

ций: Тез. научн.-техн. конф. – Кировоград, 1983. – С. 34. 5. Лобанов Л.М., Міходуй Л.І., Міходуй О.Л. Залишкові напруження в зварних з'єднаннях високоміцних сталей // *Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій: Зб. наук. пр.* – Львів, 1999. – Т. 1. – Вип. 2. – С. 21–30. 6. Химушин Ф.Ф. *Нержавеющие стали.* – М., 1963. – С. 583. 7. Палаш В., Назар І. Метод відновлення спрацьованих дисків сільськогосподарських сівалок // *Тез. доп. V Міжнар. симпозіуму українських інженерів-механіків у Львові.* – Львів, 2001. – С. 113. 8. Табачников А.С., Табачникова Т.И, Пряхин А.В. Влияние концентрации никеля на структуру металла шва // *Сварочное производство.* – 1987. – № 11. – С. 21–22. 9. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М., 1975. – 234 с. 10. Подстригач Я. С., Осадчук В.А. Исследование напряженного состояния цилиндрических оболочек, обусловленного заданным тензором несовместных деформаций и его приложения к определению сварочных напряжений // *Физ.- хим. механика материалов.* – 1968. – 4, № 4. – С. 400–407. 11. Осадчук В.А., Дзюбик А.Р., Назар І.Б. Розрахунково-експериментальний метод визначення залишкових напружень в оболонкових зварних з'єднаннях // *Тез. доп. Української наук. конф. “Математика і механіка у Львівському університеті (історія і сучасність)”.* – Львів, 1999. – С. 25.

УДК 629.113.001 – 582.001

Т.Л. Крайник

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра “Автомобілебудування”

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ЧИСЕЛ СИЛОВОГО ПРИВОДУ МЕТОДАМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

© Крайник Т. Л., 2002

Оптимізація передавальних чисел трансмісії методами багатofакторного планування машинного експерименту.

Optimization transmission ratio by using an many factoring planning of a machine experiment.

Проблема вибору оптимального значення потужності двигуна міського автобуса, так само, як і відповідного вибору передавальних чисел трансмісії і головної передачі, є багатofакторною, достатньо неоднозначною задачею, які давно вийшла за рамки класичного тягово-швидкісного розрахунку. Фактично немає жодних проблем забезпечити типові вимоги, що регламентують динаміку розгону:

- досягнення максимальної швидкості 75–85 км/г при максимальній вазі 17,5–18,5 т;
- часу розгону до 50 км/г в межах 30 с чи до 60 км/г в межах 36 с (при максимальному завантаженні);
- вписування автобуса в типовий транспортний потік міста за умови інтенсивності розгону, особливо в зоні низьких швидкостей руху (рис. 1) [1, 2].

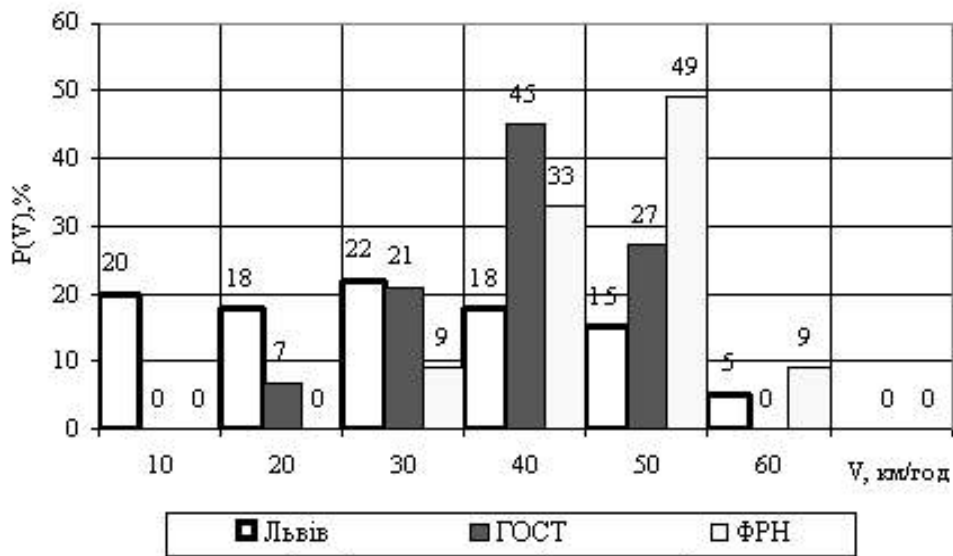


Рис. 1. Гістограма розподілу кінцевих швидкостей розгону в міських умовах

Вищеперерахованим умовам однак можуть відповідати десятки комбінацій потужності двигуна і передавальних чисел трансмісії та головної передачі – статистично оптимізація полягає в концентрації гістограм розподілу експлуатаційних режимів роботи двигуна в зонах мінімальної витрати палива (рис. 2).

Тут однак, є два діаметрально протилежні зв'язки:

– чим більша номінальна потужність двигуна, тим більше математичні очікування навантажувальних, зрештою і швидкісних режимів, зміщуються вниз в зону меншого питомого використання, а, отже, і потенційно гіршої паливної економічності (рис. 3), але і при занадто малій потужності зміщення домінуючих режимів вгору від зони мінімальної питомої витрати пального g_{\min} і знову ж таки погіршення паливної економічності при практично незмінних динамічних характеристиках руху, що визначаються інтенсивністю транспортного потоку;

– передавальні числа коробки передач і ведучого моста визначаються як добуток – єдиною функцією стосовно режиму розгону, але вимоги розгону і квазіусталеного руху (де власне починає домінувати вплив передавального числа ведучого моста при русі на прямій передачі), входять у протиріччя за умов вибору передавального числа головної передачі.

Практично, як показав аналіз експлуатаційних режимів міських автобусів (на прикладі м. Львова) близько 60 % абсолютної витрати пального формується власне у фазі розгону, значущість квазіусталеного руху в цьому плані вдвічі менша. Тому і відповідна значущість вибору передавальних чисел трансмісії в фазі розгону – при цьому потрібно врахувати статистичний розподіл кінцевих швидкостей розгону (рис. 1), де понад 75 % всіх розгонів закінчується в межах 40 км/г і квазіусталений рух не є пов'язаний однозначно з прямою передачею.

Тому логічною для міських автобусів є процедура статистичної оптимізації передавальних чисел трансмісії в умовах циклічного руху. Останній формується фактично двома статистичними характеристиками – гістограми розподілу кінцевих швидкостей розгону (рис. 1) та довжин циклів (рис. 4). Отже, математичні очікування витрати пального чи середньої швидкості руху порівнюваних комбінацій передавальних чисел є критерієм ефек-

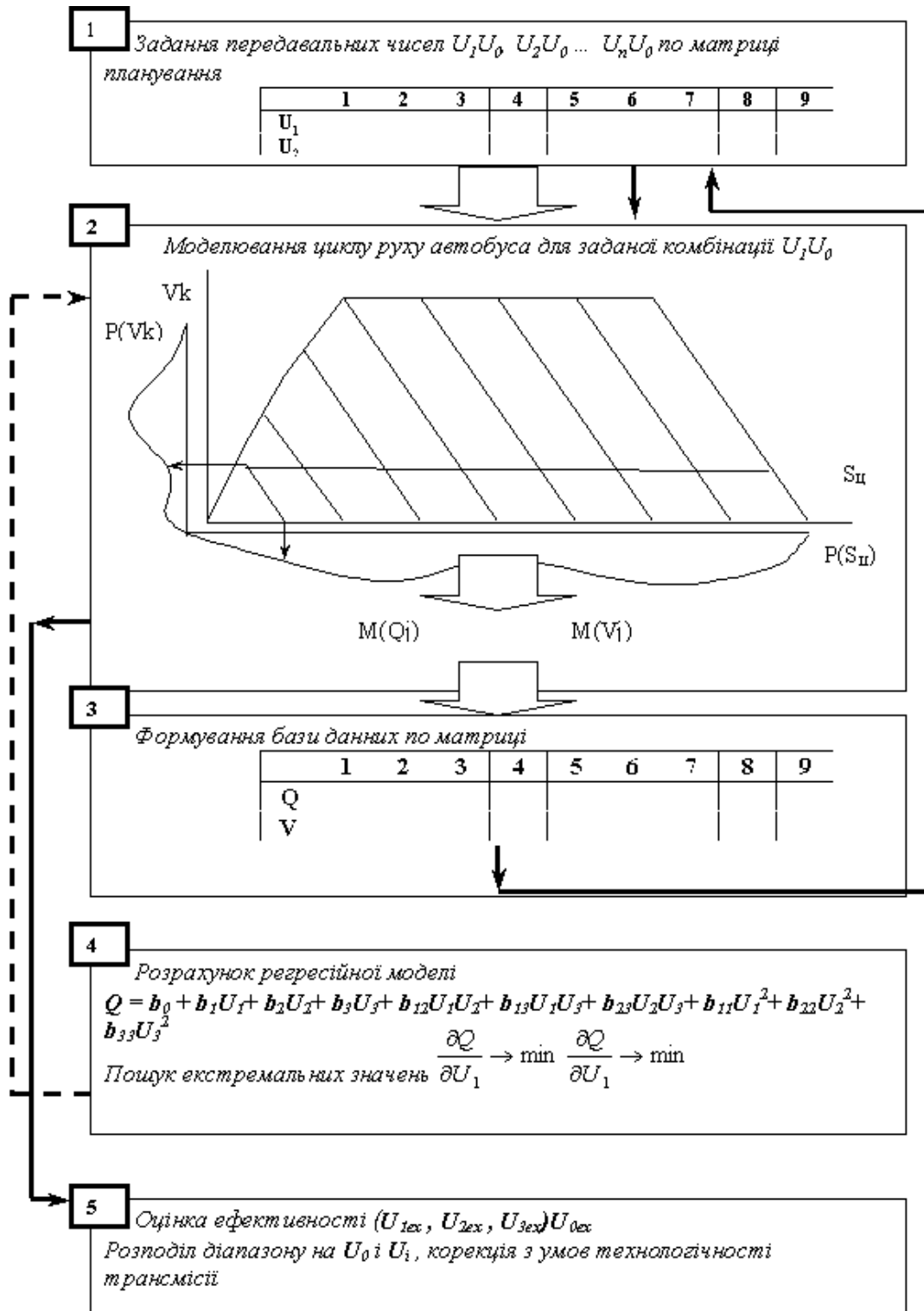


Рис. 2. Структура параметричної оптимізації передавальних чисел трансмісії (треступеневої) за умови паливної економічності циклічного руху методом багатofакторного планування експерименту

тивності з одним застереженням: класичний розрахунок ґрунтується на умові максимального використання тягових характеристик двигуна, що для реальної експлуатації є абсолютно нетиповим (в межах до 1,5–3 % часу роботи двигуна). Очевидно на режимі

зовнішньої швидкісної характеристики двигуна необхідно тільки контролювати виконання умов забезпечення регламентованого часу розгону до кінцевої швидкості з максимальним завантаженням. Реально ж оптимізацію з умов паливної економічності потрібно проводити на базі статистичного розподілу реальних навантажувальних режимів двигуна (положення педалі паливподачі) і пасажиро-навантаженості. Це можливо здійснити двома шляхами:

– цілеспрямованого “прогону” комбінацій передавальних чисел через детерміновану модель імітаційного моделювання циклічного руху автобуса з подальшою фільтрацією отриманих результатів через статистичні фільтри (гістограми імовірнісного розподілу) по довжині циклу $S_{ц}$ і кінцевій швидкості розгону V_k (за основу можна взяти комбіновану модель, подану в [10]);

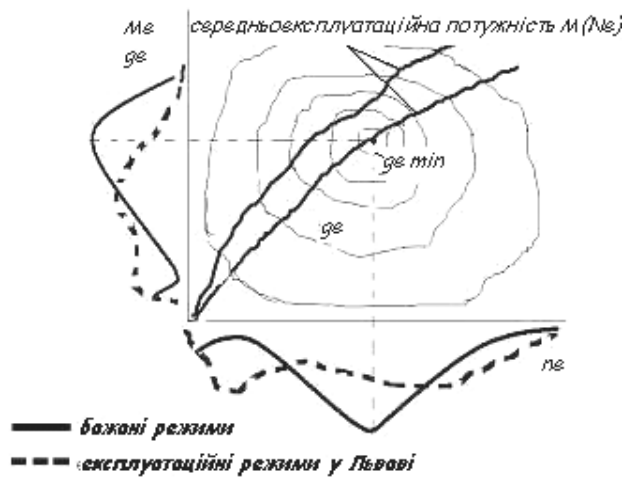


Рис. 3. Універсальна характеристика двигуна і гістограми розподілу навантажувального та швидкісного режимів

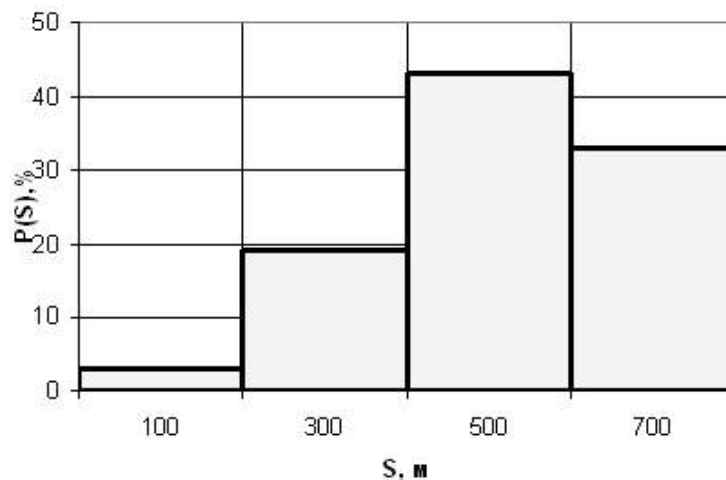


Рис. 4. Гістограма розподілу довжини циклів руху міських автобусів

– формування типового їздового циклу (міського маршруту) для автобусів (за прикладом ФРН [1] чи колишнього СРСР [4]) і оптимізаційний пошук передавальних чисел

трансмисії методом імітаційного моделювання руху автобуса з досліджуваними значеннями параметрів по типовому маршруту.

В ролі математичного забезпечення багатофакторної оптимізації $Q_e = f(U_1 U_0 \div U_n U_0) \Rightarrow \min$ можна використати:

- дослідження на екстремум регресійної моделі, що описує взаємозв'язок $Q_e = f(U_1 U_0 \div U_n U_0)$ на базі застосування методів багатофакторного планування експерименту [5];
- методи чисельної оптимізації на ЕОМ (цілеспрямований пошук – перебір результатів моделювання руху авто з різними комбінаціями передавальних чисел трансмісії методом так званого покоординатного спуску або симплекс-методу тощо [6]).

Очевидно, що визначена, таким чином, комбінація передавальних чисел повинна бути перевірена на виконання граничних умов (забезпечення регламентованого часу розгону до 60 км/г, переборення підйому при повному завантаженні) і скоригована з умов технологічності виробництва (формування багатьох передавальних чисел планетарного редуктора і багатьох передавальних чисел головної передачі).

1. Braun H., Dreyer W. Ein Standart – Fahrzyklus für Stadt-Linienbusse // ATZ 81 (1979). – N 1. – S. 29–322; 2. Крайник Л.В., Крайник Ю.Л. Режимы работы та можливості покращення паливно-швидкісних властивостей автобусів і легкових автомобілів в міських умовах руху // Пр. західного наукового центру. – Львів, 1995. – С. 68–70; 3. Крайник Л.В. Гидромеханические передачи автомобилей: Методические указания по курсовому и дипломному проектированию. – Львов, 1984. – С. 16–22; 4. ГОСТ 20306-90 Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. 5. Крайник Л.В., Дзядык М.Н. Основы статистической оптимизации передаточных чисел гидромеханической трансмиссии городского автобуса // Тр. ВКЕИавтобуспрома. – Львов, 1979. – С. 93–102. 6. Wong L., Clemens W. Powertrain matching for better fuel economy. SAE Techn. Paper Ser. – 1979. – No 790045. – 10 p. 7. Нагорняк Г.А. К вопросу о нагрузочных режимах автобусов // Тр. ГСКБ по автобусам. – Львов, 1969. – Вып. 1. 8. Осепчугов В.В. и др. Об учете нагрузочных режимов работы и пути цикла при исследовании тягово-скоростных качеств и топливной экономичности городских автобусов // Тр. ГСКБ по автобусам. – Львов, 1969. – Вып. 1. 9. Генбом Б.Б., Атоян К.М. и др. Методика исследования влияния параметров двигателя и трансмиссии на тягово-скоростные качества и топливную экономичность городских автобусов // Тр. ГСКБ по автобусам. – Львов, 1970. – Вып. 3. 10. Крайник Л.В. Системные основы теории и синтеза оптимального управления гидромеханическими передачами автомобилей: Дис. ...д-ра техн. наук. – Львов, 1988. – 491 с. – Машинопись. 11. Нефедов А.Ф., Вильковский Е.К. Типизация условий движения городских автобусов // Тр. ГСКБ по автобусам. – Львов, 1975. – Вып. 4.