

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

**Осьмачко Олексій Олексійович**



УДК 004.896:[621.83.06:62-529]

**МОДЕЛІ АВТОМАТИЗОВАНОГО СИСТЕМНОГО  
ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ**

**05.13.12 - системи автоматизації проєктувальних робіт**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук**

Харків — 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник — доктор технічних наук, професор Нефьодов Леонід Іванович, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор Невлюдов Ігор Шакирович, Харківський національний університет радіоелектроніки, завідувач кафедри технології та автоматизації виробництва радіоелектронних засобів та електронно-обчислювальних засобів;

доктор технічних наук, доцент Волонцевич Дмитро Олегович, Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, завідувач кафедри колісних та гусеничних машин.

Захист відбудеться «26» жовтня 2010 року о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.02 в Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр Леніна, 14.

Автореферат розісланий «24» вересня 2010 року.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



Безкоровайний В.В.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Економічність та екологічність транспортного засобу (ТЗ) багато в чому залежить від ефективності передачі моменту, що крутить, від двигуна на колеса. Задача підвищення ефективності передачі моменту, що крутить, та автоматичного управління ним залежно від бажання водія та дорожньої обстановки, що змінюється, до цих пір існує в автомобілебудуванні. З урахуванням вимог на зниження витрат на паливо та поліпшення екологічної обстановки в мегаполісах ця задача починає набувати важливого значення при проектуванні ТЗ.

На цьому етапі розвитку автомобілебудування існують два основних типи автоматичної трансмісії (АТ): гідромеханічна та електромеханічна. Обоє представлених типи АТ забезпечують плавне управління моментом, що крутить. А електромеханічна трансмісія забезпечує різке зменшення викиду продуктів згоряння високооктанового палива, що дуже актуально в сучасних мегаполісах.

Проектування АТ – складний процес, від його результатів залежить зручність управління ТЗ, кількість шкідливих речовин, що викидається в атмосферу, надійність функціонування та безпека руху ТЗ. АТ є багаторівневою системою, що містить множини різнорідних компонентів. Для підвищення ефективності проектування АТ необхідно розробити моделі системного проектування АТ, що дозволить структурувати цей процес, розбивши його на послідовність часткових завдань.

Вирішення цієї задачі дозволить підвищити ефективність процесу проектування АТ та якість повітря у мегаполісах.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалася в рамках НДР, що проводилися в 2003-2010 р.р. у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті (ХНАДУ) на кафедрі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій відповідно до планів держбюджетних НДР Міністерства освіти і науки України за темою „Імітаційні моделі електромеханічної трансмісії будівельно-дорожніх машин” (№ ДР 0110U000343), у розробці якої здобувач брав участь як виконавець. Здобувачу належать такі результати: синтез імітаційних моделей електромеханічної трансмісії.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є підвищення ефективності синтезу АТ за рахунок розробки математичних моделей автоматизованого проектування АТ та її блоків, системи автоматичного управління (САУ) та її елементів, зв'язків між ними, вибору програмного забезпечення для імітаційного моделювання, а також алгоритму

імітаційної моделі функціонування електромеханічної АТ.

Для досягнення цієї мети в роботі вирішуються такі завдання:

– системний аналіз і структуризація процесів проектування АТ та її системи автоматичного управління, вибір та обґрунтування об'єкта дослідження;

– розробка інформаційної технології (ІТ) системного синтезу та обґрунтування методів багатокритеріальної оцінки та оптимізації АТ, блоків АТ, САУ та її елементів, а також зв'язків між ними;

– розробка узагальнених і часткових моделей багатокритеріальної оцінки та оптимізації АТ, її блоків, САУ та її елементів, а також зв'язків між ними;

– розробка моделі вибору програмного засобу (ПЗ) для імітаційного моделювання функціонування синтезованої АТ, як в цілому, так і окремо кожного її елемента, а також розробка алгоритму роботи АТ;

– реалізація розроблених математичних та імітаційних моделей та впровадження отриманих результатів комп'ютерної технології у практику проектування АТ.

*Об'єктом дослідження є процеси проектування АТ.*

*Предметом дослідження є моделі системного проектування АТ та вибору ПЗ імітаційного моделювання функціонування АТ.*

*Методи дослідження базуються на принципах системного аналізу та системного синтезу для структуризації процесів проектування АТ та її САУ; методах математичного моделювання та автоматизованого проектування, дискретного програмування, багатокритеріальної оцінки та оптимізації для вибору структури АТ, її блоків, САУ, її елементів та зв'язків між ними, а також ПЗ для імітаційного моделювання синтезованої АТ.*

**Наукова новизна отриманих результатів.** До нових, отриманих особисто автором, слід віднести такі результати:

– вперше розроблена загальна модель системного проектування АТ та проведена її декомпозиція на часткові задачі, що дозволяє, на відміну від відомих методів, структурувати та системно розглядати процес проектування АТ;

– розроблені математичні моделі оцінки та вибору структури АТ, її блоків, елементів САУ та зв'язків між ними. Вони дозволяють, на відміну від відомих моделей, приймати проектні рішення за багатьма функціональними та витратними критеріями, враховуючі ступінь невизначеності інформації про їх важливість. Це дає змогу підвищити ефективність та оперативність проектних рішень;

– набули подальшого розвитку методи багатокритеріальної оцінки та оптимізації шляхом поширення їх на новий клас об'єктів – процес системного проектування АТ.

**Практичне значення отриманих результатів.** Результати теоретичних досліджень і розроблених математичних моделей реалізовані у вигляді програмно-методичних комплексів комп'ютерної технології автоматизованого проектування.

Результати дисертаційної роботи впроваджені при проектуванні автоматичної трансмісії для трактора типу ХТЗ-17222 для ДП Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування.

Результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій: при викладанні лекцій, проведенні лабораторних робіт та курсового проектування з дисципліни «Автоматизований електропривод»; при викладанні лекцій, проведенні лабораторних робіт з дисципліни «Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів».

**Публікації.** За результатами дисертаційної роботи опубліковано 12 робіт, з яких 6 робіт у наукових журналах і 1 у збірнику наукових праць, що увійшли до переліків, затверджених ВАК України, 5 тез доповідей.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є підсумком особистої роботи автора. У роботах, що опубліковані в співавторстві, здобувачу належать такі результати: огляд методів оцінки та оптимізації [1], розробка математичної моделі багатокритеріальної оцінки систем управління АТ [2], розробка математичної моделі багатокритеріальної оцінки гібридної АТ [3], розробка математичної моделі багатокритеріальної оцінки програмних засобів імітаційного моделювання функціонування АТ [4], розробка загальної математичної моделі багатокритеріального системного синтезу АТ [5], розробка математичних моделей багатокритеріальної оцінки блоків АТ, САУ, елементів САУ та зв'язків між ними [6], розробка структурної моделі інформаційної технології системного синтезу АТ [7], розробка математичної моделі багатокритеріальної оцінки функціонування АТ [8], розробка загальної математичної моделі системного синтезу АТ [10], розробка часткових математичних моделей системного синтезу АТ [11], розробка моделі системного синтезу АТ з урахуванням екологічності ТЗ [12].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на п'ятьох міжнародних конференціях: Міжнародна науково-технічна конференція «Наукові основи створення високоефективних землерійно-транспортних

машин» (Полтава, 2005); Міжнародна науково-методична конференція «Сучасні технології підготовки фахівців в умовах подальшого розвитку вищої освіти України» (Харків, 2005); Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми інформатики і моделювання» (Харків, 2009); Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технологічними комплексами» (Київ, 2009); XVI Науково-технічна конференція «Транспорт, екологія – стійкий розвиток» (Варна, 2010).

**Структура дисертації.** Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків і додатків (на 4 стор.) загальним обсягом 165 стор., містить 16 ілюстрацій (на 16 стор.), 20 таблиць (на 24 стор.), список використаної літератури із 101 найменування (на 10 стор.).

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** розкрито стан проблеми, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів.

**У першому розділі** аналізується проблема проектування АТ та обґрунтовуються вибір напрямку дослідження і методи проектування АТ.

Розглянуті задачі проектування АТ, обґрунтована необхідність системного підходу до проектування АТ, який полягає у синтезі не тільки АТ, а й САУ АТ.

Сформульовано загальну задачу системного синтезу АТ:

Відомо:

- множина типів і видів АТ;
- множина різних блоків АТ їх типів та видів;
- множина різних елементів САУ їх типів та видів;
- множина типів і видів зв'язків між блоками АТ і елементами САУ.

Потрібно визначити: тип і вид АТ (структура АТ); типи та види блоків АТ; типи та види елементів САУ; типи і види зв'язків між блоками АТ і елементами САУ.

Задача системного синтезу проектування АТ ускладнюється багатомірністю характеристик, які мають блоки АТ, елементи САУ та зв'язки між ними.

Таким чином, загальна задача, яка має велику розмірність, була декомпозована на часткові задачі оцінки та вибору типів і видів: структури АТ, блоків АТ, елементів САУ, зв'язків між ними; програмного забезпечення для імітаційного моделювання

функціонування синтезованої АТ. На основі проведеного аналізу існуючих моделей, методів та засобів автоматизованого проектування АТ були сформульовані мета і завдання дослідження.

У другому розділі розроблено структурну модель ІТ системного синтезу АТ, що дозволило структурувати процес проектування та визначити послідовність проектних процедур (рис 1).

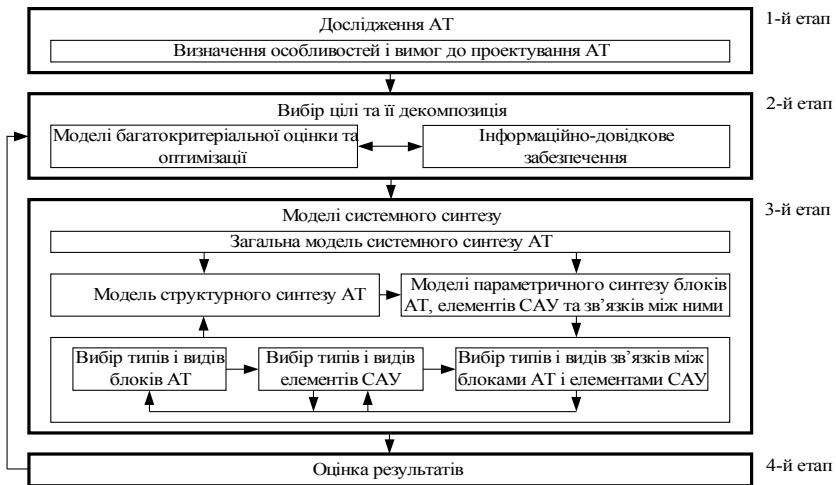


Рис. 1 – Структурна модель ІТ системного синтезу АТ

Оскільки часткові задачі мають різномірні суперечливі критерії, то одним з основних етапів проектування є вибір математичних моделей багатокритеріальної оцінки та оптимізації, що дозволяє визначити єдине компромісне рішення:

$$x^0 = \arg \operatorname{extr}_{x \in X} F \{K(x), \lambda\} \quad (1)$$

де  $X$  – множина припустимих проектних рішень  $x$ ;

$K(x) = (k_1(x), k_2(x), \dots, k_n(x))$  – множина часткових критеріїв

оцінки;

$\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$  – відносна важливість часткових критеріїв ефективності у вигляді вагових коефіцієнтів.

Обґрунтовані моделі оцінки та вибору найкращого компромісного рішення в багатокритеріальній ситуації.

При відомих значеннях вагових коефіцієнтів вибір найкращого

рішення проводиться за моделлю максимальної адитивної корисності.

Якщо часткові критерії ранжирувані за важливістю

$$k_1(x) \dot{\wedge} k_2(x) \dots \dot{\wedge} k_j(x), \quad (2)$$

то пропонується модель за послідовно застосованими критеріями. Якщо немає ні кількісної, ні якісної інформації про пріоритети часткових критеріїв, доцільно використовувати максимінну модель компромісу.

Розглянуті моделі багатокритеріальної оцінки та оптимізації дозволяють приймати проектні рішення за багатьма критеріями в залежності від ступеня визначеності інформації щодо важливості часткових критеріїв.

Розроблена структура інформаційного забезпечення проектування АТ та вибрана система управління базами даних (СУБД), що дозволяє забезпечити інформаційну підтримку та ефективну взаємодію проектувальника з електронно-обчислювальною машиною (ЕОМ) у процесі системного синтезу.

**У третьому розділі** розроблена загальна модель системного синтезу АТ. Загальне завдання синтезу АТ полягає у такому.

Відомо:

—множина типів АТ  $AT = \{AT^e\}$ ,  $e = \overline{1, e^y}$  і видів  $AT^e = \{AT_n^e\}$ ,  $n = \overline{1, n^e}$  АТ;

—множина різних блоків АТ  $BB = \{BB^v\}$ ,  $v = \overline{1, v^y}$ ;

—множина різних типів блоків АТ  $BB^v = \{BB_i^v\}$ ,  $i = \overline{1, i^v}$ ;

—множина різних видів у кожному типу блоків АТ  $BB_i^v = \{BB_{ij}^v\}$ ,  $j = \overline{1, j^i}$ ;

—множина різних елементів САУ  $ES = \{ES^m\}$ ,  $m = \overline{1, m^y}$ ;

—множина різних типів елементів САУ  $ES^m = \{ES_o^m\}$ ,  $o = \overline{1, o^m}$ ;

—множина різних видів у кожному типі елементів САУ  $ES_o^m = \{ES_{ow}^m\}$ ,  $w = \overline{1, w^o}$ ;

—множина типів зв'язків  $ST = \{ST^s\}$ ,  $s = \overline{1, s^y}$ ;

—множина видів зв'язків у кожному типі  $ST^s = \{ST_y^s\}$ ,  $y = \overline{1, y^s}$ .

Уведемо змінні  $X_{en} = \{0; 1\}$ , де  $X_{en} = 1$ , якщо обрано АТ е-го типу n-



го виду,  $X_{en} = 0$  у противному випадку;  $\bar{X}_{vij} = \{0;1\}$ , де  $\bar{X}_{vij} = 1$ , якщо  $v$ -ий блок АТ обраний  $i$ -го типу  $j$ -го виду,  $\bar{X}_{vij} = 0$  в противному випадку;  $\bar{X}_{mow} = \{0;1\}$ , де  $\bar{X}_{mow} = 1$ , якщо  $m$ -й елемент САУ обраний  $o$ -го типу  $w$ -го виду,  $\bar{X}_{mow} = 0$  в іншому випадку;  $\bar{X}_{alsy} = \{0;1\}$ , де  $\bar{X}_{alsy} = 1$ , якщо обрано лінію зв'язку  $s$ -го типу  $y$ -го виду між  $a$ -м і  $l$ -м блоками АТ та елементами САУ,  $\bar{X}_{alsy} = 0$  в іншому випадку;  $U_{al} = \{0;1\}$ , де  $U_{al} = 1$ , якщо  $\epsilon$  лінія зв'язку між блоком АТ і елементом САУ,  $U_{al} = 0$  в іншому випадку.

Необхідно визначити тип і вид АТ, кожного блоку АТ, кожного елемента САУ, а також тип і вид зв'язків між блоками АТ та елементами САУ за обраними критеріями і обмеженням.

Як часткові критерії можуть бути вибрані:

– мінімальна вартість:

$$C = \max_{\substack{e=1 \dots e^j \\ n=1 \dots n^e}} \left\{ e \cdot X_{en} \right\} \prod_{\substack{v=1 \dots v^j \\ i=1 \dots i^v \\ j=1 \dots j^j}} \left\{ e \cdot e \cdot e \right\} C_{vij} \bar{X}_{vij} + \prod_{\substack{m=1 \dots m^j \\ o=1 \dots o^m \\ w=1 \dots w^o}} \left\{ e \cdot e \cdot e \right\} C_{mow} \bar{X}_{mow} + \prod_{\substack{a=1 \dots a^j \\ l=1 \dots l^j \\ s=1 \dots s^j \\ y=1 \dots y^s}} \left\{ e \cdot e \cdot e \cdot e \cdot e \right\} C_{alsy} U_{al} \bar{X}_{alsy} \quad (3)$$

де  $C_{vij}$  – вартість  $v$ -го блоку АТ  $i$ -го типу  $j$ -го виду;

$C_{mow}$  – вартість  $m$ -того елемента САУ  $o$ -го типу  $w$ -ого виду;

$C_{alsy}$  – вартість лінії зв'язку між  $a$ -ми та  $l$ -ми блоками АТ та елементами САУ  $s$ -го типу  $y$ -го виду;

– максимальна надійність блоків АТ, елементів САУ і ліній зв'язку між ними:

$$N = \max_{\substack{e=1 \dots e^j \\ n=1 \dots n^e}} \left\{ e \cdot X_{en} \right\} \prod_{\substack{v=1 \dots v^j \\ i=1 \dots i^v \\ j=1 \dots j^j}} \left\{ e \cdot e \cdot e \right\} N_{vij} \bar{X}_{vij} + \prod_{\substack{m=1 \dots m^j \\ o=1 \dots o^m \\ w=1 \dots w^o}} \left\{ e \cdot e \cdot e \right\} N_{mow} \bar{X}_{mow} + \prod_{\substack{a=1 \dots a^j \\ l=1 \dots l^j \\ s=1 \dots s^j \\ y=1 \dots y^s}} \left\{ e \cdot e \cdot e \cdot e \cdot e \right\} N_{alsy} U_{al} \bar{X}_{alsy} \quad (4)$$

де  $N_{vij}$  – надійність  $v$ -го блоку АТ  $i$ -го типу  $j$ -го виду;

$N_{mow}$  – надійність  $m$ -того елемента САУ  $o$ -го типу  $w$ -ого виду;

$N_{alsy}$  – надійність лінії зв'язку між  $a$ -ми та  $l$ -ми блоками АТ й елементами САУ  $s$ -го типу  $y$ -го виду.

– максимальний наробіток на відмову блоків АТ і її елементів:

$$\bar{N} = \max_{\substack{e=1 \dots e^j \\ n=1 \dots n^e}} \left\{ e \cdot X_{en} \right\} \prod_{\substack{v=1 \dots v^j \\ i=1 \dots i^v \\ j=1 \dots j^j}} \left\{ e \cdot e \cdot e \right\} \bar{N}_{vij} \bar{X}_{vij} + \prod_{\substack{m=1 \dots m^j \\ o=1 \dots o^m \\ w=1 \dots w^o}} \left\{ e \cdot e \cdot e \right\} \bar{N}_{mow} \bar{X}_{mow} + \prod_{\substack{a=1 \dots a^j \\ l=1 \dots l^j \\ s=1 \dots s^j \\ y=1 \dots y^s}} \left\{ e \cdot e \cdot e \cdot e \cdot e \right\} \bar{N}_{alsy} U_{al} \bar{X}_{alsy} \quad (5)$$

де  $\bar{N}_{vij}$  – наробіток на відмову  $v$ -го блоку АТ  $i$ -го типу  $j$ -го виду;

$\bar{N}_{mow}$  – наробіток на відмову  $m$ -го елемента САУ  $o$ -го типу  $w$ -го виду;

$\bar{N}_{alsy}$  – наробіток на відмову лінії зв'язку між  $a$ -ми та  $l$ -ми блоками

АТ й елементами САУ  $s$ -го типу  $y$ -го виду.

Перші складові в дужках рівнянь (3) – (5) характеризують оцінку і вибір блоків електромеханічної АТ – акумуляторна батарея (АКБ) і електродвигун (ЕД). Другі складові в дужках рівнянь (3) – (5) характеризують оцінку і вибір елементів САУ – мікроконтролер (МК), частотний перетворювач (ЧП) і вимірювальні перетворювачі (ВП). Треті складові в дужках рівнянь (3) – (5) характеризують оцінку і вибір зв'язків між блоками АТ та елементами САУ.

Область припустимих рішень при виборі АТ визначається обмеженнями:

– витрати на блоки АТ, елементи САУ і зв'язки між ними мають бути менше заданих –  $C_3$  :

$$\sum_{e=1}^{e^y} \sum_{n=1}^{n^e} X_{en} \sum_{v=1}^{\bar{v}^y} \sum_{i=1}^{\bar{i}^v} \sum_{j=1}^{\bar{j}^i} C_{vij} \bar{X}_{vij} + \sum_{m=1}^{m^y} \sum_{o=1}^{o^m} \sum_{w=1}^{w^o} C_{mow} \tilde{X}_{mow} + \sum_{a=1}^{\bar{v}^y} \sum_{l=1}^{\bar{v}^y} \sum_{s=1}^{s^y} \sum_{y=1}^{y^s} C_{alsy} U_{al} \bar{X}_{alsy} \Big| C ; \quad (6)$$

– надійність блоків АТ, елементів САУ і ліній зв'язку між ними має бути більше заданих значень відповідно  $N_3^v$ ,  $N_3^m$ ,  $N_3^{al}$  :

$$\sum_{i=1}^{\bar{i}^v} \sum_{j=1}^{\bar{j}^i} N_{vij} \bar{X}_{vij} \Big| N^v ; \quad v = \overline{1, v^y}; \quad (7)$$

$$\sum_{o=1}^{o^m} \sum_{w=1}^{w^o} N_{mow} \tilde{X}_{mow} \Big| N^m ; \quad m = \overline{1, m^y}; \quad (8)$$

$$\sum_{s=1}^{s^y} \sum_{y=1}^{y^s} N_{alsy} U_{al} \bar{X}_{alsy} \Big| N^{al} ; \quad a, l = \overline{1, v^y + m^y}; \quad a \in \mathbb{N}^1 ; \quad (9)$$

– наробіток на відмову блоків АТ, елементів САУ і ліній зв'язку має бути більше заданих значень відповідно  $N_3^v$ ,  $N_3^m$ ,  $N_3^{al}$  :

$$\mathbf{e}_{i=1}^{i^v} \mathbf{e}_{j=1}^{j^i} \bar{N}_{vij} \bar{X}_{vij3} \bar{N}^v; v = \overline{1, v\check{y}}; \quad (10)$$

$$\mathbf{e}_{o=1}^{o^m} \mathbf{e}_{w=1}^{w^o} \bar{N}_{mow} \tilde{X}_{mow3} \bar{N}^m; m = \overline{1, m\check{y}}; \quad (11)$$

$$\mathbf{e}_{s=1}^{s\check{y}} \mathbf{e}_{y=1}^{y^s} \bar{N}_{alsy} U_{al} \bar{X}_{alsy3} \bar{N}^{al}; a, l = \overline{1, v\check{y} + m\check{y}}; a \in \mathbb{N}1; \quad (12)$$

– з множини видів і типів АТ може бути обрана тільки одна АТ:

$$\mathbf{e}_{e=1}^{e\check{y}} \mathbf{e}_{n=1}^{n^e} X_{en} = 1; \quad (13)$$

– з множини видів і типів кожного блоку АТ може бути обраний тільки один:

$$\mathbf{e}_{i=1}^{i\check{y}} \mathbf{e}_{j=1}^{j^i} \bar{X}_{vij} = 1; \quad \forall v = \overline{1, v\check{y}}; \quad (14)$$

– з множини видів і типів кожного елемента САУ може бути обраний тільки один:

$$\mathbf{e}_{o=1}^{o\check{y}} \mathbf{e}_{w=1}^{w^o} \tilde{X}_{mow} = 1; \quad \forall m = \overline{1, m\check{y}}; \quad (15)$$

– з множини видів і типів кожного зв'язку між блоками АТ, елементами САУ може бути обраний тільки один:

$$\mathbf{e}_{s=1}^{s\check{y}} \mathbf{e}_{y=1}^{y^s} \bar{X}_{alsy} = 1; \quad \forall a, l = \overline{1, v\check{y} + m\check{y}}; a \in \mathbb{N}1. \quad (16)$$

Розроблена модель (3) – (16) належить до завдань нелінійного багатокритеріального дискретного програмування з булевими змінними. Її розв'язання в загальному вигляді представляє значні труднощі.

Отже була проведена декомпозиція загальної задачі системного синтезу. Була встановлена така послідовність часткових завдань синтезу:

- 1) визначення структури АТ (вибір типу і виду АТ);
- 2) оцінка і вибір блоків АТ (на прикладі електромеханічної трансмісії (ЕМТ)): оцінка і вибір типу і виду ЕД та АКБ;
- 3) оцінка і вибір елементів САУ: оцінка і вибір типу і виду МК, ЧП та ВП;
- 4) оцінка і вибір типу і виду зв'язків між блоками АТ та елементами САУ.

При розв'язанні першої задачі (структурного синтезу) визначається структура АТ, кількість її блоків (ЕД, АКБ), елементів САУ (МК, ЧП, ВП) і обмеження на вибір типів і видів всіх блоків АТ, елементів САУ та зв'язків між блоками АТ та елементами САУ.

Задачі із другої по четверту є задачами параметричного синтезу, в яких необхідно оцінити множину типів і видів існуючих компонентів АТ, САУ та із цієї множини вибрати один по кожному блоку АТ, елементу САУ та зв'язку між блоками АТ та елементами САУ відповідно до прийнятих часткових критеріїв та обмежень.

Розглянемо першу задачу. Кожна АТ, крім показників із загальної моделі, характеризується рядом додаткових показників:

- 1) кількість палива, що витрачає транспортний засіб (ТЗ) на 100 км для АТ е-го типу n-го виду –  $TOP_{en}$  ;
- 2) викид окису вуглецю ТЗ для АТ е-го типу n-го виду –  $CO_{en}$  ;
- 3) максимальна швидкість ТЗ для АТ е-го типу n-го виду –  $V_{en}$  ;
- 4) час розгону до 100 км/год ТЗ для АТ е-го типу n-го виду –  $T_{en}$  .

Це завдання вирішується за наступними критеріями:

– мінімальна кількість палива, що витрачає ТЗ на 100 км пробігу:

$$TOP = \max_{e=1}^{e_j} \min_{n=1}^{n_e} TOP_{en} X_{en} ; \quad (17)$$

– мінімальна кількість викиду окису вуглецю ТЗ:

$$CO = \max_{e=1}^{e_j} \min_{n=1}^{n_e} CO_{en} X_{en} ; \quad (18)$$

– максимальна швидкість ТЗ:

11

$$V = \max_{e=1}^{e\dot{y}} e^{n^e} V_{en} X_{en} ; \quad (19)$$

– мінімальний час розгону до 100 км/год ТЗ:

$$T = \max_{e=1}^{e\dot{y}} e^{n^e} T_{en} X_{en} . \quad (20)$$

Область припустимих рішень при виборі типу і виду АТ визначається додатковими обмеженнями:

– кількість витраченого палива ТЗ має бути менше за задану  $TOP_3$  :

$$e^{n^e} TOP_{en} X_{en} \leq TOP_3 ; \quad (21)$$

– викид вуглекислого газу ТЗ має бути менше за заданий  $CO_3$  :

$$e^{n^e} CO_{en} X_{en} \leq CO_3 ; \quad (22)$$

– максимальна швидкість ТЗ має бути більшою за задану  $V_3$  :

$$e^{n^e} V_{en} X_{en} \geq V_3 ; \quad (23)$$

– час розгону до 100 км/год ТЗ має бути менше за заданий  $T_3$  :

$$e^{n^e} T_{en} X_{en} \leq T_3 . \quad (24)$$

Модель (17) – (24) належить до завдань лінійного багатокритеріального дискретного програмування з булевими змінними.

Після вибору структури АТ визначаються її блоки. Розглянемо це на прикладі моделі оцінки та вибору АКБ. Необхідно визначити тип і вид АКБ.

Кожен АКБ, крім показників із загальної моделі, характеризується рядом додаткових показників: ємність АКБ –  $ACH_{2ij}$  ; час зарядки АКБ –  $TZ_{2ij}$  .

Як часткові критерії для вибору АКБ можуть бути вибрані:

– максимальна ємність АКБ:

$$ACH^{AKB} = \max_{i=1}^{i^2} e \max_{j=1}^{j^i} ACH_{2ij} \bar{X}_{2ij}; \quad (25)$$

– мінімальний час зарядки АКБ:

$$TZ^{AKB} = \min_{i=1}^{i^2} e \min_{j=1}^{j^i} TZ_{2ij} \bar{X}_{2ij}. \quad (26)$$

Область припустимих рішень при виборі типу і виду АКБ визначається додатковими обмеженнями:

– ємність АКБ має бути більше за задану  $ACH_3^{AKB}$ :

$$e \max_{i=1}^{i^2} e \max_{j=1}^{j^i} ACH_{2ij} \bar{X}_{2ij} \geq ACH_3^{AKB}; \quad (27)$$

– час зарядки АКБ має бути менше за заданий  $TZ_3^{AKB}$ :

$$e \max_{i=1}^{i^2} e \max_{j=1}^{j^i} TZ_{2ij} \bar{X}_{2ij} \leq TZ_3^{AKB}. \quad (28)$$

Математична модель (25) – (28) належить до завдань лінійного багатокритеріального дискретного програмування з булевими змінними.

**У четвертому розділі** розроблена загальна модель САУ та наведені часткові математичні моделі оцінки та вибору елементів САУ.

Кожна САУ, крім показників із загальної моделі, характеризується рядом додаткових показників:

– функціональні: стапична помилка елементів САУ –  $STE_{mow}$ ; час регулювання елементів САУ –  $TR_{mow}$ ; заводстійкість елементів САУ –  $PU_{mow}$ ;

– витратні: кількість споживаної енергії елементів САУ –  $PEN_{mow}$ .

Як часткові критерії для вибору САУ можуть бути вибрані:

– мінімальна статична помилка елементів САУ:

$$\text{CTE}^{\text{CAY}} = \min_{m=1}^3 \mathop{\text{e}}_{o=1}^{\text{o}^m} \mathop{\text{e}}_{w=1}^{\text{w}^0} \text{CTE}_{\text{mow}} \tilde{X}_{\text{mow}} ; \quad (29)$$

– мінімальний час регулювання елементів САУ:

$$\text{TR}^{\text{CAY}} = \min_{m=1}^3 \mathop{\text{e}}_{o=1}^{\text{o}^m} \mathop{\text{e}}_{w=1}^{\text{w}^0} \text{TR}_{\text{mow}} \tilde{X}_{\text{mow}} ; \quad (30)$$

– максимальна завадостійкість елементів САУ:

$$\text{PU}^{\text{CAY}} = \max_{m=1}^3 \mathop{\text{e}}_{o=1}^{\text{o}^m} \mathop{\text{e}}_{w=1}^{\text{w}^0} \text{PU}_{\text{mow}} \tilde{X}_{\text{mow}} ; \quad (31)$$

– мінімальна кількість споживаної енергії елементів САУ:

$$\text{PEN}^{\text{CAY}} = \min_{m=1}^3 \mathop{\text{e}}_{o=1}^{\text{o}^m} \mathop{\text{e}}_{w=1}^{\text{w}^0} \text{PEN}_{\text{mow}} \tilde{X}_{\text{mow}} . \quad (32)$$

Область припустимих рішень при виборі елементів САУ визначається додатковими обмеженнями:

– статична помилка елементів САУ має бути менше за задану  $\text{CTE}_3^m$ :

$$\mathop{\text{e}}_{o=1}^{\text{o}^3} \mathop{\text{e}}_{w=1}^{\text{w}^0} \text{CTE}_{\text{mow}} \tilde{X}_{\text{mow}} \leq \text{CTE}^m ; m = \overline{1,3} ; \quad (33)$$

– час регулювання елементів САУ має бути менше за заданий  $\text{TR}_3^m$ :

$$\mathop{\text{e}}_{o=1}^{\text{o}^3} \mathop{\text{e}}_{w=1}^{\text{w}^0} \text{TR}_{\text{mow}} \tilde{X}_{\text{mow}} \leq \text{TR}^m ; m = \overline{1,3} ; \quad (34)$$

– завадостійкість елементів САУ має бути більше за задану  $\text{PU}_3^m$ :

$$\mathop{\text{e}}_{o=1}^{\text{o}^3} \mathop{\text{e}}_{w=1}^{\text{w}^0} \text{PU}_{\text{mow}} \tilde{X}_{\text{mow}} \geq \text{PU}^m ; m = \overline{1,3} ; \quad (35)$$

– кількість споживаної енергії елементів САУ має бути менше за задану  $PEN_3^m$  :

$$\prod_{o=1}^{o^3} \prod_{w=1}^{w^o} PEN_{mow} \tilde{X}_{mow3} \leq PEN^m ; m = \overline{1,3}. \quad (36)$$

Математична модель (39) – (36) належить до завдань лінійного багатокритеріального дискретного програмування з булевими змінними. Її розв'язання в загальному вигляді становить значні труднощі через складність обчислень. Для її розв'язання проводиться декомпозиція на часткові завдання оцінки і вибору елементів САУ (МК, ЧП, ИП).

Для прикладу оцінки та вибору елементів САУ наводиться модель вибору ЧП.

Кожен ЧП, крім показників із загальної моделі, характеризується рядом додаткових показників: потужність ЧП о-го типу w-го виду –  $DW_{2ow}$  ; частота вихідної напруги ЧП о-го типу w-го виду –  $FU_{2ow}$  ; ступінь захисту ЧП о-го типу w-го виду –  $SZ_{2ow}$  .

Як часткові критерії для вибору ЧП можуть бути вибрані:

– максимальна потужність ЧП:

$$DW^{ЧП} = \max_{o=1}^{o^2} \prod_{w=1}^{w^o} DW_{2ow} \tilde{X}_{2ow} ; \quad (37)$$

– максимальна частота вихідної напруги ЧП:

$$FU^{ЧП} = \max_{o=1}^{o^2} \prod_{w=1}^{w^o} FU_{2ow} \tilde{X}_{2ow} ; \quad (38)$$

– максимальний ступінь захисту ЧП:

$$SZ^{ЧП} = \max_{o=1}^{o^2} \prod_{w=1}^{w^o} SZ_{2ow} \tilde{X}_{2ow} . \quad (39)$$

Область припустимих рішень при виборі типу і виду ЧП визначається додатковими обмеженнями:

– потужність ЧП має бути більше за задану  $DW_3^{ЧП}$  :



$$\prod_{o=1}^{o^2} \prod_{w=1}^{w^o} DW_{2ow} \tilde{X}_{2ow3}^i DW^{\text{ЧП}}; \quad (40)$$

– частота вихідної напруги ЧП має бути більше за задану  $FU_3^{\text{ЧП}}$ :

$$\prod_{o=1}^{o^2} \prod_{w=1}^{w^o} FU_{2ow} \tilde{X}_{2ow3}^i FU^{\text{ЧП}}; \quad (41)$$

– ступінь захисту ЧП має бути більше за задану  $SZ_3^{\text{ЧП}}$ :

$$\prod_{o=1}^{o^2} \prod_{w=1}^{w^o} SZ_{2ow} \tilde{X}_{2ow3}^i SZ^{\text{ЧП}}. \quad (42)$$

Математична модель (37) – (42) належить до завдань лінійного багатокритеріального дискретного програмування з булевими змінними.

Розроблена модель оцінки та вибору типів і видів зв'язків між блоками АТ та елементами САУ. Самі зв'язки на прикладі ЕМТ визначені матрицею інцидентності  $U = \|\|U_{al}\|\|$ .

Необхідно визначити тип і вид зв'язків між блоками ЕМТ та елементами САУ за обраними критеріями і обмеженням.

Кожен тип і вид зв'язків, крім показників із загальної моделі, характеризується рядом додаткових показників: перешкодозахищеність зв'язку –  $PZ_{\text{alsy}}$ ; швидкість передачі даних –  $VD_{\text{alsy}}$ .

Параметричний синтез зв'язків між блоками ЕМТ і елементами САУ можна оцінити за наступними критеріями:

– максимальна перешкодозахищеність зв'язків:

$$F^C = \max_{a=1}^{v\check{y}_+} \prod_{l=1}^{m\check{y}_+} \prod_{s=1}^{m\check{y}_+} \prod_{y=1}^{s\check{y}} e^s PZ_{\text{alsy}} U_{al} \bar{X}_{\text{alsy}}; \quad a \in \mathbb{N} 1; \quad \forall U_{al} = 1; \quad (43)$$

– максимальна швидкість передачі даних:

$$F^C = \max_{a=1}^{v\check{y}_+} \prod_{l=1}^{m\check{y}_+} \prod_{s=1}^{m\check{y}_+} \prod_{y=1}^{s\check{y}} e^s VD_{\text{alsy}} U_{al} \bar{X}_{\text{alsy}}; \quad a \in \mathbb{N} 1; \quad \forall U_{al} = 1. \quad (44)$$

Область припустимих рішень при виборі типів і видів зв'язку визначається додатковими обмеженнями:

– перешкодозахищеність кожного зв'язку має бути більше за задану  $PZ_3^{\text{al}}$  :

$$\prod_{s=1}^{s\dot{y}} \prod_{y=1}^{y^s} PZ_{\text{alsy}} U_{\text{al}} \bar{X}_{\text{alsy}3}^i PZ^{\text{al}}; a, l = \overline{1, v\dot{y} + m\dot{y}}; a \in \mathbb{N}^1; \forall U_{\text{al}} = 1; \quad (45)$$

– швидкість передачі даних кожного зв'язку повинна бути більше за задану  $VD_3^{\text{al}}$  :

$$\prod_{s=1}^{s\dot{y}} \prod_{y=1}^{y^s} VD_{\text{alsy}} U_{\text{al}} \bar{X}_{\text{alsy}3}^i VD^{\text{al}}; a, l = \overline{1, v\dot{y} + m\dot{y}}; a \in \mathbb{N}^1; \forall U_{\text{al}} = 1. \quad (46)$$

Математична модель (43) – (46) належить до завдань лінійного багатокритеріального дискретного програмування з булевими змінними.

Розроблена модель оцінки та вибору ПЗ для імітаційного моделювання функціонування як всієї АТ, так і окремо кожного її блока. Обране ПЗ дозволяє промоделювати також САУ з можливістю зміни алгоритму її роботи. Це дає можливість підвищити ефективність процесу імітаційного моделювання шляхом створення всіх елементів АТ, взаємозв'язків між ними та алгоритму роботи САУ, використовуючи тільки одне ПЗ.

**У п'ятому розділі** розроблена структура комп'ютерної технології, що дозволяє автоматизувати процес проектування на основі програмно-методичних комплексів, що реалізовані у вигляді програмних моделей для оцінки та вибору: структури АТ, блоків АТ, елементів САУ та зв'язків між ними. Інтерфейс ПЗ розроблений у вигляді спеціалізованих діалогових вікон. Наведені практичні приклади вирішення конкретних задач проектування АТ. Наведені результати впровадження підтвердили ефективність і доцільність застосування розробленої комп'ютерної технології при проектуванні АТ.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішені актуальні науково-прикладні завдання розробки моделей автоматизованого системного проектування автоматичної трансмісії, що дозволяє підвищити ефективність та оперативність проектних рішень. По закінченню дисертаційної роботи

були зроблені наступні висновки.

1. Проведений системний аналіз процесу проектування АТ дозволив вперше сформулювати загальну задачу проектування АТ і виконати її декомпозицію на часткові задачі. Це дало можливість сформулювати мету і завдання дослідження.

2. Розроблено структурну модель ІТ системного синтезу АТ, що на відміну від традиційної технології дає можливість вести проектування не тільки АТ, але також її САУ з єдиних системних і критеріальних позицій. Це дозволило структурувати процес проектування і визначити послідовність проектних процедур.

3. Набули подальшого розвитку методи багатокритеріальної оцінки і оптимізації шляхом поширення їх на новий клас об'єктів – системне проектування АТ. Це дає можливість, на відміну від відомих методів проектування, приймати проектні рішення за багатьма критеріями залежно від ступеня визначеності вихідної інформації про важливість часткових критеріїв.

4. Розроблено інформаційно-довідкове забезпечення процесу проектування АТ з науковим обґрунтуванням вибору СУБД за багатьма критеріями. Це дозволяє організувати інформаційну підтримку і ефективну взаємодію проектувальника з ЕОМ у процесі системного синтезу АТ.

5. Вперше розроблена узагальнена модель вибору типу і виду АТ і проведена її декомпозиція на часткові завдання та визначена послідовність їхнього вирішення. Розроблені менш розмірні моделі рішення часткових завдань синтезу блоків АТ, елементів САУ та зв'язків між ними, що дозволяє на відміну від відомих методів ухвалювати рішення за багатьма критеріями. Це дає можливість підвищити ефективність та оперативність прийнятих рішень при синтезі АТ за рахунок обґрунтованого вибору структури АТ, блоків АТ, елементів САУ та зв'язків між ними.

6. Розроблена модель вибору ПЗ для імітаційного моделювання в MatLab функціонування АТ, що дозволяє оцінити її за техніко-економічними показниками.

7. Розроблені моделі та програмні комплекси впроваджені при розробці АТ для трактора типу ХТЗ-17222 для ДП Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування, а також у навчальному процесі. Це підвищило ефективність проектування АТ різних типів та підтвердило доцільність застосування розроблених моделей та методів.

8. Проведені дослідження виявили ряд нових задач у проектуванні АТ, зокрема, з компоновки її блоків та елементів САУ для підвищення їх функціональних можливостей.

1. Нефедов Л.И. Многокритериальная оценка элементов автоматической трансмиссии / Л.И. Нефедов, А.А. Осьмачко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2004. – №27. – С. 213 – 215.

2. Нефедов Л.И. Выбор систем управления автоматической трансмиссией / Л.И. Нефедов, В.Е. Овчаренко, А.А. Осьмачко // Технология приборостроения. – 2007. – №2. – С. 25–29.

3. Нефедов Л.И. Модель выбора гибридной автоматической трансмиссии / Л.И. Нефедов, В.Е. Овчаренко, А.А. Осьмачко // Технология приборостроения. – 2008. – №1. – С. 33–36.

4. Нефедов Л.И. Выбор программных средств моделирования автоматической трансмиссии / Л.И. Нефедов, А.А. Осьмачко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – №2/2 (20). – С. 30–33.

5. Нефедов Л.И. Обобщенная модель системного синтеза автоматической трансмиссии / Л.И. Нефедов, А.А. Осьмачко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – №6/4 (42) – С. 10–14.

6. Нефедов Л.И. Модели системного синтеза автоматической трансмиссии / Л.И. Нефедов, А.А. Осьмачко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – №6/6 (42). – С. 31–35.

7. Нефедов Л.И. Информационная технология системного синтеза автоматической трансмиссии / Л.И. Нефедов, А.А. Осьмачко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №(44). – С. 29 – 31.

8. Нефедов Л.И. Багатокритеріальна оцінка моделей функціонування автоматичної трансмісії / Л.І. Нефедов, О.О. Осьмачко // Розвиток наукових досліджень 2005: матер. міжн. наук.-практ. конф., 7–9 лист. 2005 р. тези доп. – Полтава, 2005. – 61 с.

9. Осьмачко А.А. Использование пакета LabView в учебном процессе по дисциплине «Автоматизированный электропривод» / А.А. Осьмачко // Сучасні технології підготовки фахівців в умовах подальшого розвитку вищої освіти України: матер. міжн. наук.-метод. конф., 27–28 жовт. 2005 р. тези доп. – Харків, 2005. – 51 с.

10. Нефедов Л.И. Обобщенная модель системного синтеза автоматической трансмиссии / Л.И. Нефедов, А.А. Осьмачко // Проблемы информатики и моделирования: матер. девятой межд. науч.-техн. конф., 26–28 нояб. 2009 г. тезисы докл. – Харьков, 2009. – 19 с.

11. Нефедов Л.И. Модели системного синтеза автоматической трансмиссии / Л.И. Нефедов, А.А. Осьмачко // Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління

організаційно-технічними комплексами: матер. міжн. наук.-техн. конф., 26–27 лист. 2009 р. тези доп. тезисы докл. – Київ, 2009. – 107 с.

12. Нефедов Л.И. Системный синтез автоматической трансмиссии с учетом экологических требований / Л.И. Нефедов, А.А. Осьмачко // Транспорт, экология – устойчивое развитие: XVI межд. науч.-техн. конф., 20–22 мая 2010 г. тезисы докл. – Варна, 2010. – 127 с.

## АНОТАЦІЯ

**Осьмачко О.О.** Моделі автоматизованого системного проектування автоматичної трансмісії. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.12 – системи автоматизації проектувальних робіт. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2010.

У дисертації аналізується наукова задача – проектування автоматичної трансмісії. Розроблена інформаційна технологія автоматизованого проектування АТ та її інформаційне забезпечення. Розроблені математичні моделі оцінки та вибору типів і видів структури АТ; блоків АТ; елементів САУ та зв'язків між ними. Вони дозволяють приймати рішення за багатьма функціональними та витратними критеріями в залежності від ступеня визначеності інформації про їх важливість.

Розроблена структура комп'ютерної технології. Наведені практичні приклади вирішення часткових задач, які впроваджені в реальні об'єкти.

**Ключові слова:** системний синтез, автоматична трансмісія, математичні моделі, інформаційна технологія, імітаційне моделювання.

## АННОТАЦИЯ

**Осьмачко А.А.** Модели автоматизированного системного проектирования автоматической трансмиссии. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – системы автоматизации проектных работ. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, 2010.

В диссертации анализируется научная задача – проектирование автоматической трансмиссии АТ.

Проведенный анализ подходов, методов проектирования АТ показал, что в настоящее время существующие модели не позволяют решать задачу системно. Это не дает высокой эффективности и оперативности при принятии решений.

Исходя из проведенного анализа, были выбраны объект и предмет исследования, сформулирована цель – повышение эффективности процесса проектирования АТ за счет создания новых и развития известных моделей системного синтеза, имитационных моделей функционирования АТ и технологий автоматизации проектных работ.

Разработана структурная модель информационной технологии, системного синтеза АТ, которая, в отличие от традиционной технологии дает возможность вести проектирование не только АТ, но и ее САУ с единых системных и критериальных позиций. Это позволило структурировать процесс проектирования и определить последовательность проектных процедур.

Получили дальнейшее развитие методы многокритериальной оценки и оптимизации путем распространения их на новый класс объектов – системное проектирование АТ. Это дает возможность, в отличие от известных методов проектирования, принимать проектные решения по многим критериям в зависимости от степени определенности выходной информации о важности частных критериев.

Также разработано информационно-справочное обеспечение процесса проектирования АТ с научным обоснованием выбора системы управления базами данных по многим критериям. Это позволяет организовать информационную поддержку и эффективное взаимодействие проектировщика с ЭВМ в процессе системного синтеза АТ.

Разработаны обобщенные модели системного синтеза АТ и ее САУ, которые, в отличие от существующих, позволяют с единых критериальных позиций комплексно решить задачу системного синтеза АТ по многим критериям. Была проведена декомпозиция обобщенных моделей на частные задачи – оценка и выбор структуры АТ, блоков АТ (АКБ, ЭД), элементов САУ (МК, ЧП, ИП) и связей между блоками АТ и элементами САУ. Это дает возможность повысить эффективность и оперативность принимаемых решений при синтезе АТ за счет обоснованного выбора структуры АТ и ее компонентов. Также разработана модель оценки и выбора программного средства для имитационного моделирования функционирования синтезированной АТ.

Разработана компьютерная технология для проектирования АТ. Она предназначена для комплексной автоматизации формирования проектной и отчетной документации, для получения и обработки аналитической информации при проектировании АТ. Функционирование компьютерной технологии основано на взаимодействии базовых средств проектирования, средств принятия решений на отдельных этапах проектирования, и, при необходимости, их последующей корректировки.

Построена имитационная модель в MatLab функционирования

синтезированной АТ. На основе имитационной модели определяется эффективность работы синтезированной АТ как в целом, так и каждого блока в отдельности.

Проведена сравнительная оценка технико-экономических показателей синтезированной и базовой АТ. Практически по всем показателям синтезированная АТ имеет преимущество в сравнении с базовой. Это практически подтвердило эффективность и целесообразность внедрения разработанных моделей, методов и программно-методических комплексов.

Имитационная модель позволяет также производить модернизацию АТ без глобальных изменений своей структуры.

Результаты внедрения разработанных моделей для проектирования электромеханической трансмиссии трактора типа ХТЗ-17222 подтвердили эффективность и целесообразность их применения на практике. Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе кафедры автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий ХНАДУ при чтении лекций, проведении лабораторных работ и курсовом проектировании по дисциплине «Автоматизированный электропривод» и «Идентификация и моделирование технологических объектов».

**Ключевые слова:** системный синтез, автоматическая трансмиссия, математические модели, информационная технология, имитационное моделирование.

## ABSTRACT

**Os'machko A.A.** Models of computer-aided system design of the automatic transmission. – Manuscript.

Thesis for the Candidate of Engineering Sciences degree in specialty 05.13.12 – computer aided design works systems. – Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, 2010.

In the thesis a scientific problem of designing the automatic transmission has been analyzed. The information technology of the automatic transmission computer-aided design and its information support have been developed. Mathematical models of estimation and choosing types and structures of the automatic transmission, АТ units, elements of the automatic control system and connections between them have been worked out. They allow making decisions by many functional and cost criteria depending on the degree of definiteness of the information about their importance.

Structure of the computer technology has been made out. There have been given practical examples of solving partial tasks imbedded /implemented into real objects.

**Key words:** system synthesis, automatic transmission, mathematical models, information technology, simulation modeling.



Підписано до друку \_\_\_\_\_ р. Формат 60<sup>г</sup> 90 1/16. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman Cyr. Віддруковано на різнографі.  
Ум. друк. арк. 1,0.  
Зам. №. \_\_\_\_\_ . Тираж \_\_\_\_\_ прим. Ціна договірна

Видавництво ХНАДУ, 61200, Харків-МСП, вул. Петровського, 25

Свідоцтво державного комітету інформаційної політики, телебачення та  
радіомовлення України про внесення суб'єкта видавничої справи до  
державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів  
видавничої продукції, серія \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ р.