Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та природокористування
Кафедра автомобілі, автомобільне господарство та технологія металів

032–242

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять
з дисципліни
«Технічна експлуатація автомобілів»
для студентів за напрямом підготовки 6.070106
«Автомобільний транспорт»

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Рекомендовані
методичною комісією
напряму підготовки 6.070106
«Автомобільний транспорт»

Протокол № 1
від “ 13 ” вересня 2012р.

Рівне – 2012

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів за напрямом підготовки 6.070106 «Автомобільний транспорт» / Марчук М.М., Скочук М.П., Рівне, НУВГП, 2012р. – 26 с.

Укладачі: Марчук М.М. – професор,
Скочук М.П. – доцент.

Відповідальний за випуск: Марчук М.М., к.т.н., професор, завідувач кафедри «Автомобілі та автомобільне господарство».

Зміст

Вступ……..……... 3

1. Практичне заняття №1. Вивчення закономірностей випадкових процесів зміни технічного стану автомобілів (закономірностей другого виду) ……..…… 5

2. Практичне заняття №2. Вивчення закономірностей процесів відновлення (закономірностей третього виду) …… 10

3. Практичне заняття №3. Вивчення та застосування методів формування системи ТО і Р автомобілів ……... 15

4. Практичне заняття №4. Вивчення та застосування методики розрахунку коефіцієнта технічної готовності парку рухомого складу…… 21

Література…… 26

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Вступ

«Теоретичні основи і матеріально-технічне забезпечення ТЕА» є інженерним навчальним предметом і має на меті дати студентам теоретичні знання і практичні навики з основ забезпечення роботоздатності автомобілів та методів визначення нормативів ТЕА, а також допомогти опанувати систему матеріально-технічного забезпечення.

В результаті вивчення курсу студент повинен

знати: основи забезпечення роботоздатності автомобіля; закономірності зміни технічного стану автомобіля; поняття про основні нормативи ТЕА та методи їх визначення; методи формування системи технічного обслуговування і ремонту автомобілів; положення про технічне обслуговування і ремонт автотранспортних засобів; методи визначення нормативів ТЕА.

вміти: визначати ресурс та імовірність безвідмовної роботи автомобіля; сумарний потік відмов для групи автомобілів; провести оцінку раціональності технічних впливів; розрахувати нормативи витрат пально-мастильних матеріалів і запасних частин.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

1. Вивчення закономірностей випадкових процесів зміни технічного стану автомобілів (закономірностей другого виду)

1.1. *Теоретичні відомості*

Під впливом умов експлуатації, кваліфікації персоналу, неоднорідності самих виробів та їх початкового стану, інших факторів, інтенсивність і характер зміни параметра технічного стану у різних автомобілів буде різним. Тому, якщо зафіксувати значення параметра на рівні $y_д$, то моменти досягнення того стану (ресурсу) l_p у різних виробів буде різним, тобто напрацювання на відмову буде випадковою величиною і буде мати варіацію. В зв'язку з цим виникає питання, як встановити момент контролю і обслуговування виробів? Якщо зафіксувати певне напрацювання до моменту контролю і обслуговування автомобілів l_0, то неминуча варіація показника його технічного стану, і як наслідок варіація трудомісткості і тривалості виконання робіт з відновлення технічного стану.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

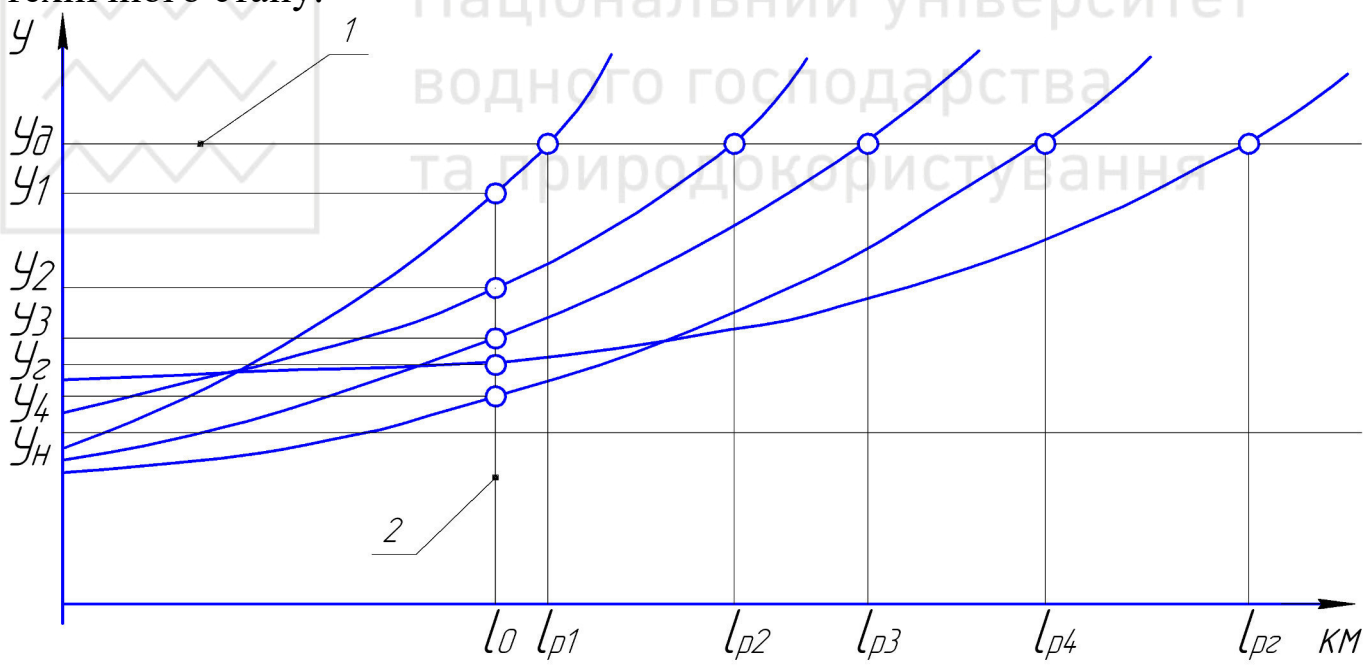


Рис. 1. Варіація ресурсу і технічного стану

1 – перетин випадкового процесу по параметру *y;*

2 – те ж саме, по напрацюванню *l;*

$y_н$, $y_г$, $y_д$ – значення параметра, відповідно номінального, граничного, допустимого.

Вирішення цього питання значно залежить від варіації випадкової величини. Характеристикою випадкової величини *x* за *n* реалізацій служать:

- середнє значення

Національний університет
водного господарства
та природокористування

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + ... + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

- середньоквадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} +$$

- дисперсія $D = \sigma^2$
- коефіцієнт варіації $V_x = \sigma / \bar{x}$

Характеристикою випадкової величини є щільність імовірності (наприклад, імовірність відмов) $f(x)$ - функція, яка характеризує імовірність відмови за малу одиницю часу при роботі вузла, агрегату, деталі без заміни. Якщо імовірність відмови за напрацювання *x* рівна: $F(x) = m(x)/n$, то диференціюючи при $n = const$, отримаємо щільність імовірності відмови:

$$f(x) = \frac{1}{n} \cdot \frac{dm}{dx},$$

де $\frac{dm}{dx}$ — елементарна швидкість, з якою в будь-який момент часу проходить приріст;

$m(x)$ — числа відмов при роботі деталі, агрегату без заміни.

Так як $f(x) = F'(x)$, то $F(x) = \int_{-\infty}^{x} f(x)dx$

Тому *F(x)* називають інтегральною функцією розподілу, а *f(x)* - диференціальною функцією розподілу (рис.2)

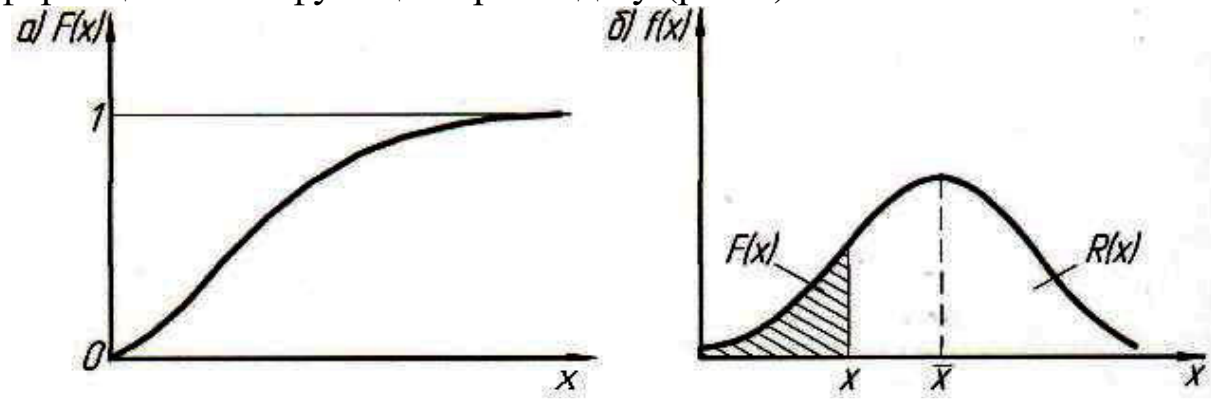


Рис.2. Інтегральна (а) і диференціальна (5) функція розподілу
$F(x)$ – імовірність відмови; $f(x)$ – щільність імовірності відмови;

Національний університет водного господарства та природокористування

Важливою характеристикою випадкової величини служить імовірність - чисельна міра ступені об'єктивно існуючої можливості появи події, яка вивчається. Статистична імовірність події представляє собою відношення числа випадків, що відбулися, до загального числа випадків n.

Імовірність безвідмовної роботи *R(x)* визначається відношенням числа випадків безвідмовної роботи виробу за напрацювання x до загального числа випадків, тобто:

$$R(x) = \frac{n - m(x)}{n} = 1 - \frac{m(x)}{n},$$

де *m(x)* - число виробів, що відмовили до моменту напрацювання $\boldsymbol{x}$.

Імовірність відмови $F(x)$ є подією, протилежною імовірності безвідмовної роботи, тому:

$$F(x) = 1 - R(x) = \frac{m(x)}{n}$$

Так як $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$, а $R(x) = 1 - F(x)$, то $R(x) = \int_{x}^{\infty} f(x)dx$

Наявність значень $F(x)$ або *f(x)*, дає можливість провести оцінку надійності і визначити середнє напрацювання на відмову:

$$\overline{x} = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$$

Диференціальна функція розподілу $f(x)$ називають також законом розподілу випадкової величини. Знання законів розподілу випадкових величин дозволяє більш точно планувати моменти проведення і трудомісткість робіт ТО і Р, визначити необхідну кількість запчастин, вирішувати інші технологічні та організаційні питання.

Для процесів ТЕА найбільш характерні наступні закони розподілу: нормальний закон розподілу, закон розподілу Вейбулла-Гніденко, логарифмічно нормальний закон розподілу і експоненціальний закон розподілу.

1.2. *Практичне застосування*

Задача 1.

Визначити характеристики випадкової величини x (напрацювання на відмову) за n-реалізацій

1. Середнє напрацювання на відмову:

Національний університет
водного господарства
та природокористування

$x_1 = 5$ *тис.км* $\qquad$ $x_4 = 3{,}1$ *тис .км*

$x_2 = 7{,}2$ *тис.км* $\qquad$ $x_5 = 8{,}0$ *тис .км*

$x_3 = 4{,}7$ *тис.км* $\qquad$ $x_6 = 6{,}7$ *тис .км*

$$\bar{x} = \frac{(5+7{,}2+4{,}7+3{,}1+8{,}0+6{,}7)\cdot 10^3}{6} = \frac{34{,}7}{6} = 5{,}78 \ \textit{тис.км}$$

2. Середньоквадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(5-5{,}78)^2 + (7{,}2-5{,}78)^2 + (4{,}7-5{,}78)^2 + (3{,}1-5{,}78)^2 + (8-5{,}78)^2 + (6{,}7-5{,}78)^2}{6-1}}$$

$= 1830$ *км*

3. Дисперсія $D = \sigma^2 = 1830^2 = 3348900$ *км*^{2}

4. Коефіцієнт варіації $V_x = 1830/5780 = 0{,}32$

Задача 2.

На практиці, знаючи $f(x)$, оцінюють можливе число відмов $m(x)$, яке може виникнути за порівняно невеликий інтервал напрацювання $\Delta x = x_1 - x_2$. Для цього значення $f(x_1)$ множать на число виробів n і величину інтервалу Δx.

$$m(x_1 - x_2) = f(x_1)\cdot n(x_1 - x_2)$$

Наприклад, при n = 75, $f(x)$ = 0,02 тис.км$^{-1}$ і Δx = 2 тис. км отримаємо $m(x_1 - x_2) = 0{,}02\cdot 75\cdot 2 \cong 3$ відмови, тобто при експлуатації 75 невідновлювальних виробів (або відновлюваних виробів до першої відмови) є основа оцінювати в інтервалі напрацювання $x_1 - x_2$ появи трьох відмов і підготовитися відповідним чином до їх усунення.

Множенням значення щільності імовірності відмови $f(x_1)$ на величину інтервалу напрацювання, можна отримати оцінку імовірності відмови виробів в даному інтервалі.

Імовірність $P(x_1 < x < x_2) \cong f(x_1)\cdot \Delta x = 0{,}02\cdot 2 = 0{,}04$. Графічно ця величина визначається площею під кривою диференціальної функції розподілу з основою $\Delta x = x_1 - x_2$ (див. рис. 2).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Задача 3.

Визначити імовірність безвідмовної роботи *R(x)* і імовірність відмови *F(x)* автомобіля з початку періоду експлуатації до пробігу в 21тис.км $0 \leq x \leq 21$тис.км з інтервалом $\Delta x = 3$, і кількістю відмов в кожному інтервалі *m(x)* (табл.1). Імовірності *R(x)* і *F(x)* показати в графічній формі.

Таблиця 1.

Розрахунок імовірності безвідмовної роботи *R* і відмови *F*

Інтервал, тис. км	Кількість відмов в інтервалі Δx	$m(x)$	$R(x)$	$F(x)$
$0 \leq x_1 \leq 3$	0	0	1	0
$3 < x_2 \leq 6$	1	1	0,95	0,05
$6 < x_3 \leq 9$	2	3	0,85	0,15
$9 < x_4 \leq 12$	3	6	0,7	0,3
$12 < x_5 \leq 15$	6	12	0,4	0,6
$15 < x_6 \leq 18$	4	16	0,2	0,8
$18 < x_7 \leq 21$	4	20	0	1,0

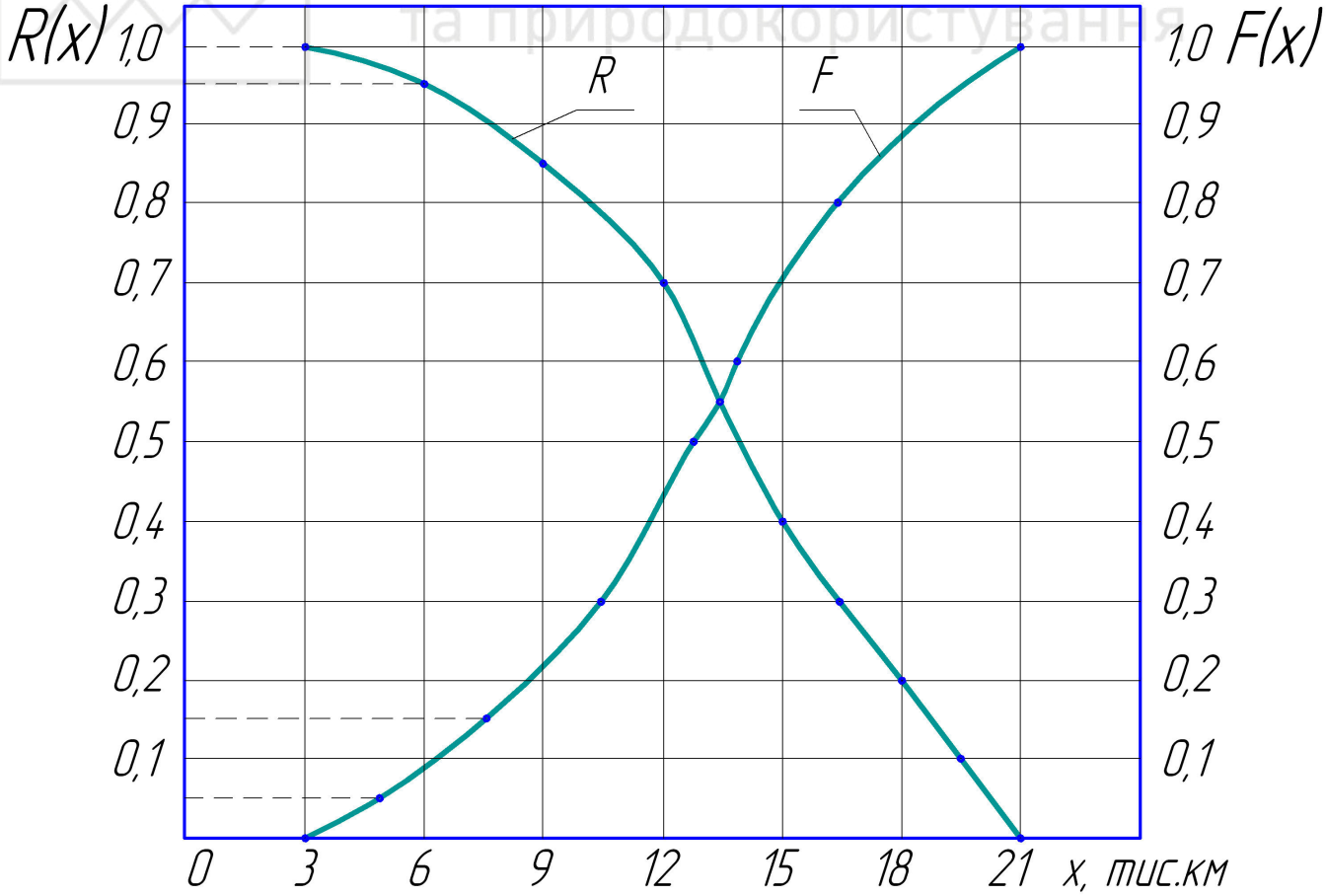


Рис.3. Імовірність безвідмовної роботи R і відмови F

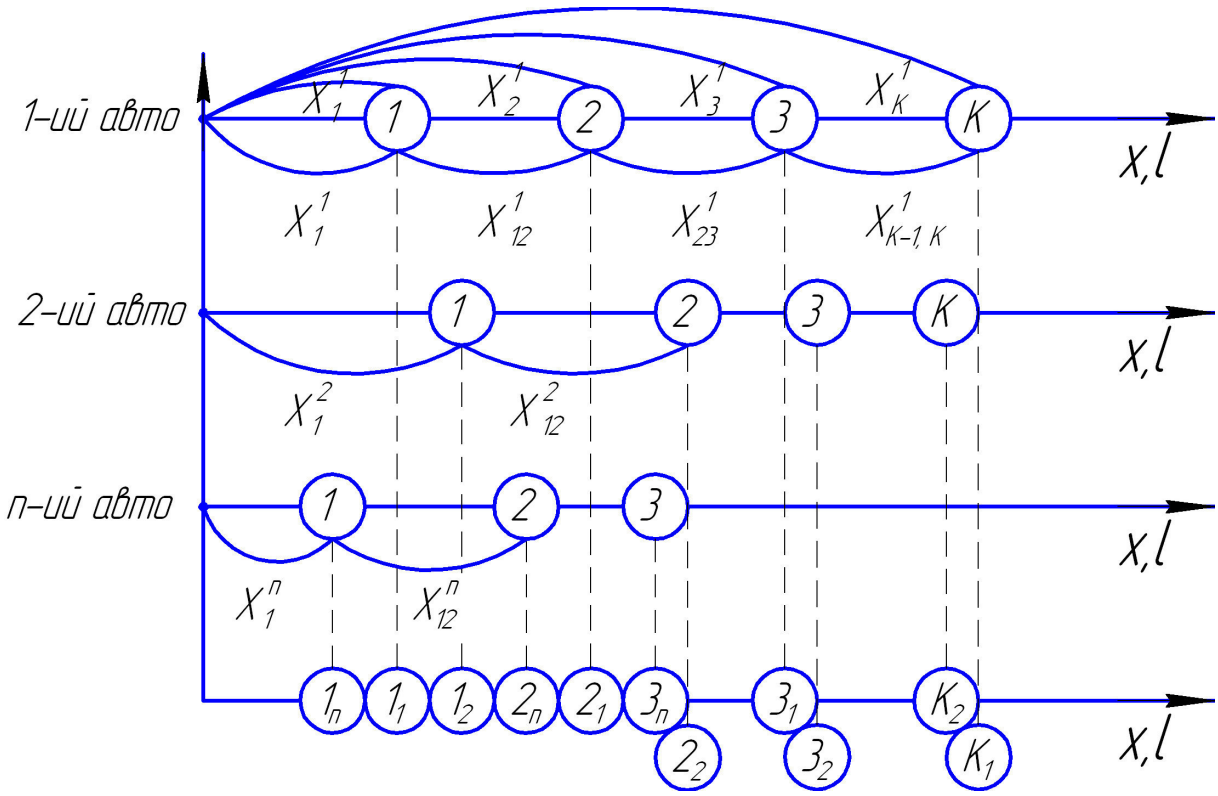
Національний університет
водного господарства
та природокористування

2. Вивчення закономірностей процесів відновлення (закономірностей третього виду)

2.1. *Теоретичні відомості*

Раніше було розглянуто два види закономірностей і зміни параметрів технічного стану автомобілів в часі або пробігу і варіація параметрів технічного стану. Ці закономірності достатньо точно характеризують надійність автомобілів та їх елементів, тобто дають можливість оцінити середнє напрацювання на відмову, імовірність відмов автомобіля за певного пробігу, ресурс його агрегатів та ін.

З метою раціональної організації виробництва необхідно, крім того, знати, скільки автомобілів з відмовами даного виду буде поступати в зону ремонту на протязі зміни, тижня, місяця, буде їх кількість постійною чи змінною. І від яких факторів воно залежить, тобто мова йде не тільки про надійність конкретного авто, але й групи автомобілів даної моделі, колони, АТП. За відсутності цих даних неможливо раціонально організувати виробництво, тобто визначити необхідне число працюючих, розміри виробничих площ, витрати запчастин і матеріалів. Взаємозв'язок між показниками надійності автомобілів і сумарним потоком відмов для групи автомобілів вивчають з допомогою закономірностей третього виду, що характеризують процес відновлення – виникнення і ліквідації несправностей автомобілів в часі. Припустимо, що фіксуються моменти появи однакових відмов в групі із *n* автомобілів (рис.4).



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Рис.4. Схема формування потоку відмов

Напрацювання на відмову, по-перше, випадкові для кожного автомобіля і описуються відповідною функцією *F(x)* або *f(x)*. По-друге, ці напрацювання незалежні в різних автомобілях. По третє, при ліквідації відмов в зоні ремонту, однаково від якого автомобіля поступає відмова і який він по рахунку. До найважливіших характеристик закономірностей третього виду відноситься середнє напрацювання до *К* - ої відмови, середнє напрацювання між відмовами для *n* автомобілів, коефіцієнт повноти відновлення ресурсу, головна функція потоку відмов *Ω(x)* і параметр потоку відмов *ω(x)*.

Середнє напрацювання до *К* - ої відмови.

$$\bar{x}_к = \bar{x}_1 + \bar{x}_{12} + \bar{x}_{23} + \cdots + \bar{x}_{к-1,к} = \bar{x}_1 + \sum_{к=2}^{к} x_{к-1,к}$$

де $\bar{x}_1$- середнє напрацювання до першої відмови

$\bar{x}_{12}$ - середнє напрацювання між першою і другою відмовами;

$\bar{x}_{23}$- середнє напрацювання між другою і третьою відмовами.

Середнє напрацювання між відмовами для *n* автомобілів. Між першою і другою відмовами

$$\bar{x}_{12} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \bar{x}_{(12)i}}{n}$$

Коефіцієнт повноти відновлення ресурсу характеризує можливість скорочення ресурсу після ремонту, тобто якість проведеного ремонту. Після першого ремонту (між першою і другою відмовами) цей коефіцієнт буде мати наступне значення:

$$\eta_1 = {}^{\bar{x}_{12}}/_{\bar{x}_1}$$

при цьому

$$0 \le \eta_1 \le 1$$

Скорочення ресурсу після першого і наступних ремонтів, яке необхідно враховувати при плануванні і організації робіт з забезпечення роботоздатності, пояснюється: заміною деталі, для яких наступила відмова при значному скороченні надійності інших, особливо

Національний університет
водного господарства
та природокористування

спряжених, використанням запчастин і матеріалів гіршої якості, ніж при виготовленні автомобіля.

Головна функція потоку відмов (функція відновлення) $\Omega(x)$ визначає накопичену кількість перших і наступних відмов автомобіля до напрацювання x (рис.5).

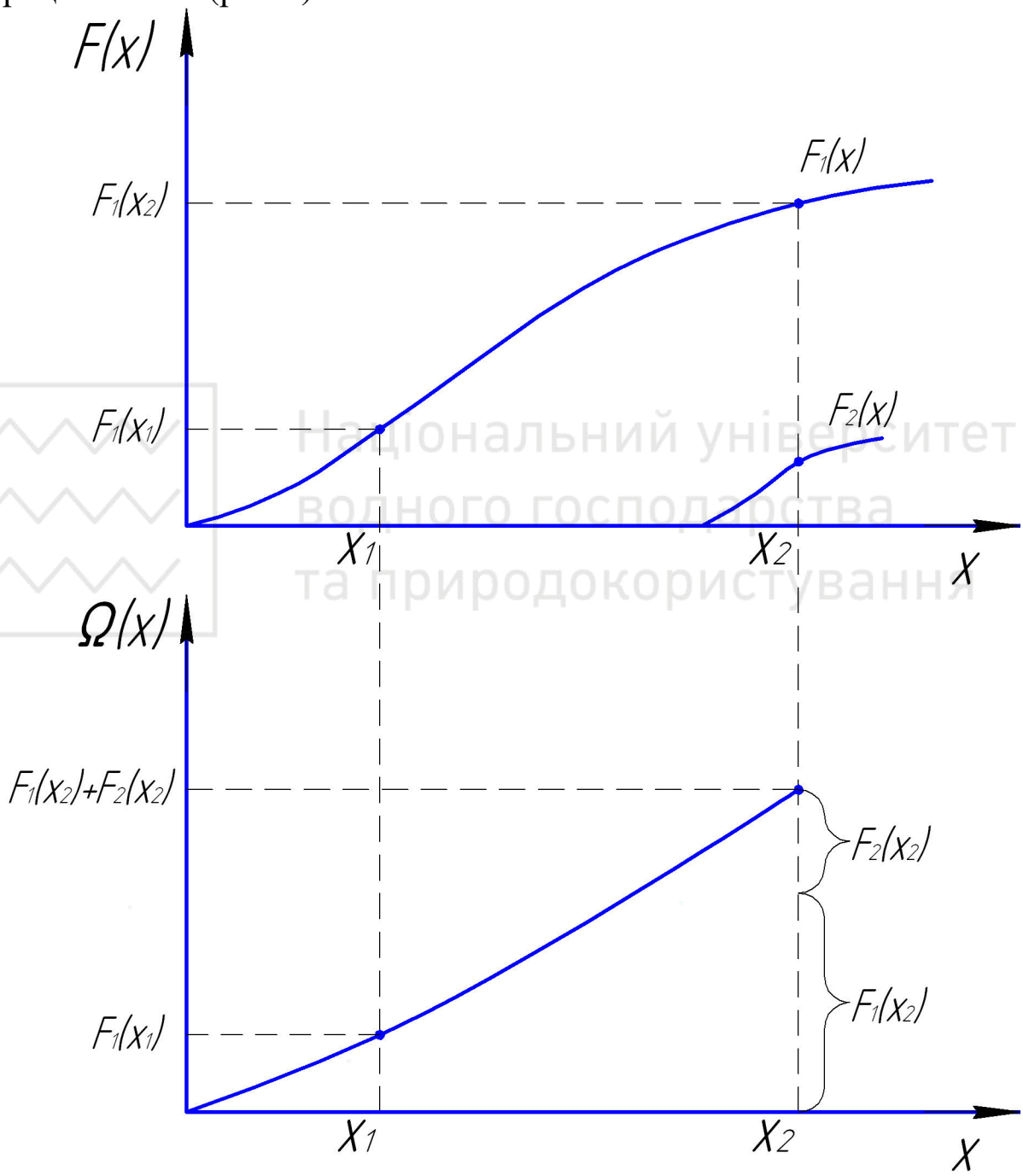


Рис.5. Формування головної функції потоку відмов

Із-за варіації напрацювання на відмову проходить їх зміщення, а функція імовірності перших і наступних відмов F_1, F_2 … $F_к$ частково накладається одна на одну. Тому, якщо імовірність кількості відмов, наприклад, на пробіг x_1 визначається як $\Omega(x)=F_1(x_1)$ так як при $x < x_1$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

виникають тільки перші відмови то для моменту x_2 загальна кількість відмов визначається сумуванням ймовірностей першого $F_1(x_2)$ і другого $F_2(x_2)$ відмов.

Тому $\Omega(x_2) = F_1 x_2 + F_2(x_2)$, а в загальному виді $\Omega(x) = \sum_{\kappa=1}^{\infty} F_\kappa(x)$.

Параметр потоку відмов $\omega(x)$ – щільність імовірності виникнення відмов для автомобіля, що відновлюється, для даного моменту часу або пробігу:

$$\omega(x) = \frac{d\Omega(x)}{dx} = \sum_{\kappa=1}^{\infty} f_\kappa(x),$$

де $f_\kappa(x)$ – щільність імовірності виникнення *К - ої* відмови.
Іншими словами, $\boldsymbol{\omega(x)}$ – це відносне число відмов, що приходиться на одиницю часу або пробіг одного автомобіля.
В загальному випадку параметр потоку відмов непостійний у часі, тобто $\omega(t,x) \neq const$. Спостерігається три основні випадки поведінки параметрів з напрацювання.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

<u>Перший випадок</u> – повне відновлення ресурсу після кожної відмови, тобто

$$\bar{x}_1 = \bar{x}_{12} = \bar{x}_{23} = const;$$

$\eta = 1$ – коефіцієнт відновлення.

<u>Другий випадок</u> – неповне, але постійне відновлення ресурсу після першої відмови, тобто

$$1 > \eta_i = const.$$

<u>Третій випадок</u> – послідовне зниження повноти відновлення ресурсу,

$$\eta \neq const;\ 1 > \eta_1 > \eta_2 > \ldots \eta_\text{к}.$$

В цьому випадку і параметр потоку відмов безперервно збільшується, що приводить до постійного підвищення навантаження на ремонтні підрозділи.

2.2. *Практичне застосування*

Визначити характеристики закономірностей третього виду для двох автомобілів за умов:

Національний університет
водного господарства
та природокористування

<u>Перший автомобіль.</u>
Напрацювання до першої відмови, $x_1^1 = 8$ тис. км.
Напрацювання між першою і другою відмовами, $x_{1,2}^1 = 6$ тис. км.
Напрацювання між другою і третьою відмовами, $x_{2,3}^1$=10 тис. км.

<u>Другий автомобіль.</u>
Напрацювання до першої відмови, $x_1^2 = 12$ тис. км.
Напрацювання між першою і другою відмовами, $x_{1,2}^2 = 10$ тис. км.
Напрацювання між другою і третьою відмовами, $x_{2,3}^2$=9 тис. км.

Визначимо середнє напрацювання до першої відмови
$\bar{x}_1 = \frac{x_1^1+x_1^2}{2} = \frac{8+12}{2} = 10$ тис. км.
Визначимо середнє напрацювання між першою і другою відмовами
$\bar{x}_{1,2} = \frac{6+10}{2} = 8$ тис. км.
Визначаємо середнє напрацювання між другою і третьою відмовами

$\bar{x}_{2,3} = \frac{10+9}{2} = 9{,}5$ тис. км.
Визначаємо коефіцієнт повноти відновлення ресурсу між першою і другою відмовами

$$\eta_1 = {}^{8}/_{10} = 0{,}8$$

Визначаємо коефіцієнт повноти відновлення ресурсу між другою і третьою відмовами

$$\eta_2 = {}^{9{,}5}/_{10} = 0{,}95$$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

3. Вивчення та застосування методів формування системи технічного обслуговування і ремонту автомобілів

3.1. *Теоретичні положення*

Основою системи ТО і Р є її структура і нормативи. Структура системи визначається видами відповідних впливів та їх числом. Нормативи включають конкретні значення періодичності впливів, трудомісткості, перелік операцій та ін.

Структура системи ТО і ремонту визначається: рівнем надійності і якості автомобілів; метою, яка поставлена перед автомобільним транспортом і ТЕА; організаційно-технічними обмеженнями.

Для рухомого складу автомобільного транспорту, що експлуатується в теперішній час, рівень впливу окремих елементів структури системи ТО і Р на затрати з забезпеченням роботоздатності наступний: перелік профілактичних операцій та їх періодичність 80-87% і кількість видів ТО і кратність їх періодичності 13-20%. Таким чином, головними факторами, що визначають ефективність системи ТО і Р, є правильно визначений перелік (що робити) і періодичність (коли робити) профілактичних операцій, а потім кількість видів ТО та їх кратність (як організувати виконання сукупності профілактичних операцій).

Складність при визначенні структури системи ТО полягає в тому, що ТО включає в себе 8-10 видів робіт (мастильні, кріпильні, регулювальні, діагностичні та ін.) і більше 150- 280 конкретних об'єктів обслуговування, тобто агрегатів, механізмів, деталей, що потребують попереджувальних впливів.

Кожний вузол, механізм, з'єднання може мати свою оптимальну періодичність ТО. Якщо притримуватись цих періодичностей, то автомобіль в цілому практично безперервно повинен направлятися для ТО кожного з'єднання, механізму, агрегату, що визиває складності з організації робіт і додаткові втрати робочого часу. При цьому об'єктом впливів буде не автомобіль, як транспортний засіб, а його складові елементи.

Тому, після виокремлення із всієї сукупності тих впливів, які можуть виконуватися при ТО і визначення оптимальної періодичності кожної операції (див. гл. 3 [1]) проводять групування операцій за видами ТО. Це дає можливість зменшити число заїздів автомобіля на ТО і час простою на ТО і Р. Разом з тим необхідно мати на увазі, що групування операцій обов'язково пов'язане з відхиленням періодичності ТО даного виду від оптимальної періодичності ТО окремих операцій. При

визначенні періодичності ТО групи операцій (групову періодичність) застосовують наступні методи:
- групування за стержневими операціями ТО;
- техніко-економічний метод;
- економіко-імовірнісний метод;
- лінійного програмування;
- метод статистичних дослідження.

3.2. Практичне застосування економіко-імовірнісного методу визначення періодичності ТО групи операцій

Використання економіко-імовірнісного методу дає можливість визначити доцільність виконання даної операції не з оптимальної для неї періодичності, а з заданою періодичністю стержневої операції. На основі карти профілактичної операції визначають зону напрацювання , в якій питомі витрати при попереджувальній стратегії залишаються меншими, ніж при ліквідації відмови. Якщо в цій зоні знаходиться періодичність стержневої операції, то зміна періодичності даної операції допустима.

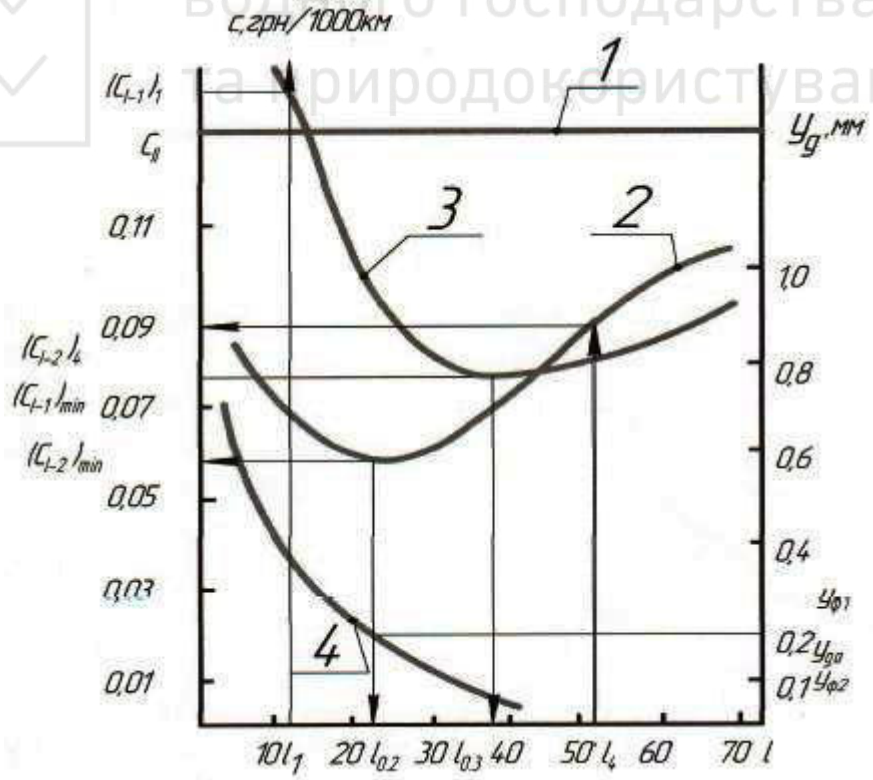


Рис. 6. Карта профілактичної операції

Співставлення всіх можливих стратегій, способів їх реалізації і відповідних затрат приводиться з використанням карти профілактичної операції (рис.6.) на якій показані:

Національний університет
водного господарства
та природокористування

– границя питомих витрат 1, що відповідає стратегії ліквідації відмови по потребі (стратегія II);

– питомі витрати 2 при проведенні ТО по параметру технічного стану, тобто з попереднім контролем (стратегія 1-2);

– питомі витрати 3 при проведенні ТО по напрацюванню (стратегія 1-1);

– зміна допустимого відхилення параметра технічного стану 4 при проведенні Т О за стратегією 1-2.

Карта для конкретної операції дає можливість порівнювати різні стратегії і методи; визначити для різних методів оптимальні періодичності і відповідні їм питомі витрати; назначати допустимі значення параметра технічного стану $y_д$ при проведенні ТО по параметру технічного стану.

Якщо $y_{ф1}>y$ за результатами проведеного контролю, наприклад, при періодичності $l_{0,2}$ (стратегія 1-2), фактичне значення параметра технічного стану $y_{ф1}>y_{до}$, то крім діагностування при даному обслуговуванні необхідне проведення виконавчої частини операції, тобто доведення параметра технічного стану до номінального. При $y_ф<y_д$ виконавчу частину при даному обслуговуванні не проводять, тобто в даному випадку $y_д=f(l)$ виконує роль упереджуючого параметру, який визначає характер і повноту (з виконавчою частиною або без неї) виконання профілактичної операції. Із викладеного виходить, що по-перше, застосування діагностування є розвитком попереджувальної стратегії ТО; по-друге, доцільність і способи проведення попереджувальної стратегії (з попереднім контролем та без нього) визначаються техніко - економічними розрахунками; по-третє, в залежності від фактично прийнятої для даної операції періодичності раціональною може будь-яка з стратегій, що розглядається (порівняйте періодичності l_1, $l_{0,2}$, $l_{0,3}$, $l_{0,4}$).

На рис.7 приведені графіки, що дають можливість визначити гранично допустимі значення коефіцієнта відносних витрат $К_{гд}$ на ТО і Р, перевищення якого при зміні періодичності недоцільно за економічним критерієм. Визначимо доцільність виконання операції, не з оптимальної для неї періодичності l_0=12 тис. км, а з періодичністю $l_{то}$= 5,5 тис. км.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

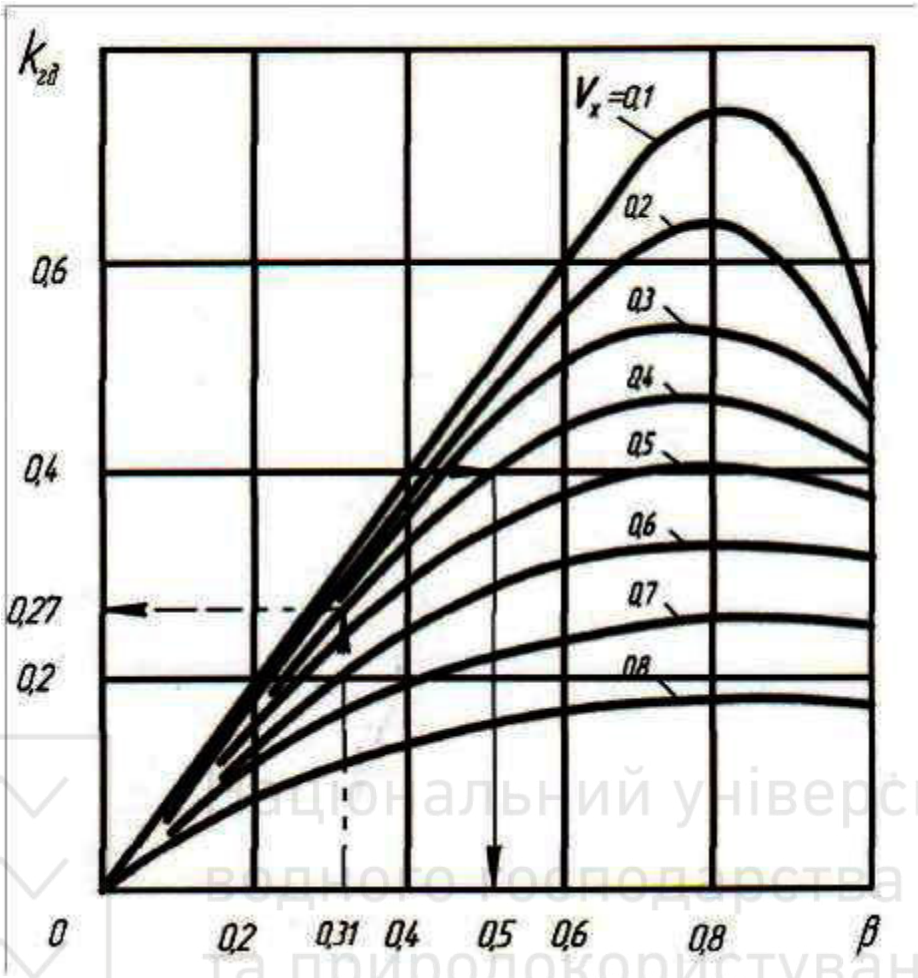


Рис.7. До оцінки раціональності профілактичних взаємодій при заданій періодичності

Практичне застосування економіко-імовірнісного методу визначення періодичності ТО групи операцій проведемо для об'єкту, що має наступні показники:

$K_г$ = 0,4 - граничне значення коефіцієнта відносних витрат на ТО і Р.

$K_г = d/c$; d - витрати на підтримання автомобіля в справному стані;

с - витрати на відновлення справного стану при відмові;

Як правило $d < c$, і відповідно $Кг < 1$;

Кгд - гранично допустиме значення коефіцієнта відносних витрат на ТО і Р;

$\bar{x}$ = 15,5 тис. км - середнє напрацювання на відмову;

*V*x = 0,4 - коефіцієнт варіації (випадкової величини) напрацювання на відмову;

$$V_x = \sigma / \bar{x}$$

β = 0,77 - коефіцієнт раціональної періодичності операції ($l_о = \beta \cdot x$);

$l_о$=12 тис. км - оптимальна періодичність виконання операції;

$l_{то}$=5,5 тис.км – задана (фактична) періодичність;

Національний університет водного господарства та природокористування

При виконанні операції з заданою періодичністю коефіцієнт періодичності: $\beta = l_{то}/x = 5{,}5 / 15{,}5 = 0{,}31$

Для цього значення β і коефіцієнта варіації $Vx = 0{,}4$ граничне значення коефіцієнта $Кгд = 0{,}27$ при фактичному значенні $Кг = 0{,}4$.

<u>Висновок:</u> так як $Кг > Кгд$, то за економічним критерієм проведення даної операції по профілактичній стратегії з періодичністю 5,5 тис. км нераціонально. Нижня границя періодичності ТО, за якої дану операцію ще доцільно проводити профілактично, складає

$l_{то} = \beta \cdot \bar{x} = 0{,}5 \cdot 15500 = 7{,}75$ тис. км

Таким чином визначається інтервал періодичності, всередині якого виконання операції за попереджувальною стратегією доцільно. Для приведеного прикладу цей інтервал становить 7,75-12,0 тис. км. Графічна інтерпретація економіко-імовірнісного методу, визначення періодичності ТО показана на рис.8.

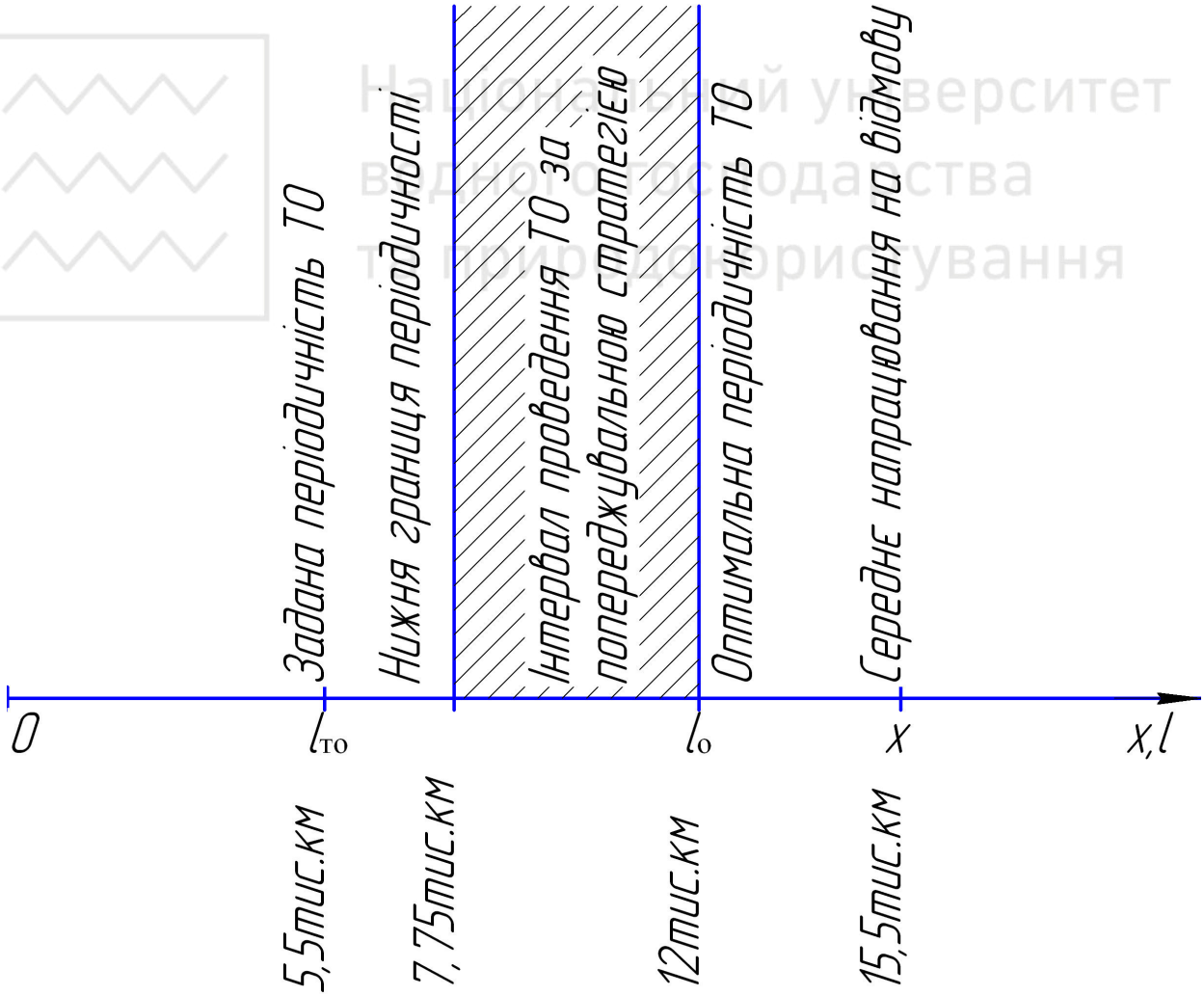


Рис.8. Інтерпретація економіко-імовірнісного методу визначення періодичності ТО

Таблиця 2.

Дані для виконання індивідуального завдання												
Назва показника	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Варіанти									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Гранично-допустимі значення коефіцієнта відносних витрат	K_{ω}	—	0,54	0,6	0,35	0,62	0,70	0,45	0,41	0,32	0,5	0,6
Середнє напрацювання на відмову	$\overline{X}$	тис. км.	12,7	16,9	20,2	14,5	13,9	17,1	18,0	15,0	16,1	25,3
Коефіцієнт варіації напрацювання на відмову	V_x	—	0,3	0,7	0,5	0,2	0,1	0,4	0,5	0,8	0,6	0,1
Задана періодичність ТО	$\ell_{то}$	—	7,8	10,2	14,1	14,5	13,0	17,1	14,4	14,9	15,0	20,0
Оптимальна періодичність виконання операції	ℓ_0	тис. км.	9,2	8,7	15,9	13,9	13,0	15,7	10,4	13,8	12,6	20,0

Національний університет водного господарства та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

4.Вивчення та застосування методики розрахунку коефіцієнта технічної готовності парку рухомого складу

4.1. Теоретичні відомості

В процесі експлуатації автомобіль з певною імовірністю може знаходитись в декількох станах: справний (тривалість експлуатації – *Де*); справний простоює в очікуванні роботи (тривалість очікування – *Дн*); несправний (тривалість очікування ремонту, ремонт і ТО – *Др*). Всі стани автомобіля утворюють цикл *Дц*. Під циклом розуміють ресурс (напрацювання) автомобіля до КР (*Lкр*), або між капітальними ремонтами, або певний ресурс до списання [1].

Коефіцієнт використання $\alpha_в$ представляє собою відношення числа днів в експлуатації до календарного числа днів за цей період або долю календарного часу, на протязі якого автомобіль виконував транспортну роботу.

Для кожного автомобіля цей показник визначається виразом:

$$\alpha_в = \frac{Д_е}{Д_е + Д_р + Д_н} = \frac{Д_е}{Д_ц} \quad (1)$$

При визначенні коефіцієнта використання $\alpha_в$ для всього парку автомобілів застосовуються відповідні автомобіле-дні:

$$\alpha_в = \frac{АД_е}{АД_е + АД_р + АД_н} = \frac{АД_е}{АД_ц} \quad (2)$$

Коефіцієнт технічної готовності $\alpha_Т$ визначає частку календарного часу на протязі якого автомобіль або парк автомобілів, знаходиться в роботоздатному стані і може виконувати транспортну роботу:

$$\alpha_Т = \frac{Д_е}{Д_е + Д_р} \quad (3)$$

$$\alpha_Т = \frac{АД_е}{АД_е + АД_р} \quad (4)$$

Таким чином, коефіцієнт використання безпосередньо залежить від коефіцієнта технічної готовності.

Розглянемо зв'язок $\alpha_Т$ з показниками надійності і організацією ТО і Р. Якщо чисельник і знаменник в формулі (3) розділили на $Д_е$, то одержимо

$$\alpha_Т = \frac{1}{1 + Д_р / Д_е} \quad (5)$$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

або стосовно експлуатаційного циклу:

$$\alpha_T = \frac{1}{1 + Д_{рц} / Д_{ец}} \quad (6)$$

де *Дрц* – кількість днів простою автомобіля в ТО і Р ремонті за цикл;
Дец – кількість днів експлуатації автомобіля за цикл.

Тривалість експлуатаційного циклу в днях залежить від пробігу або напрацювання за цикл *Lк* і середньодобового пробігу $l_{сд}$:

$$Д_{ец} = L_к / l_{сд} \quad (7)$$

Простої на ТО і Р за цикл *Дрц* складаються з простоїв в КР (*Дкр*), якщо він проводився, і простоїв на ТО і ПР (*Дто.пр*):

$$Д_{рц} = Д_{кр} + Д_{то.пр} \quad (8)$$

Простої в КР коригуються в календарних днях, а простої в ТО і ПР – в виді питомої норми *dто.пр* в днях на 1000км пробігу (табл.3). Таким чином, простої в ТО і ПР визначаються за формулою:

$$Д_{то.пр} = d_{то.пр} \cdot L_к / 1000 \quad (9)$$

Таблиця 3.

Тривалість простою рухомого складу в технічному обслуговуванні і ремонті([2], с. 44, табл. 4.5)

Рухомий склад	ТО і ПР на АТП, дні/1000км	Капітальний ремонт в спеціалізованому підприємстві, календарних днів
Легкові автомобілі	0,3 - 0,4	18
Автобуси особливо малого, малого і середнього класу	0,3 - 0,5	20
Автобуси великого класу	0,5-0,6	25
Вантажні автомобілі вантажністю, т:		
від 0,3 до 5,0	0,4-0,5	15
від 5,0 і більше	0,5-0,6	22
Причепи і напівпричепи	0,10-0,15	-

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Національний університет водного господарства та природокористування

Необхідно звернути увагу, що основна частка простоїв (до 85 – 95%) приходиться на ПР на АТП. Тому скорочення простоїв в ремонті, які виконуються на АТП, є основним резервом збільшення $\alpha_в$ і $\alpha_т$.

Продовжимо аналіз $\alpha_т$ і розглянемо наступний вираз:

$$\frac{Д_{рц}}{Д_{ец}} = \frac{Д_{рц} \cdot l_{сд}}{L_к} = B_р \cdot l_{сд} \qquad (10)$$

де *Вр=Дрц/lсд* – простої автомобіля на всіх видах ТО і Р за рахунок робочого часу, дні/1000 км.

В цьому випадку:

$$\alpha_T = \frac{1}{1 + B_р \cdot l_{сд}} = \frac{1}{1 + B_р \cdot T_н \cdot V_e} \qquad (11)$$

де *Ve* – експлуатаційна швидкість, км/год.,

$T_н$ – тривалість робочої зміни (або нарядного часу), год.

Вплив простоїв в ТО і ремонті *Вр* , і середньодобового пробігу $l_{сд}$ на $\alpha_т$ показано на рис.9, [1].

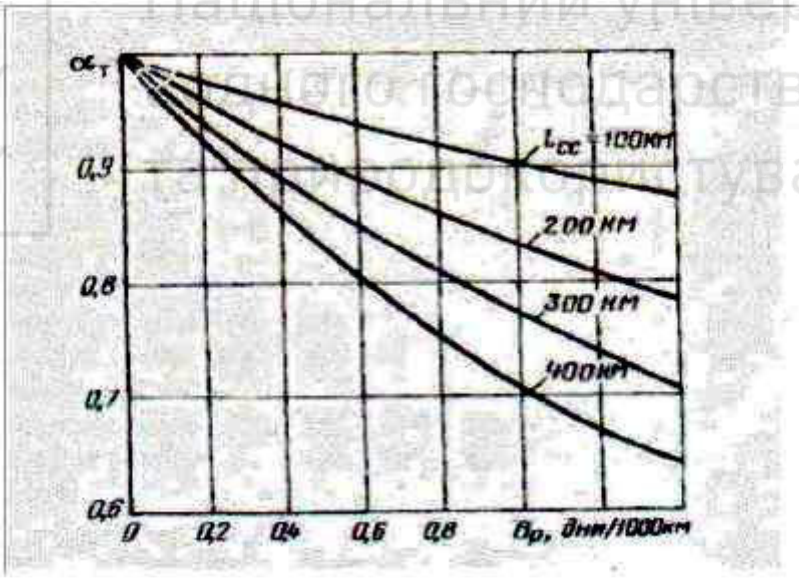


Рис.9. Вплив простоїв в ремонті і середньодобового пробігу на $\alpha_т$.

Як же кореспондуються величини *dто.пр* і *Вр*. Величина *dто.пр* є нормативною і встановлюється «Положенням...» [2]. Величина *Вр* представляє собою суму *dто.пр*. і питомі простої на КР в днях/1000км. Оскільки тривалість простою в КР унормовується в днях на один КР, то можна також ввести поняття питомої норми простоїв в КР в днях/1000км і розрахувати наступним чином:

$$d_{кр} = Д_{кр} / L_к \qquad (12)$$

де *dкр* – питомі простої в КР, днів/1000км.

Так як для більшості автомобілів *dкр*<0,1 , а *dто.пр* унормовується в діапазоні, більшому ніж 0,1 , то значеннями *dкр* в розрахунках можна

Національний університет
водного господарства
та природокористування

навіть знехтувати, за умови, що $d_{то.пр}$ прийнято в сторону більшого або максимального його значення.

$$B_p = d_{\text{то.пр}} + d_{кр} \quad (13)$$

Необхідно зазначити, що зі збільшенням пробігу автомобіля з початку експлуатації (його старінням) простої в ремонті зростають, а коефіцієнт $\alpha_т$ зменшується (рис.10), [1].

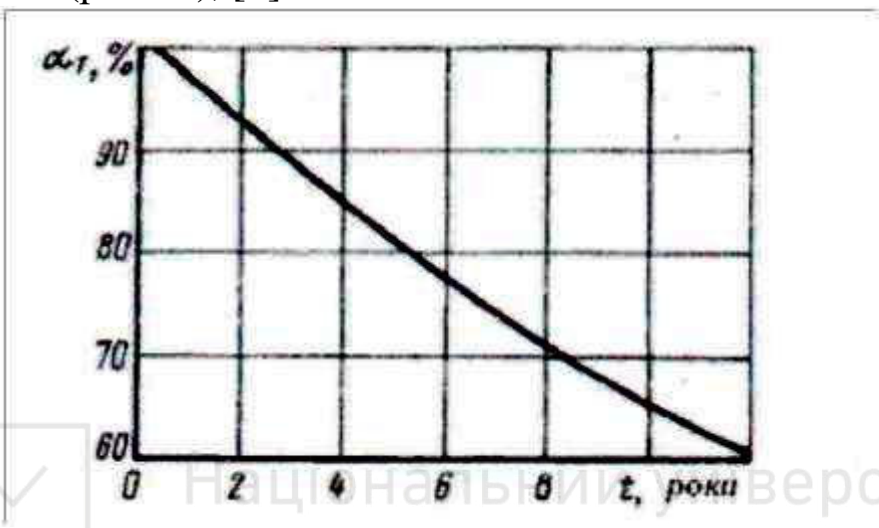


Рис.10 Вплив терміну експлуатації автомобіля на $\alpha_т$

На простої при усуненні несправностей і, відповідно, на $\alpha_т$ впливають також умови експлуатації, рівень організації ТО і ПР, кваліфікація персоналу та інші фактори.

Нормативи, які регламентують ТО і Р рухомого складу, коректуються з допомогою коефіцієнтів [2]. Так трудомісткість ТО коректується результуючим коефіцієнтом, що дорівнює добутку коефіцієнтів $K_2 \cdot K_5$; трудомісткість ПР в люд.-год. коректується результуючим коефіцієнтом, що дорівнює добутку $K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$; Трудомісткість ПР в днях/1000км коректується коефіцієнтом K_4'. Коефіцієнти K_4 і K_4' розраховують як середньо-вагові величини.

$$K_4 = \left(\sum_{i=1}^{m} K_{i,4} \cdot A_{i,4}\right) \Big/ A_к \quad (14)$$

де m – число інтервалів пробігу автомобілів до КР;

$Ki,4$ – коефіцієнт, який відповідає і-му інтервалу пробігу автомобіля з початку експлуатації;

$Aк$ – загальна кількість автомобілів;

$Ai,4$ – кількість автомобілів з пробігом з початку експлуатації, що відповідає і-му інтервалу.

Значення коефіцієнтів $K4$ і $K4'$ регламентовано «Положенням...» і наведені в табл.4.

Таблиця 4.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Коефіцієнти коректування нормативів питомої трудомісткості поточного ремонту (*К4*) і тривалості простою в ТО і Р (*К4'*) в залежності від пробігу з початку експлуатації, [2], (с.28, табл. 2.11)

Пробіг з початку експлуатації, частка від нормативного пробігу до КР	Автомобілі					
	Легкові		Автобуси		Вантажні	
	К4	*К4'*	*К4*	*К4'*	*К4*	*К4'*
До 0,25	0,4	0,7	0,5	0,7	0,4	0,7
$0{,}25 < l < 0{,}50$	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7
$0{,}50 < l < 0{,}75$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$0{,}75 < l < 1{,}00$	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2
$1{,}00 < l < 1{,}25$	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3
$1{,}25 < l < 1{,}50$	1,6	1,4	1,5	1,4	1,4	1,3
$1{,}50 < l < 1{,}75$	2,0	1,4	1,8	1,4	1,6	1,3
$1{,}75 < l < 2{,}00$	2,2	1,4	2,1	1,4	1,9	1,3
Понад 2,00	2,5	1,4	2,5	1,4	2,1	1,3

4.2. Практичне застосування методики

Задача 1.

Визначити динаміку $\alpha_т$ парку вантажних автомобілів вантажопідйомністю q=9т, середньодобовий пробіг $l_{сд}$=300км, $0{,}2 \le Вр \le 1{,}4$ з кроком $\Delta Вр = 0{,}2$.

Побудувати графічну залежність $\alpha_т$ від *Вр* і запропонувати заходи з підвищення $\alpha_т$.

$$\alpha_T = \frac{1}{1 + B_p \cdot l_{сд}}$$

В основі прийняття значення *Вр* лежить табл. 4.5 «Положення...». В нашій задачі *Вр* задається.

$$\alpha_T = \frac{1}{1 + \frac{0{,}6}{1000} \cdot 300} = 0{,}85$$

Результати розрахунків $\alpha_т$ при різних значеннях *Вр* зводимо в табл.5.

Таблиця 5.

Динаміка $\alpha_т$ в процесі експлуатації автотранспортних засобів

Вр	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
$\alpha_т$	0,943	0,893	0,85	0,806	0,769	0,735	0,704

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Графічна залежність $\alpha_т$ від тривалості простоїв автомобілів в ТО і Р, B_p представлена на рис.11.

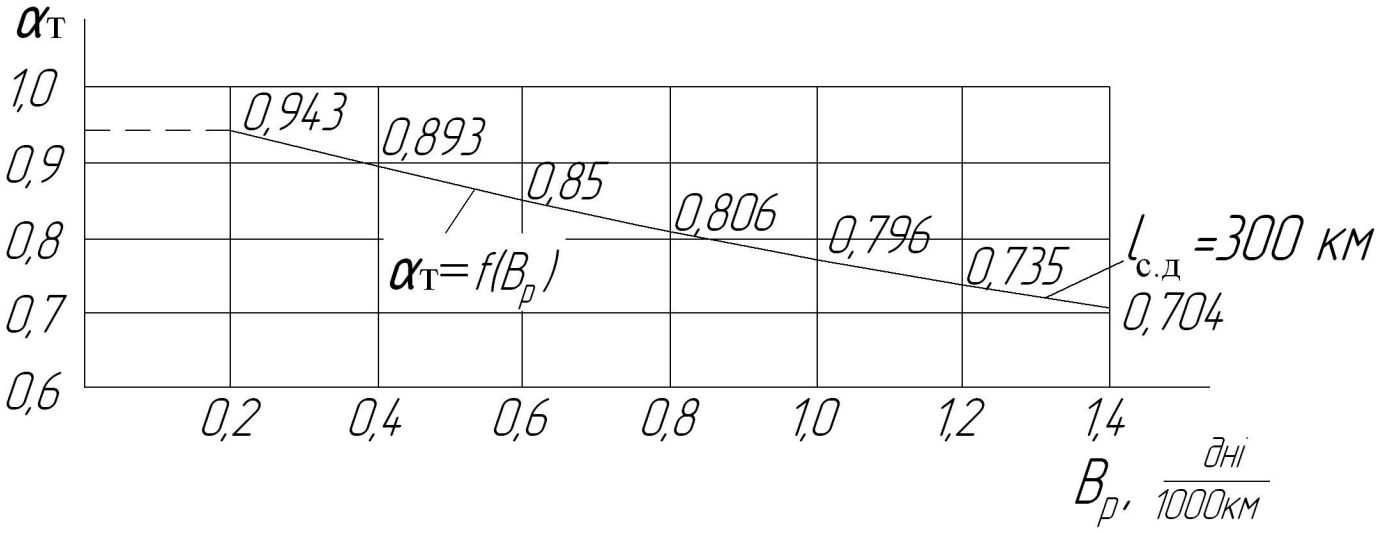


Рис.11. Залежність $\alpha_т$ від тривалості простоїв в ТО і Р автомобілів

Висновки. При зростанні *Вр* коефіцієнт технічної готовності має складний характер, зростає трудомісткість процесів ТО і ПР, збільшуються затрати на ТО і ПР. В цілому знижується ефективність використання рухомого складу.

Задача 2.

Визначити $\alpha_т$ парку вантажних автомобілів вантажопідйомністю q = 9 т, чисельністю N = 10 од., пробігом з початку експлуатації $0{,}75 \le l \le 1{,}0$, середньодобовому пробігові $l_{сд}$ = 300 км, середньому часі перебування в наряді *Тн* = 10 год. Запропонувати заходи з підвищення $\alpha_т$.

На основі «Положення...» [2] знаходимо значення коригуючого коефіцієнта:

К4' = 1,2 при пробігові автомобіля з початку експлуатації $0{,}75 \le l \le 1{,}0$.

За цією ж літературою знаходимо значення питомих простоїв в ТО і Р, *dmo.np* = 0,5–0,6 дня/1000 км. Приймаємо середнє значення *dmo.np*= 0,55 дня/1000 км. В результаті коригування отримуємо *dmo.np* = 0,55·1,2=0,66 дня/1000 км.

Тоді:

$$\alpha_T = \frac{1}{1 + B_p \cdot l_{сд}} = \frac{1}{1 + \frac{0{,}66}{1000} \cdot 300} = 0{,}835$$

Висновок. Значення коефіцієнта технічної готовності парку вантажних автомобілів з пробігом з початку експлуатації $0{,}75 \le l \le 1{,}0$ становить $\alpha_т$ = 0,835.

Задача 3.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Визначити динаміку $\alpha_т$ автобуса середнього класу за життєвий цикл автобуса ($0 \le l \le 2\ L_{кр}$) при середньодобовому пробігові $l_{сд}$ = 250 км.
Побудувати графічну залежність $\alpha_т$ від пробігу з початку експлуатації. Пояснити, якими заходами можна забезпечити значення $\alpha_т$ за різних динамік коефіцієнтів коригування *К4* і *К4'*.
Значення $\alpha_т$ розраховуємо за формулою:

$$\alpha_T = \frac{1}{1 + B_p \cdot l_{сд}}$$

Сумарне значення простоїв в ТО і Р з врахуванням простоїв в КР визначається залежністю:

$$B_p = d_{то.пр} + d_{кр}$$

dто.пр = 0,3–0,5 дні/1000 км (простої в ТО і ПР, [2])

$dкр = \frac{20}{300} = 0{,}067$ дня/1000км (простої в КР)

Широкий діапазон значень *dто.пр* і невелике значення *dкр* дає підстави прийняти *Вр* = 0,5 дня/1000 км.
Оскільки необхідно визначити $\alpha_т$ за весь життєвий цикл автобуса, то необхідно *Вр* коригувати в залежності від пробігу з початку експлуатації.
Значення коригуючих коефіцієнтів *К4* і *К4'*, скориговане $B_р$, тобто скориговані простої в ТО і Р, а також розрахункові значення $\alpha_т$ зводимо в табл.6.

Таблиця 6.

Значення коригуючих коефіцієнтів,
тривалості простоїв в ТО і Р і динаміка $\alpha_т$

Пробіг з початку експлуатації до КР	Коригуючі коефіцієнти		*Вр*	скоригований *Вр*	$\alpha_т$
	К4	*К4'*			
$l \le 0{,}25$	0,5	0,7	0,5	0,35	0,92
$0{,}25 < l \le 0{,}50$	0,8	0,7	0,5	0,35	0,92
$0{,}50 < l \le 0{,}75$	1,0	1,0	0,5	0,50	0,89
$0{,}75 < l \le 1{,}00$	1,3	1,3	0,5	0,65	0,87
$1{,}00 < l \le 1{,}25$	1,4	1,4	0,5	0,70	0,85
$1{,}25 < l \le 1{,}50$	1,5	1,4	0,5	0,70	0,85
$1{,}50 < l \le 1{,}75$	1,8	1,4	0,5	0,70	0,85
$1{,}75 < l \le 2{,}00$	2,1	1,4	0,5	0,70	0,85
$l > 2{,}00$	2,5	1,4	0,5	0,70	0,85

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Література

1. Техническая експлуатация автомобилей: Учебник для вузов / Е.С.Кузнецов, В.П.Воронов, А.П.Болдин и др.;Под ред. Е.С. Кузнецова – 3-е изд.,перераб. и доп. – М.:Транспорт, 1991 – 413с.
2. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта / М-во автомоб. Трансп. РСФСР. – М.: Транспорт, 1986. – 72с.

Національний університет
водного господарства
та природокористування