємодії великої кількості елементів двох типів: активних елементів і ліній зв'язку. Взаємозв'язок підсистем, обумовлений

формальним способом, назвемо структурою ВТП. Зокрема, якщо всі підсистеми ВТП — двохполюсні елементи зі входами та виходами, то структура мережі може бути представлена у виді зв'язного, лінійного, орієнтованого графа.

Кожну підсистему виробничо-технологічного підприємства, розглянуту в деякий момент часу, будемо характеризувати двома змінними величинами – ефективністю функціонування (регулярністю руху, наповненням транспортних одиниць та ін. в залежності від об'єкту) та рівнем споживання ресурсів. У цьому випадку розподіл ресурсів у виробничо-технологічному підприємстві, в будь-який момент часу, визначається значеннями вказаних змінних і залежить від поточної структури мережі та параметрів її підсистеми. [3, 4].

Розглянемо виробничо-технологічне підприємство, як об'єкт управління, що функціонує у деякому середовищі. Основна мета управління полягає в задоволенні потреб споживачів – наданні транспортних послуг, що безупинно змінюються. Тобто завданням є забезпечення найбільш повної відповідності між станами об'єкту управління і навколишнього середовища. Ця відповідність повинна бути реалізована при квазіоптимальних значеннях певних критеріїв управління та умови обов'язкового виконання технологічних обмежень.

Під час вирішення завдань оперативного управління споживанням ресурсів в виробничо-технологічних підприємствах МЕТ до навколишнього середовища варто віднести: транспортну мережу; дислокацію пасажироутворюючих пунктів; соціальну структуру жителів; чисельність населення та його попит на транспортні послуги. Крім того, до навколишнього середовища віднесемо споживачів транспортних послуг – пасажирів, оскільки їхніми запитами (тобто бажанням скористатись даним видом транспорту) керувати не можна. Стан навколишнього

середовища, в кожен момент часу, будемо характеризувати необхідними обсягами транспортної роботи і ресурсів, з врахуванням заданого комфорту обслуговування пасажирів і можливого поповнення ресурсів з різних джерел.

Оптимальне управління ВТП повинно забезпечувати адаптацію виробничо-технологічного потенціалу до постійно змінюючого зовнішнього середовища. Здійснення оптимального управління обмежують невизначеності транспортної системи. Відзначимо основні невизначеності, характерні для транспортної системи, як об'єкта управління:

- невизначеність об'єкта управління, що виявляється в неповноті інформації про структуру, параметри і вхідні величини;
- відсутність адекватної моделі, яка б однозначно описувала об'єкт управління його змінні величини та критерії управління, тобто процеси функціонування та представлення транспортних послуг;
- невизначеність середовища, що знаходить своє відображення в стохастичному характері процесів споживання транспортних послуг пасажирями і ресурсів, у відсутності поточної інформації про більшість споживачів;
- невизначеність критеріїв управління, що виявляється в багатокритеріальності, невизначеності окремих критеріїв та їх згортки.

На рис. 2 приведена блок-схема системи управління виробничо-технологічним підприємством МЕТ. Вектор вхідних змінних  $X_{ex}$  можна представити у вигляді двійки векторів  $X_{ex} = \langle m_{ex}, S_{ex} \rangle$  - вектора пасажиропотоків  $m_{ex}$  і вектора витрат ресурсів  $S_{ex}$ . Розмірність векторів  $m_{ex}$ ,  $S_{ex}$  залежить від кількості входів ВТП.

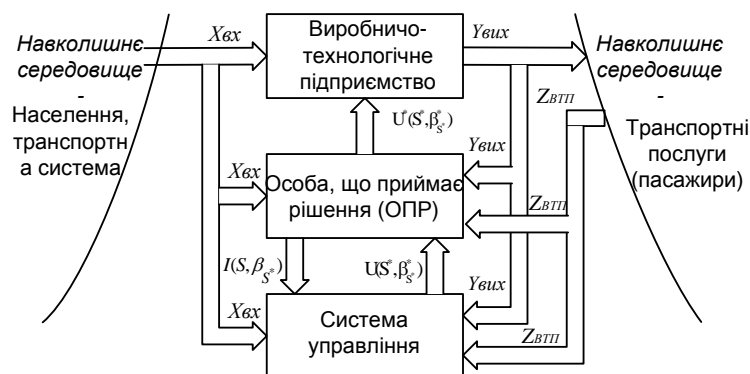


Рис. 2 – Блок-схема системи управління виробничо-технологічним потенціалом

Аналогічно характеризується вектор вихідних змінних  $Y_{vix} = \langle m_{vix}, S_{vix} \rangle$ . Компоненти вектора  $m_{vix}$  відповідають величинам пасажиропотоків, а  $S_{vix}$  –

витратам ресурсів на транспортні послуги, що надаються споживачам. Розмірність векторів  $m_{vix}$ ,  $S_{vix}$  у загальному випадку залежить від кількості

споживачів транспортних послуг. Вектор  $Z_{ВТП}$  характеризує вимоги середовища і має вигляд  $Z_{ВТП} = \langle m^{(mp)}_{вих}, S^{(mp)}_{вих} \rangle$ , де  $m^{(mp)}_{вих}$  і  $S^{(mp)}_{вих}$  — вектори необхідних постачань транспортних послуг споживачам і мінімально допустимих ресурсів на входах.

Управління ВТП здійснюється шляхом зміни вектора вихідних величин  $Y_{вих}$  в напрямку наближення і повної відповідності вектору вхідних величин  $X_{вх}$ . Це управління здійснюється вибором певних алгоритмів функціонування підприємства, використанням наявних ресурсів та, в разі потреби, шляхом зміни структури і параметрів її окремих підсистем, залежно від стохастичної структури і параметрів процесів споживання транспортних послуг. Вектор управління  $U^*$  будемо характеризувати двійкою операторів  $U^* = \langle S^*, \beta^*_{s^*} \rangle$ , де  $S^*$ ,  $\beta^*_{s^*}$  - відповідно оператори зміни структура і параметрів виробничо-технологічного підприємства, що повинні бути задіяні в результаті реалізації управління. Постійна зміна навколишнього середовища, що виявляється у зміні кількості джерел ресурсів, потреб в транспортних послугах і кількості споживачів виробничо-технологічного потенціалу, а також їх параметрів, приводить до безупинної зміни вимог і, отже, алгоритм функціонування і управління повинен бути досить гнучким. та виникає потреба в наявності декількох різних алгоритмів, залежно від можливих нестандартних ситуацій.

Таким чином, задача оперативного управління виробничо-технологічним підприємством полягає в тому, щоб шляхом зміни алгоритмів роботи та параметрів підприємства, чи структури, компенсувати зміну технічного стану технічних засобів, задовольнити зростаючі потреби споживачів. На рис.3 представлена структурна схема системи управління виробничо-технологічним потенціалом підприємства електротранспорту. На схемі вказано навколишнє середовище з транспортною мережею та пасажирями, яким надаються транспортні послуги. Виробничо-технологічне підприємство використовує ресурси, що виготовляють заводи транспортних засобів, підприємства будівельних матеріалів та обладнання, організації що забезпечують енергоресурси та ін. Все разом складає виробничий потенціал, який використовується в процесі управління для задоволення потреб населення на перевезеннях. В склад виробничо-технологічного підприємства входять підсистеми різного функціонального призначення. Система управління, як показано на схемі, здійснює керування на трьох рівнях: рівні керування безпосередньо функціональними підсистемами адміністративна підсистема керування 2 рівня, та система керування 3 рівня, в яку входять виконавчі органи місцевих рад, деркомунгосп, корпорація електротранспорту, тощо.

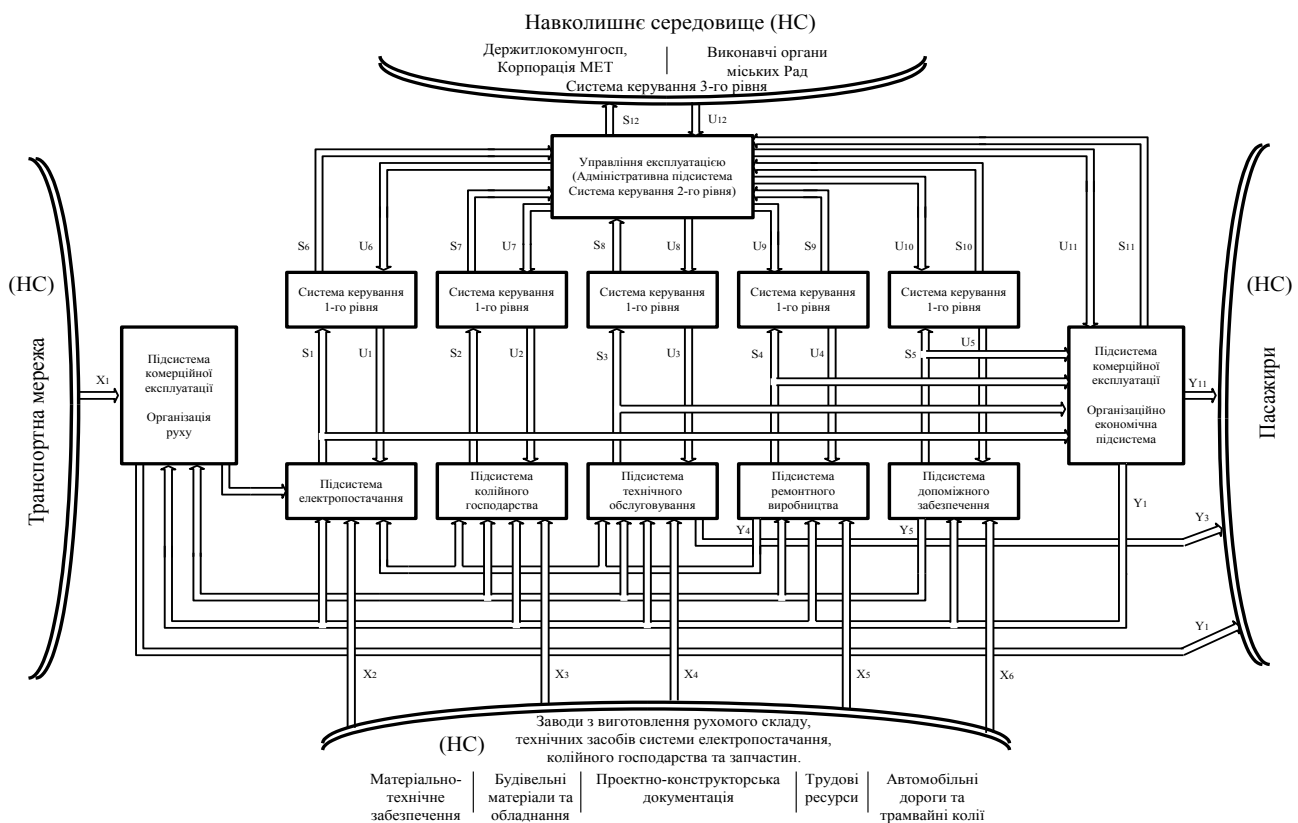


Рис. 3 – Система управління виробничо-технологічним процесом підприємства електротранспорту

Для забезпечення оптимального режиму функціонування виробничо-технологічного потенціалу в середовищі, що змінюється, задається критерій оптимальності  $J(S, \beta_s)$ .

Процес оперативного управління виробничо-технологічним підприємством, на даному етапі розвитку систем управління є автоматизованим, тобто виконується при наявності суб'єкта – особи, що приймає рішення (ОПР), у контурі управління системою (див. рис. 2). Задача ОПР полягає в оцінці стану середовища й об'єкта, формулюванні мети управління, якщо ці стани його не задовольняють, і прийнятті рішення про видачу впливів управління  $U^*$ . Для оцінки стану середовища й об'єкта управління ОПР одержує інформацію

$I = (X_{ex}, Y_{вix}, Z_{BTP})$ , що характеризує сформовану ситуацію і лежить в основі процесу управління. Інформація  $I$  є вкрай неповною, і для таких складних систем, як виробничо-технологічне підприємство транспорту, ОПР не вдається сформулювати єдиний критерій, а це приводить до необхідності векторної оптимізації [9]. Тому критерій  $J(S, \beta_s)$  — вектор. В автоматизованих системах управління вектор  $U^*$  у загальному випадку відмінний від вектора  $U$ , що виробляється системою управління, тому, що в момент прийняття рішення ОПР має можливість врахувати ще додаткову інформацію. В чисто автоматичних системах вектори  $U^*$  і  $U$  збігаються.

Основне призначення системи оперативного управління споживанням ресурсів – вироблення рекомендацій (вектора  $U$ ) щодо того, як змінити параметри і структуру підсистем, якими управляють, щоб домогтися поставленої мети, оскільки відомі  $X_{ex}, Y_{вix}, Z_{BTP}$ . Рішення такої задачі здійснюється за допомогою алгоритму управління. Якщо є інформація про стани середовища, об'єкта, то, відповідно до мети, управління  $U$  можна представити, як результат роботи алгоритму:

$$U(S^*, \beta_{s^*}^*) = \psi(I_1, J(S, \beta_s)), \quad (2.13)$$

де  $\psi$  – оператор, що визначає алгоритм управління, перетворює інформацію про середовище  $X$ , об'єкт  $Y$ , відповідно до мети  $J(S, \beta_s)$ , у вектор управління  $U(S^*, \beta_{s^*}^*)$ . Основу всіх алгоритмів управління складає модель об'єкта, на якій можна «розіграти» чи імітувати наслідки передбачуваного управління і вибрати найкраще. Вимоги, пропоновані до моделі, визначаються цілями управління і відбивають основні формальні зв'язки, що існують між входом і виходом об'єкта управління [8].

Модель об'єкта управління будується ітераційно і містить у собі чотири основних етапи (рис.4).

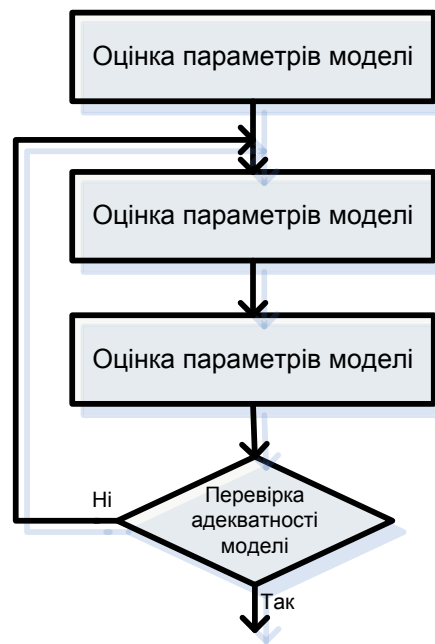


Рис. 4. Основні етапи побудови моделі об'єкта управління і навколишнього середовища

На кожному етапі виконуються наступні роботи:

1). На підставі аналізу теорії і практики вирішення аналогічних задач для досягнення поставленої мети вибирається «корисний» клас моделей.

2). Використовуються наближені методи ідентифікації підкласів моделей і здійснюється вибір конкретної моделі. Процес ідентифікації використовується для одержання попередніх (грубих) оцінок параметрів моделі.

3). Грубі оцінки, які одержані на етапі ідентифікації уточнюються в більш точних ітераційних методах оцінки параметрів.

4). Виконується перевірка адекватності моделі, яка дозволяє виявити можливі дефекти підгонки й встановити їх причини. Якщо такі дефекти не виявлені, модель готова до використання. При виявленні невідповідностей, ітеративні цикли перевірки адекватності повторюються доти поки не буде знайдено придатне представлення моделі.

Одержана таким чином модель є основою побудови алгоритму управління виробничо-технологічним підприємством. Побудова моделі об'єкта управління є необхідною, але недостатньою умовою побудови алгоритму управління виробничо-технологічним потенціалом. Необхідно мати ще модель середовища, у якому об'єкт функціонує. Виробничо-технологічний потенціал є інерційною системою з великим часом перехідних процесів, а управління  $U^*$  видається в дискретні моменти часу, а результат його проявляється тільки у майбутньому. Це приводить до необхідності

розраховувати впливи так, щоб стан об'єкта, у яке він перейде в результаті реалізації управління, оптимальним чином відповідав майбутньому стану навколишнього середовища.

У прийнятому способі поділу системи на об'єкт управління і навколишнє середовище поняття стану середовища вимагає уточнення [7]. Під станом середовища будемо розуміти вектор вхідних перемінних  $X$ , а також вектор  $Z_{ВТП} = \langle m^{(mp)}_{вих}, S^{(mp)}_{вих} \rangle$  необхідних витрат на транспортні послуги  $m^{(mp)}_{вих}$  і ресурси  $S^{(mp)}_{вих}$  для забезпечення споживачів. Розмірність вектора  $Z_{ВТП}$  збігається з розмірністю вектора вихідних змінних об'єкта управління  $Y_{вих}$ , хоча їх значення можуть істотно розрізнятися. Це розходження служить вихідною інформацією для ОПР про вибір мети управління. Компоненти вектора  $S^{(mp)}_{вих}$  – практично константи і визначаються технічними параметрами рухомого складу, що випускається на лінію для задоволення споживача. Компоненти вектора  $m^{(mp)}_{вих}$  у нормальних умовах функціонування (немає дефіциту) є реалізаціями процесів споживання транспортних послуг окремими споживачами. Вплив на них величезної кількості неконтрольованих і некерованих факторів приводить до того, що ці процеси стають випадковими й у залежності від типу споживача можуть носити як стаціонарний, так і нестаціонарний характер. Компоненти вектора  $X_{вх}$  у загальному випадку також є реалізаціями конкретних значень випадкових процесів потреб у транспортних послугах і зміни ресурсів виробничо-технологічного потенціалу [10].

### Висновки

Таким чином, задача побудови моделі середовища полягає в одержанні стохастичних моделей випадкових процесів потреби і споживання транспортних послуг по кожному вході і виході моделі об'єкта управління. Побудова математичних моделей процесів подачі і споживання транспортних послуг, адекватних реальним процесам, здійснюється також ітераційно, як і моделі об'єкта управління.

Розроблена модель управління виробничо-технологічним підприємством міського електротранспорту

Проведена структурізація системної моделі у вигляді чотирьох незалежних по характеру і критеріям функціонування підсистем: населення з попитом на транспортні послуги, транспортні мережі, виробничо-технологічний потенціал, а також споживачі транспортних послуг.

### Література

1. Закон України "Про транспорт" // Постанова Верховної Ради України №233/94-ВР від 10.11.1994.
2. Енергозбереження - пріоритетний напрямок державної політики України / Ковалко М.П., Денисюк С.П.; Відпов. ред. Шидловський А.К. - К.: УЕЗ, 1998. - 506 с.
3. Левковець П.Р., Гедз Ю.М., Канарчук О.В., Кришан Г.Л., Сендак М.Д. Системна ефективність на транспорті. Методи, моделі і стратегії / Під редакцією П.Р. Левковця. - К.: НТУ, ІЕБТ, 2002. - 216 с.
4. Далека В. Х. Методологічні аспекти ресурсозбереження на міському електричному транспорті // Комунальное хоз-во городов.- Вып. 49. К.: Техніка, 2003.- С. 179-184.
5. Cooke Ian, Mayers P. Introduction to Innovation and Technology Transfer. - Boston: Artech House, Inc., 1996. - 235 p.
6. Dodgson M. The management of technological innovation: An international and strategic approach. - Oxford: Oxford University Press, 2000. - 248 p.
7. Cooke Ian, Mayers P. Introduction to Innovation and Technology Transfer. - Boston: Artech House, Inc., 1996. - 235 p.
8. Курніков І.П., Пустовойтенко С.В. Формування структури зовнішніх та внутрішніх змінних факторів ефективного функціонування автосервісних підприємств // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів.- Вып. 11. К.: УТУ, ТАУ, 2001.- с. 109-115.
9. Курніков І.П., Пустовойтенко С.В. Математична модель функціонування СТО // Вісник Північного наукового центру транспортної академії України (ПНЦ ТАУ).- 2002.- Вып. 5.- с.80-82.
10. Кігель В.Р. Узагальнена методика багатокритеріальної оптимізації економічних рішень // Модулювання та інформаційні системи в економіці: Міжвідом. наук. зб. Вып.. 64.- К.: КНЕУ, 2000.- С. 82-89.
11. Далека В.Х. Стратегія ресурсозберігаючого управління пасажиро перевезеннями. Зб. наук. пр. Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. - Вып. 12. К.: НТУ, ТАУ, 2001. - С 184-187.

### References

1. The Law of Ukraine "On transport" // Holds Verkhovna Rada of Ukraine №233/94-10.11.1994
2. Energozberzhennya - prioritetny napryamok derzhavnoi politiki Ukraine /Kovalko N.P., Denisiuk S.P. Editor^ Chidlovskij A.K. - K.: YEZ, 1998. - 506 p.
3. Levkovec P.R., Gedz J.M., Krychman G.L., Sendak M.D. Systemic effektivnist on transporti. Methods modeli i strategii / . Editor P.R.Levkovec - K.: NTU, IEBT, 2002. - 216 p.
4. Daleka W.F. Metodologichni aspect of resursozberzhennya on miskomu elektrichnomu transporti // Public households in gorodov.- Vol. 49. Tehnika, 2003.- pp 179-184.
5. Cooke Ian, Mayers P. Introduction to Innovation and Technology Transfer. - Boston: Artech House, Inc., 1996. - 235 p.
6. Dodgson M. The management of technological innovation: An international and strategic approach. - Oxford: Oxford University Press, 2000. - 248 p.

7. Kurnikov I., Pustovojtenko S. *Formuvannya structuring zovnishnih that vnutrishnih zminnih faktoriv effektivnosti funktsionuvannya avtoservisnih of companies // Sistemni metodological keruvannya, tehnologiya that organizatsiya virobnitstva, repair that ekspluatatsii avtomobiliv.* - Vol. 11. .: Utu, TAU, 2001.- pp 109-115.

9. Kurnikov I., Pustovojtenko S. *Ically mathematical model funktsionuvannya SRT // News Pivnichnogo NAUKOVO center transportnoi Academy of Ukraine (PSC TAU) .-* 2002.- Vol... 5.- S.80-82.

10. Kigel V. *Uzagalнена techniqe bagatokriterialnoi optimizatsii ekonomichnih rishen // Modelyuvannya that informatsiyini system in the ekonomitsi: Mizhvidom. Sciences. ST. Vol. 64.- K.: KNEU, 2000.- pp 82-89.*

11. Daleka V. *Strategiya resursozberigayuchogo upravlinnya passengers transported. S. Sciences. pr. Sistemni metodological keruvannya, tehnologiya that organizatsiya virobnitstva, repair i ekspluatatsii Car. - Vol. 12. K.: NTU, TAU, 2001. - pp 184-187.*

**Автор:** ДАЛЕКА Василь Хомич

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, доктор технічних наук, професор.

E-mail – daleka@ksame.kharkov.ua

**Автор:** СОРОКА Костянтин Олексійович

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співпрацівник.

E-mail – sorokahome@rambler.ru

**Автор:** ЛИЧОВ Дмитрій Олександрович

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, асистент.

E-mail – dimalychov@gmail.com

## СТРУКТУРИЗАЦІЯ СИСТЕМНОЇ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПРОЄКТОВ РЕСУРСОБЕРЕЖЕННЯ

В.Х. Далека, К.О. Сорока, Д.О. Личов

*В статье вполнена систематизация методов формирования рычагов управления производственно-технологическим предприятием электротранспорта с целью повiшення ефективности его функционирования. Электротранспорт рассматривается как систему взаимодействия большого количества элементов двух типов: активных элементов и линий связи. Система имеет значительное территориальное деление, большое число элементов формирующих систему и характеризуется непрерывным развитием в пространстве и изменением во времени. К окружающей среде относится: транспортная сеть, дислокация пассажирообразующих пунктов; социальная структура жителей; численность населения и его спрос на транспортные услуги. Процесс оперативного управления является автоматизированным, то есть выполняется при наличии субъекта в контуре управления системой – лица, принимающего решение. В статье построены модели среды и модель управления производственно-технологическим предприятием. Рассмотрены итерационный метод построения математической модели объекта управления, характеризуется случайными процессами подачи и потребления транспортных услуг*

*Ключевые слова: Электрический транспорт, эффективность функционирования, внешняя среда, оптимальное управления, ресурсосбережение.*

## RESTRUCTURING SYSTEM MODEL TRANSPORT SYSTEMS FOR PROJECT FORMATION RESOURCE

V.F.Daleka, K.O. Soroka, D.A.Lychov

*The article vipolnena sistemmatizatsiya methods of formation of controls production and technology companies for the purpose of improvement of professional electric effektivnochnsti its functioning. Electric transport system is viewed as the interaction of a large number of elements of two types: active elements and communication lines. The system has a significant territorial division, a large number of elements forming the system and is characterized by continuous development in space and changing in time. Environmental concerns: the transport network, dislocation passazhiroobrazuyuschih points; the social structure of the inhabitants; population and the demand for transport services. The process of operational management is automated, ie performed in the presence of the subject in the control loop system - the decision maker. The paper built environment model and management model production technology enterprises. We consider the iterative method of constructing a mathematical model of the control object is characterized by random processes supply and consumption of transport services*

*Keywords: Electric vehicles performance, the external environment, optimalne control, resource.*