

МИНИСТЕРСТВО УКРАИНЫ ПО ВОПРОСАМ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
И ПО ДЕЛАМ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ПОСЛЕДСТВИЙ
ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ УКРАИНЫ

ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Выпуск 25

Зарегистрирован Государственным комитетом
информационной политики

29 августа 2002 года

Серия КВ № 6467

Утверждено к печати ученым советом
УГЗ Украины
(протокол № 11 от 26.03.2009 г.)

Харьков
УГЗУ - 2009

УДК 614.8 + 614.84 + 621.3 + 614.841 + 614.842 + 541.678.686.01 +
331.436 + 624.012 + 614.842.6 + 614.841.332 + 521.633 + 662.613.12 +
669.046.44 + 519.85

Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: УГЗУ, 2009. –
Вып. 25. – 208 с.

Издание основано в 1997 году. Включено в перечень изданий
ВАК Украины (приказ № 1-03/8 от 11.10.2000 г.).

Представлены результаты научных исследований в области по-
жарной безопасности. Рассматриваются организационно-технические
аспекты совершенствования пожарной безопасности, отражающие со-
временные методы повышения эффективности противопожарной защи-
ты и тенденции развития научных исследований в данной области.

Материалы предназначены для инженерно-технических работ-
ников пожарной охраны, научно-педагогического персонала, адъюнк-
тов, слушателей и курсантов пожарно-технических учебных заведе-
ний.

Ил. – 55, табл. – 19.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: д-р техн. наук, проф. *Ю.А. Абрамов*
(отв. ред.), д-р техн. наук, проф. *О.П. Алексеев*, д-р техн. наук, проф.
А.С. Беликов, д-р техн. наук, проф. *Е.В. Бодянский*, д-р техн. наук, проф.
В.М. Комяк, д-р техн. наук, проф. *В.И. Кривоцова*, д-р техн. наук, проф.
Л.Н. Куценко, д-р техн. наук, проф. *А.Н. Ларин*, д-р техн. наук, проф.
Э.Е. Прохач, д-р хим. наук, проф. *В.Д. Калугин*, д-р физ.-мат. наук, проф.
А.П. Созник, д-р физ.-мат. наук, проф. *С.В. Яковлев*.

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. О.Н. Фоменко,
д-р техн. наук, проф. О.Г. Руденко.

Видання засноване у 1997 році. Включене до переліку видань
ВАК України (наказ № 1-03/8 від 11.10.2000 р.).

Наведені результати наукових досліджень у галузі пожежної
безпеки. Розглядаються організаційно-технічні аспекти вдосконалення
пожежної безпеки, що відображають сучасні методи підвищення
ефективності протипожежного захисту та тенденції розвитку науко-
вих досліджень в даній галузі.

Матеріали призначені для інженерно-технічних робітників по-
жежної охорони, науково-педагогічного персоналу, ад'юнктів, слу-
хачів та курсантів пожежно-технічних навчальних закладів.

*М.З. Лєвєвський, ад'юкт, ДПУ БЖД,
Д.М. Королевич, ст. викладач, НКШ НТУ,
Р.В. Зинько, к.т.н., доцент, НУ «Львівська політехніка»
І.С. Лозовий, к.т.н., доцент, НУ «Львівська політехніка»*

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБІЛЯ АЦ-40

(представлено д-ром техн. наук О.М. Лариним)

Оприцьмо аналітичну залежність впливу коефіцієнту опору
коченню, маси автомобіля і швидкості руху на витрату палива
автомобіля АЦ-40. Ця залежність дозволить виділити
математичну модель роботи перспективного пожежного
автомобіля модульної компоновки.

Постановка проблеми. Створення пожежних автомобілів, що
відповідають сучасним концепціям, потребує великих матеріальних
та інтелектуальних затрат. Зменшити ці затрати можна,
використавши попереднє комп'ютерне моделювання функціонування
пожежного автомобіля. Однак розробка адекватних комп'ютерних
програм неможлива без співставлення результатів їх роботи з
експериментальними даними. При цьому проблемою є те, що всі
дослідження проводяться для автомобілів загального призначення, а
дослідження для пожежних автомобілів відсутні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [1]
одержано математичну модель рушання спеціального автомобіля з
додатковим відбором потужності для виконання технологічних робіт
за умови включеного технологічного обладнання з постійною
швидкістю обертання колінчастого вала двигуна. Досліджено
питання стабілізації швидкісного режиму руху спеціального
автомобіля за умов зміни навантаження, що дозволяє покращити
його паливні та екологічні показники. Розраховано тягово-динамічні
властивості спеціального автомобіля.

В роботі [2] розглянуто питання покращення динамічності
розгону та тягових властивостей легкового автомобіля шляхом
визначення оптимальної форми швидкісної характеристики та
параметрів двигуна.

За удосконаленою розрахунковою схемою системи складено
диференціальне рівняння прямолінійного прискореного руху
автомобіля, математичну модель і комп'ютерну програму для
дослідження показників розгону. Створено експериментальну
установку на стенді з бльовими барабанами. В результаті проведеного

випробування автомобіля одержано дані, що підтверджують
достовірність математичної моделі та методу розрахунку
показників його динамічності.

Запропоновано методику визначення передаточних відношень
трансмсії газобалонних автобусів [3]. Досліджено вплив
передаточних відношень трансмісії та параметрів комплектування на
показники їх тяго-швидкісних властивостей, паливної економічності
та стійкості руху.

В роботі [4] на основі розробленої математичної моделі,
адекватність якої підтверджено експериментальним шляхом,
визначено кількісний вплив ряду передаточних чисел трансмісії на
швидкісні властивості та витрату палива за цикли поїздки, які
визначаються згідно з відповідними стандартами. Розроблено
методику визначення оптимального ряду передаточних чисел
трансмсії вантажних автомобілів КраЗ на підставі варіаційного
числення в доданку до інтервалів.

В роботі [5] розроблено математичну модель для вибору
параметрів системи "двигун - трансмісія" у разі переобладнання
автомобіля "ГАЗель" за наявності різних типів дизелів та коробок
передач. Запропоновано методику визначення оптимальних
параметрів системи "двигун - трансмісія" переобладнаних
автомобілів категорії N1, з використанням якої реалізовано один зі
шляхів підвищення показників тяго-швидкісних властивостей і
паливної економічності переобладнаних автомобілів сімейства
"ГАЗель".

В роботі [6] проведено вибір оптимальних параметрів системи
двигун - трансмісія з метою підвищення техніко-експлуатаційних
властивостей легкових автомобілів малого класу підвищеної
прохідності. Розроблено комплекс показників та методику аналізу
взаємозв'язків між базовими конструктивними параметрами
автомобіля та їх техніко-експлуатаційними властивостями, за
допомогою яких проаналізовано вплив передаточних чисел
трансмсії на показники тяго-швидкісних властивостей і паливної
економічності автомобіля.

Постановка завдання та його вирішення. Задачою
досліджень, є визначення залежностей між основними чинниками,
що впливають на ефективність функціонування пожежної автоліс-
терни АЦ-40 в реальних умовах експлуатації. Ці залежності
необхідні для відлагодження комп'ютерної моделі і подальшого
дослідження інших пожежних автомобілів, зокрема, автомобілів но-
вих конструкцій, які ще знаходяться на стадії проектування.
Відлагодження математичної моделі проводилося за допомогою
триєтанної апробації [7]. Методика триєтанної апробації складалася з

таких етапів:

— перевірка адекватності моделей та пакетів комп'ютерних програм на основі аналізу тестових задач статички і динаміки руху досліджуваного автомобіля;

— співставлення результатів відомих досліджень з отриманими результатами;

— співставлення результатів комп'ютерного і фізичного експериментів.

При проведенні фізичного експерименту використовувалися методи планування експерименту, зокрема багатовимірний експеримент [8]. Його використання дає можливість визначити залежності між основними впливовими чинниками в заданих межах. На основі цих залежностей проводиться остаточне відладження математичної моделі і перевірка точності її роботи.

Параметром оптимізації є витрата палива. Він відповідає всім вимогам до параметрів оптимізації: простий, одноступінчастий, кількісний і масовий фізичний смисл.

При дослідженні витрати палива автоцистерни АЦ-40 істотними виявилися чинники: коефіцієнт опору коченню f , маса автомобіля M , швидкість руху V .

При проведенні експерименту автомобіль рухався по двох типах опорної поверхні (асфальтове покриття у задовільному стані $f = 0,01$ і дорога, покрита травою $f = 0,2$) із заданими швидкостями (3 і 12 км/год) (рис.1). Заміри проводилися з цистерною, повністю заповненою водою (маса автомобіля становила 11030 кг) і з порожньою (маса – 8780 кг¹).

При експерименті вимірювалися круті моменти на карданному валі (рис. 2 а), витрата палива (рис. 2 б), швидкість руху та пройдений шлях. Межі зміни істотних для експерименту чинників наведено в табл.1.



Рисунок 1 – Ділянки дороги з асфальтовим покриттям і ґрунтовою дорогою



Рисунок 2 – Розміщення тachoметричного моста, передавального пристрою на карданному валі (а) і витратоміра в моторному відсіку автомобіля (б)

Таблиця 1 - Межі значень досліджуваних чинників

Чинники	верхня межа	нижня межа
f	0,01	0,2
M , кг	8780	11030
V , км/год	3	12

Кількість дослідів експерименту обумовлюється вибором плану. Найбільш простим і найчастіше використовуваним є план типу 2^к, де k - кількість чинників, а цифра 2 відображає рівні варіювання чинників

Перехід від дійсних значень чинників до їх відносних величин (до кодованих значень) здійснюється за формулою

$$X_1 = \frac{Z_1 - Z_{1,0}}{J}, \quad (1)$$

де X_1 - кодоване значення чинника; Z_1 - дійсне значення чинника; $Z_{1,0}$ - дійсне значення нульового рівня (значення чинника в середині інтервалу варіювання); J - інтервал варіювання чинника.

При прогнозуванні процесу перерахунок будь-якого дійсного значення чинника з діапазону його варіювання проводять за формулою (1).

$$x_1 = \frac{f - 0,0105}{0,095}; \quad x_2 = \frac{M - 9905}{1125}; \quad x_3 = \frac{V - 7,5}{4,5}.$$

Значення чинників, що відповідають розглянутим рівням, зведено у табл. 2.

План типу 2^к повного чинникового експерименту для трьох незалежних чинників $k = 3$ і тому для отримання результату потрібно виконати $N = 2^3 = 8$ дослідів.

Таблиця 2 – Дійсні і кодовані значення інтервалів варіювання чинників

Параметр	Формула для розрахунку	Кодоване значення чинника	Дійсне значення чинника	М	У
Інтервал варіювання	$X_{0,5} = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2}$	-	0,095	1125	4,5
Верхній рівень		+1	0,01	8780	3
Нижній рівень		-1	0,2	11030	12
Нульовий рівень	$X_0 = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2}$	0	0,0105	9905	7,5

В табл.3 позначено: X_1 – значення коефіцієнту опору коченню, X_2 – маса автомобіля, X_3 – швидкості руху автоцистерни.

Таблиця 3 – Значення чинників і отримані результати заміри

№ дослідю	X_1	X_2	X_3	Q
1	0,01	8780	3	41,1
2	0,2	8780	3	41,7
3	0,01	11030	3	42,9
4	0,2	11030	3	43,8
5	0,01	8780	12	44,1
6	0,2	8780	12	45,4
7	0,01	11030	12	46,7
8	0,2	11030	12	48,5

Для отримання полінома (2) і при проведенні експерименту використовують тільки кодовані значення меж діапазону варіювання (+1 і -1).

$$y = b_0 + \sum_{i<j}^k b_i X_i + \sum_{i<j}^k b_{ij} X_i X_j + \sum_{i<j}^k b_{ii} X_i^2 + \dots \quad (2)$$

де b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} - коефіцієнти регресії, що визначаються в результаті розрахунків; X_i - кодовані змінні чинників.

Коефіцієнти регресії виразу (2) визначаються з формули

$$b_i = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N y_n X_{in}$$

де y_n - експериментальне значення параметра оптимізації в n-тому

досліді; N – кількість дослідів; X_{in} – значення i-го чинника в n-му досліді.
Після визначення значень коефіцієнтів b_i отримуюмо математичну залежність (інтерполяційну формулу) витрати палива автоцистерною АЦ-40

$$Q = 44,275 + 0,0575x_1 + 1,2x_2 + 1,9x_3 + 0,1x_1x_2 + 0,2x_1x_3 + 0,225x_2x_3.$$

Дані необхідно оцінити, як узгоджуються експериментальні дані (див. четвертий етап) з даними, отриманими за аналітичною залежністю (2), тобто визначити ступінь їх відмінності. Оцінка проводиться за F-критерієм Фішера:

$$F_p = \frac{\sigma_{\text{об}}^2}{\sigma_y^2}$$

де $\sigma_{\text{об}}^2$ - дисперсія адекватності; σ_y^2 - помилка дослідю (дисперсія дослідю).

Визначення похибки дослідю σ_y^2 і оцінка значимості знайдених коефіцієнтів регресії.

Для того, щоб можна було встановити похибку дослідю, необхідно кожен дослід повторити не менше трьох разів. Якщо всі величини чинників і критерії оптимізації визначаються з однаковою похибкою, тоді достатньо ставити паралельні досліді тільки на нульовому рівні (в «нульовій точці»). В цьому випадку помилка дослідю визначається за формулою

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{m-1} \cdot \sum_{j=1}^m (y_{j0} - \bar{y}_0)^2,$$

де: m - число паралельних дослідів; y_{j0} - значення параметра оптимізації в j-тому паралельному досліді; \bar{y}_0 - середнє значення параметра оптимізації в даній серії паралельних дослідів.

З цієї метою було проведено три додаткові досліді в яких визначили витрату палива автоцистерни АЦ-40. Значення чинників відповідають нульовому рівневі (див. табл.2). В табл. 4 записані умови проведення дослідів.

Таблиця 4 – План додаткових дослідів в нульовій точці

№ дослідю	X_1	X_2	X_3	Параметр оптимізації
1	0,0105	9905	7,5	43,1
2	0,0105	9905	7,5	43,3
3	0,0105	9905	7,5	43,6

Помилка досліду складає $\sigma_y^2 = 0,0633$ для середньої витрати палива $Q_0 = 43,3$.

Оцінка значимості коефіцієнтів регресії проводиться за величиною довірчого інтервалу

$$\Delta b_i = \pm t \cdot \sqrt{\frac{\sigma_y^2}{N}}$$

де: Δb_i - довірчий інтервал і-то коефіцієнта; t - значення критерію Стюдента для 5%-го вибраного рівня значимості, $t = 1,96$.

Величина довірчого інтервалу для оцінки значимості коефіцієнтів регресії:

$$\Delta b_1 = \pm t \cdot \sqrt{\frac{\sigma_y^2}{N}} = \pm 1,96 \cdot \sqrt{\frac{0,0633}{8}} = \pm 0,174392.$$

Оскільки усі коефіцієнти позитивна, крім b_{12} , є більшими від Δb_i , то остаточно приймаємо

$$Q = 44,275 + 0,0575x_1 + 1,2x_2 + 1,9x_3 + 0,2x_1x_3 + 0,225x_2x_3.$$

Оцінюємо адекватність отриманої моделі. Для цього розраховуємо дисперсію адекватності

$$\sigma_{ад}^2 = \frac{1}{N-k-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2,$$

де: \bar{y}_i - значення параметра оптимізації в i -му експерименті згідно отриманої моделі.

Тоді: $\sigma_{ад}^2 = 0,5831$.

Розрахункове значення F -критерію Фішера становитиме:

$$F_p = \frac{\sigma_{ад}^2}{\sigma_y^2} = 9,2072.$$

Табличні значення F -критерію Фішера залежать від числа ступенів вільності при визначенні досліджуваної дисперсії адекватності. Кількість ступенів вільності в основних та додаткових дослідів відповідно рівні:

$$\Gamma_0 = N - k - 1 = 4; \Gamma_1 = m - 1 = 2.$$

Взявши рівень ймовірності отримання помилкового результату $P_{\alpha} = 0,05$, знаходимо табличне значення критерію Фішера $F_m = 19,25$.

Оскільки $F_p < F_m$, то отримана математична модель узгоджується в межах вимог до багаточинникового процесу, тобто адекватно її записує.

Розрахункова формула для визначення витрати палива має вигляд:

$$Q = 44,275 + 0,0575x_1 + 1,2x_2 + 1,9x_3 + 0,2x_1x_3 + 0,225x_2x_3. \quad (3)$$

Залежність витрати палива (3) від перерахованих чинників описується неповною квадратичною моделлю. При зростанні опору кочення, маси автомобіля і швидкості руху витрата палива зростає. За силою впливу на витрату палива чинники розміщуються в наступному порядку: швидкість руху V , маса автомобіля M , опір кочення f . На рис.3. представлено приклад графічної залежності витрати палива за розрахунковою формулою (3) для зміни значень опору кочення $f = 0,018 \dots 0,03$ і маси автомобіля $M = 8600 \dots 9800$ кг при сталій швидкості руху $V = 10$ км/год.

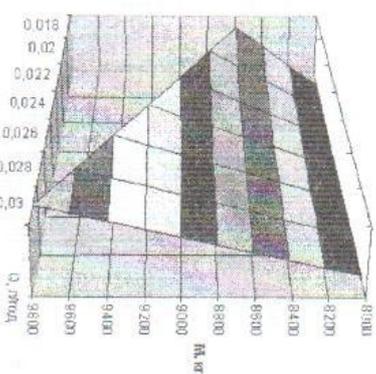


Рисунок 3 – Зміна витрати палива автомобіля АЦ-40 залежно від опору рухові і маси автомобіля при сталій швидкості руху.

Залежно від необхідних умов досліджень можна отримати витрату палива, змінюючи межі трьох основних чинників в аналітичній залежності (3).

Висновки. Отримано аналітичну залежність витрати палива автомобіля АЦ-40 від коефіцієнту опору кочення, маси автомобіля, швидкості руху автомобіля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Покращення паливних і екологічних показників спеціальних автомобілів системою стабілізації їх швидкісного режиму. Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.02 / О.М. Березовський. Нац. трансп. ун-т. - К., 2002. - 18 с.
2. Покращення тягово-швидкісних властивостей легкового автомобіля визначенням оптимальної швидкісної характеристики двигуна. Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.02 / О.І. Гринів; Нац. трансп. ун-т. - К., 2004. - 20 с.

3. Покращання показників техніко-експлуатаційних властивостей міських газобатонних автобусів. Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.02 / О.Д. Бумага; Нац. трансп. ун-т. - К., 2005. - 20 с.
4. Покращення швидкісних властивостей автомобілів КраЗ за рахунок оптимізації передаточних чисел трансмісії. Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.02 / О.В. Павленко; Нац. трансп. ун-т. - К., 2002. - 20 с.: рис. - укр.
5. Покращання показників техніко-експлуатаційних властивостей автомобілів при їх переобладнанні. Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.02 / М.М. Горбача; Нац. трансп. ун-т. - К., 2006. - 20 с. - укр.
6. Підвищення техніко-експлуатаційних властивостей легкових автомобілів малого класу підвищеної прохідності шляхом оптимізації параметрів системи "двигун - трансмісія". Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.02 / О.П. Сіговський; Нац. транспортний ун-т. - К., 2002. - 19 с.
7. Зінько Р.В. Апробація математичної моделі роботи і руху автотранспортного засобу // Вісник Технологічного університету Поділля. - Хмельницький: ТУП. - 2000. - Випуск 3. С.129 - 134.
8. Нефедов А.Ф., Височин Л.П. Планування експеримента і моделювання при дослідванні експлуатаційних свойств автомобілей. Львов: Высшая школа, 1976. 160 с.

Стаття надійшла до редакції 19.03.2009 р.

УДК 621.3

А.Н. Литвяк, канд. техн. наук, доцент, УГЗУ,
В.А. Дуреев, канд. техн. наук, ст. преподаватель, УГЗУ

ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОРОСИТЕЛЕЙ В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ

(представлено д-ром техн. наук В.И. Кривяцовой)

Представлен переход к формализованной методике гидравлических расчетов распределительных сетей и трубопроводов при известном К-факторе оросителя.

Постановка проблемы. При выполнении гидравлических расчетов для распределительных сетей уступовок водяного пожаротушения [1], с использованием импортных оросителей, возникает проблема согласования данной методики с техническими характеристиками (ТХ) оросителей. Нормативная база [1] предлагает формализованную методику, которая позволяет проводить расчеты при известных диаметрах оросителей, используя коэффициент к производимости оросителя. В ТХ импортных оросителей приводится значение К-фактора. Способы перехода, между значениями К-фактора и к в нормативная литературе не приводятся.

Анализ последних исследований и публикаций. Формализованная методика гидравлических расчетов для распределительных сетей и трубопроводов, представлена в [1], ключевые характеристики оросителей – диаметр и коэффициент производительности. В [2] предложен подход определения коэффициента производительности оросителей, с учетом диаметра оросителя и конфигурации его выходного канала. Использование иностранных оросителей рассматривается в [3], ключевой характеристикой является К-фактор. Методики перехода от одних характеристик к другим не рассматриваются.

Постановка задачи и ее решение. Для выполнения расчетов по методике [1], необходимы формулы пересчета значений К-фактора в коэффициент производительности к.

Запишем уравнение объемного расхода огнетушащего вещества (ОВ), полученное из формулы Вейсбаха

$$Q = F \sqrt{\frac{2gH}{\zeta}}, \quad (1)$$

где Q – объемный расход ОВ, м³/с; F – площадь поперечного сечения оросителя, м²; g – ускорение свободного падения, м/с²; H – потери напора м.вод.ст.; ζ – коэффициент местного гидравлического сопротивления, зависит от вида местного сопротивления [3].