

**Державна служба України з надзвичайних ситуацій**  
Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України

**Кафедра техніки та засобів цивільного захисту**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання курсової роботи з дисципліни  
**«Протипожежна та аварійно-рятувальна техніка»**  
для підготовки курсантів, студентів денної та заочної форми навчання для  
здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 261 «Пожежна  
безпека»

**Розрахунок динамічної характеристики  
пожежного автомобіля  
Розрахунок насосно-рукавної системи**

Черкаси 2019 рік

Методичні вказівки на виконання курсової роботи з дисципліни "Пожежна та аварійно-рятувальна техніка" **"Розрахунок динамічної характеристики пожежного автомобіля. Розрахунок насосно-рукавної системи"** /авторський колектив Береза В.Ю., Єлагін Г.І., Тищенко О.М. – Черкаси: ЧПБ, 1996. – 22 с./

**Видання четверте,  
виправлене та доповнене**

В переробці та підготовці до друку четвертого видання методичних вказівок брали участь Биченко А.О., Мигаленко О.І., Григор'ян М.Б., Пустовіт М.О.

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри техніки та засобів цивільного захисту Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України.

Протокол від «27» серпня 2019 р. № 1

## Загальні вказівки

Дисципліна "Протипожежна та аварійно-рятувальна техніка" вивчає технічні засоби для гасіння пожеж, захисту людей та матеріальних цінностей від вогню. Її основна задача – формування знань, навичок, вміння ефективно використовувати пожежну техніку та пожежно-технічне обладнання при гасінні пожеж.

Курс вивчення дисципліни "Протипожежна та аварійно-рятувальна техніка" складається з розділів: "Пожежні насоси", "Вогнегасники", "Прилади і апарати пінного гасіння", "Пожежні мотопомпи", "Основні пожежні автомобілі", "Спеціальні пожежні автомобілі", "Організація експлуатації пожежної техніки".

Освоєння курсу базується на знаннях, придбаних при вивченні математики фізики, гідравліки, теоретичної механіки, хімії, деталей машин та інших загально-технічних дисциплін.

Метою курсової роботи є закріплення теоретичного матеріалу з предмету для правильної експлуатації пожежних автомобілів і насосних установок та отримання навичок при проведенні інженерних розрахунків.

Курсанти, студенти денної та заочної форми навчання (далі здобувачі) повинні вміти оцінювати і аналізувати експлуатаційні можливості пожежних автомобілів і роботу їх окремих агрегатів в конкретних умовах експлуатації для досягнення кращих показників транспортної роботи і забезпечення якості і надійності пожежних автомобілів (ПА), повинні мати знання, достатні для контролю організації технічного обслуговування та ремонту ПА.

Зміст та оформлення курсової роботи повинні відповідати вимогам Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД).

Курсова робота складається з пояснювальної записки та графічної частини роботи.

Матеріал в пояснювальній записці розташовується наступним чином:

- титульний аркуш;
- завдання;
- зміст пояснювальної роботи з указанням сторінок;
- пояснення та розрахунки згідно завдання;
- список використаної літератури.

Пояснювальна записка виконується на аркушах формату А4 у друкованому виді або власноруч – почерк розбірливий, без скорочень.

Формули, коефіцієнти, нормативні величини повинні супроводжуватися посиланнями на джерело за допомогою цифр. Прийняті значення величин підставляти в формулу в послідовності, що відповідає символічному запису формули, дотримуючись правил

розмірності. Результати розрахунків заносять в таблиці і роблять висновки. Таблиці нумерують арабськими цифрами.

В кінці пояснювальної записки вказують використану літературу. Посилання на літературне джерело в тексті пояснювальної записки оформляють наступним чином: в квадратних дужках вказують номер книги, під яким вона значиться в списку, а далі – параграф, таблицю, формулу і тому подібний показник.

Графічна частина включає п'ять аркушів формату А4 (бажано на міліметровому папері).

**Дані на виконання курсової роботи приведені в аркуші індивідуального завдання, таблицях вихідних даних 1 та 2 і обираються згідно таблиць варіанту.**

**Номер варіанту обирається – за останніми трьома цифрами шифру залікової книжки здобувача.**

**За прикладом:** шифр залікової книжки № xxx**ABC**

**A** – третя з права цифра шифру залікової книжки;

**B** – передостання цифра шифру залікової книжки;

**C** – остання цифра шифру залікової книжки.

За третьою з права цифрою шифру залікової книжки (**A**) обираємо одну з трьох таблиць варіантів, за умовами:

- якщо цифра (**A**) відповідає інтервалу від 0 до 2 (включно) – таблиця варіантів I;
- якщо цифра (**A**) відповідає інтервалу від 3 до 5 (включно) – таблиця варіантів II;
- якщо цифра (**A**) відповідає інтервалу від 6 до 9 (включно) – таблиця варіантів III.

За останніми двома цифрами шифру залікової книжки (**B та C**) визначаються варіанти вихідних даних курсової роботи за таблицями 1 та 2.

**Приклад:**

Шифр залікової книжки № 120**162**

**1** – третя з права цифра шифру залікової книжки;

**6** – передостання цифра шифру залікової книжки;

**2** – остання цифра шифру залікової книжки.

Третя з права цифра шифру залікової книжки **1** відповідає інтервалу від 0 до 2, відповідно обираємо таблицю варіантів I.

Згідно варіанту **62** таблиці обираємо вихідні данні по таблиці 1 – марка автомобіля стовпчик під номером 3, а в таблиці 2 значення – рядок під номером 5.

**Таблиця варіантів І.**

		Остання цифра шифра залікової книжки (С)										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Передостання цифра номера залікової книжки (В)	0	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	2	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	3	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	4	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	5	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1
	6	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	7	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	8	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2
9	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	табл. 2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	

**Таблиця варіантів ІІ.**

		Остання цифра шифра залікової книжки (С)										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Передостання цифра номера залікової книжки (В)	0	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	1	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3
	2	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	3	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	4	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4
	5	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	6	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	7	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5
	8	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
9	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	табл. 2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	

**Таблиця варіантів III.**

		Остання цифра шифра залікової книжки (С)										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Передостання цифра номера залікової книжки (В)	0	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6
	1	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	2	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	3	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7
	4	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	5	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	6	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8
	7	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	8	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	9	табл. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		табл. 2	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9

**Зразок титульного аркуша.**

ЧЕРКАСЬКИЙ ІНСТИТУТ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ  
ІМЕНІ ГЕРОЇВ ЧОРНОБИЛЯ  
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ  
ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ  
(ДЕННА ТА ЗАОЧНА ФОРМА НАВЧАННЯ)

**КУРСОВА РОБОТА**

**з Протипожежної та аварійно-рятувальної техніки**

на тему: **Розрахунок динамічної характеристики пожежного автомобіля.  
Розрахунок насосно-рукавної системи**

Курсанта / студента

\_\_\_\_\_ - курсу (т.н. \_\_\_\_ роки)

\_\_\_\_\_ взводу (групи)

Освітнього ступеня «бакалавр» за  
спеціальністю 261 «Пожежна безпека»

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по-батькові)

Шифр \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_

Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Члени комісії \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

м. Черкаси – \_\_\_\_\_ рік

## Вихідні дані

Таблиця 1.

Варіант		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ з/п	Марка ПА	АЦ-40 (130)63Б	АЦ-40 (433362)63Б	АЦ-40 (131)137А	АНР-40 (130)127А	АЦ-40 (53211)240	АЦ-40 (43202)186	АЦ-40 (66)184	АЦ-40 (375)Ц1А	АЦ-40 (133Г1)181	АЦ-40/4 (53229)246
	Характеристика										
1.	Базове шасі	ЗІЛ-130	ЗІЛ-433362	ЗІЛ-131	ЗІЛ-130	КамАЗ	Урал-4320	ГАЗ-66	Урал-375	ЗІЛ-133Г1	КамАЗ
2.	Тип двигуна	К	К	К	К	Д	Д	К	К	К	Д
3.	Максимальна потужність двигуна, $N_e^{max}$ , кВт	110,3	110,3	110,3	110,3	191,0	155,0	80,9	132,4	110,3	154
4.	Повна маса, $G_a$ , кг	9600	9030	11100	7950	17720	14925	6120	14925	14970	20400
5.	Динамічний радіус колеса, $r$ , м	0,47	0,47	0,53	0,47	0,48	0,56	0,50	0,56	0,47	0,48
6.	Тип дорожнього покриття	АБС	СВ	ПС	ГРВ	ГРС	ГС	АБМ	АБС	АБМ	АБС
7.	Габаритні розміри, $B \times H$ , м	2,5x2,72	2,5x2,95	2,5x2,95	2,5x2,79	2,5x3,65	3,0x2,5	2,5x2,34	3,0x2,5	2,45x2,85	2,5x3,5
8.	Передаточне число:										
	$i_k^1$	7,44	7,44	7,44	7,44	6,38	5,61	6,55	6,17	7,44	6,38
	$i_k^2$	4,1	4,1	4,1	4,1	3,29	2,89	3,09	3,4	4,1	3,29
	$i_k^3$	2,29	2,29	2,29	2,29	2,04	1,64	1,71	1,79	2,29	2,04
	$i_k^4$	1,47	1,47	1,47	1,47	1,25	1,0	1,0	1,0	1,47	1,25
	$i_k^5$	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	0,723	-	0,78	1,0	0,85
9.	Передаточне число головної передачі, $i_0$	6,32	6,32	7,339	6,32	6,53	7,32	6,83	8,05	6,32	6,53
10.	Передаточне число розподільчої коробки, $i_p$	-	-	2,08	-	-	1,3	1,982	2,15		
11.	Колісна формула	4x2	4x2	6x6	4x2	6x4	6x6	4x4	6x6	6x4	6x4
12.	Марка пожежного насосу	НВП-40/100	НВП-40/100	ПН-40 УВ	НВП-40/100	НВП-40/100	НВП-40/100	ПН-40 УВ	ПН-40 УВ	ПН-40 УВ	НЦПК-40/100-4/400



## Вихідні дані

Таблиця 2.

№ з/п	Частота обертання колінчатого валу при $N_e^{max}$ , $n_N$ , об/хв	Коефіцієнт зменшення потужності, $K_N$	Уквітн дороги $i$ , %	Частота обертання валу насосу, $n_1$ , об/хв	Опир насосно-рукавної системи, $S_{сист}$ , $м \cdot с^2/л^2$	Висота пидйому пожежних стволів $Z$ , м
1.	2800	0,6	1	2500	0,07	10
2.	3200	0,9	2	2700	0,092	11
3.	2600	0,8	3	2400	0,08	12
4.	2900	0,7	4	2550	0,06	13
5.	2700	0,6	3	2450	0,07	14
6.	3000	0,7	2	2600	0,092	15
7.	3200	0,8	1	2700	0,11	5
8.	3100	0,9	4	2650	0,08	6
9.	2600	0,8	3	2400	0,06	7
10.	2800	0,9	5	2500	0,088	8
11.	3100	0,8	2	2650	0,07	9
12.	3000	0,7	1	2600	0,092	10
13.	2900	0,6	3	2550	0,11	11
14.	2800	0,7	2	2500	0,08	12
15.	2600	0,8	3	2400	0,06	13
16.	2700	0,9	4	2450	0,07	14
17.	3000	1,0	2	2600	0,092	15
18.	3100	0,9	1	2650	0,11	5
19.	3200	0,8	3	2700	0,08	6
20.	2700	0,7	2	2450	0,06	7
21.	2600	0,6	1	2400	0,088	8
22.	3200	0,7	4	2700	0,07	9
23.	3100	0,8	3	2650	0,092	10
24.	3000	0,9	2	2600	0,11	11
25.	2800	1,0	1	2500	0,08	12
26.	3200	0,9	3	2700	0,06	13
27.	3100	0,8	2	2650	0,092	14
28.	2700	0,7	5	2450	0,07	15
29.	2800	0,6	3	2500	0,08	5
30.	3000	0,8	1	2600	0,06	6

# 1. Побудова зовнішньої швидкісної характеристики двигуна пожежного автомобіля

Потужність і економічність двигуна при роботі в різних умовах визначається по його характеристикам. Характеристика - це залежність основних показників двигуна ( $N_e$ ,  $M_c$ ,  $g_c$ ) від режиму його роботи ( $n$ , об/хв).

Характеристики, що визначають залежність показників двигуна (при незмінному положенні органів регулювання) від частоти обертання, називають швидкісними.

Швидкісна характеристика, отримана при повній подачі пального або горючої суміші, називається зовнішньою.

При відсутності експериментальної кривої зовнішня швидкісна характеристика двигуна може бути побудована по одній точці, що визначається величиною максимальної потужності  $N_e^{max}$  при відповідній її частоті обертання колінчатого валу  $n_N$ , по формулі:

$$N_{ei} = N_e^{max} \cdot \left[ a \frac{n_i}{n_N} + b \left( \frac{n_i}{n_N} \right)^2 - c \left( \frac{n_i}{n_N} \right)^3 \right], [\text{кВт}] \quad (1.1)$$

$n_N$  - частота обертання колінчатого валу, об/хв.

$N_e^{max}$  - максимальна потужність двигуна, кВт.

Значення емпіричних коефіцієнтів  $a$ ,  $b$ ,  $c$  наступне:

- для карбюраторних двигунів (К) -  $a=b=c=1$
- для дизелів (Д) -  $a=0.53$ ;  $b=1.56$ ;  $c=1.09$ .

Для вибору поточного значення  $n$  діапазон частоти обертання колінчатого валу двигуна від мінімально стійких обертів  $n_{min}$  до  $n_N$  необхідно поділити на ділянки (не менше 5) з постійним інтервалом  $\Delta n$ .

Мінімальна частота обертання колінчатого валу знаходяться з межах (400...800) обертів за хвилину. Менше значення приймається для дизельних двигунів, більше для карбюраторних двигунів.

При проведенні випробовувань на двигуні встановлені тільки повітряний очищувач, генератор і водяний насос. На автомобілі двигун має допоміжне (вентилятор, радіатор, глушник) і додаткове (компресор, насос гідропідсилювача керма) обладнання. Тому при розрахунках необхідно враховувати коефіцієнт корекції  $K_k$ .

Для двохвісних автомобілів  $K_k = 0.88$ , а для трьохвісних  $K_k = 0.85$ .

Таким чином, по формулі (1.1) можна побудувати зовнішню характеристику двигуна, що випробовується на стенді. Для отримання зовнішньої характеристики двигуна, встановленого на автомобілі, необхідно врахувати  $K_k$ .

$$N_{Di} = N_e K_k, [\text{кВт}] \quad (1.2)$$

Знаючи  $N_{Di}$  при відповідному  $n_i$  розраховують значення моменту  $M_{Di}$ .

$$M_{Di} = 9550 \frac{N_{Di}}{n_i} \quad (1.3)$$

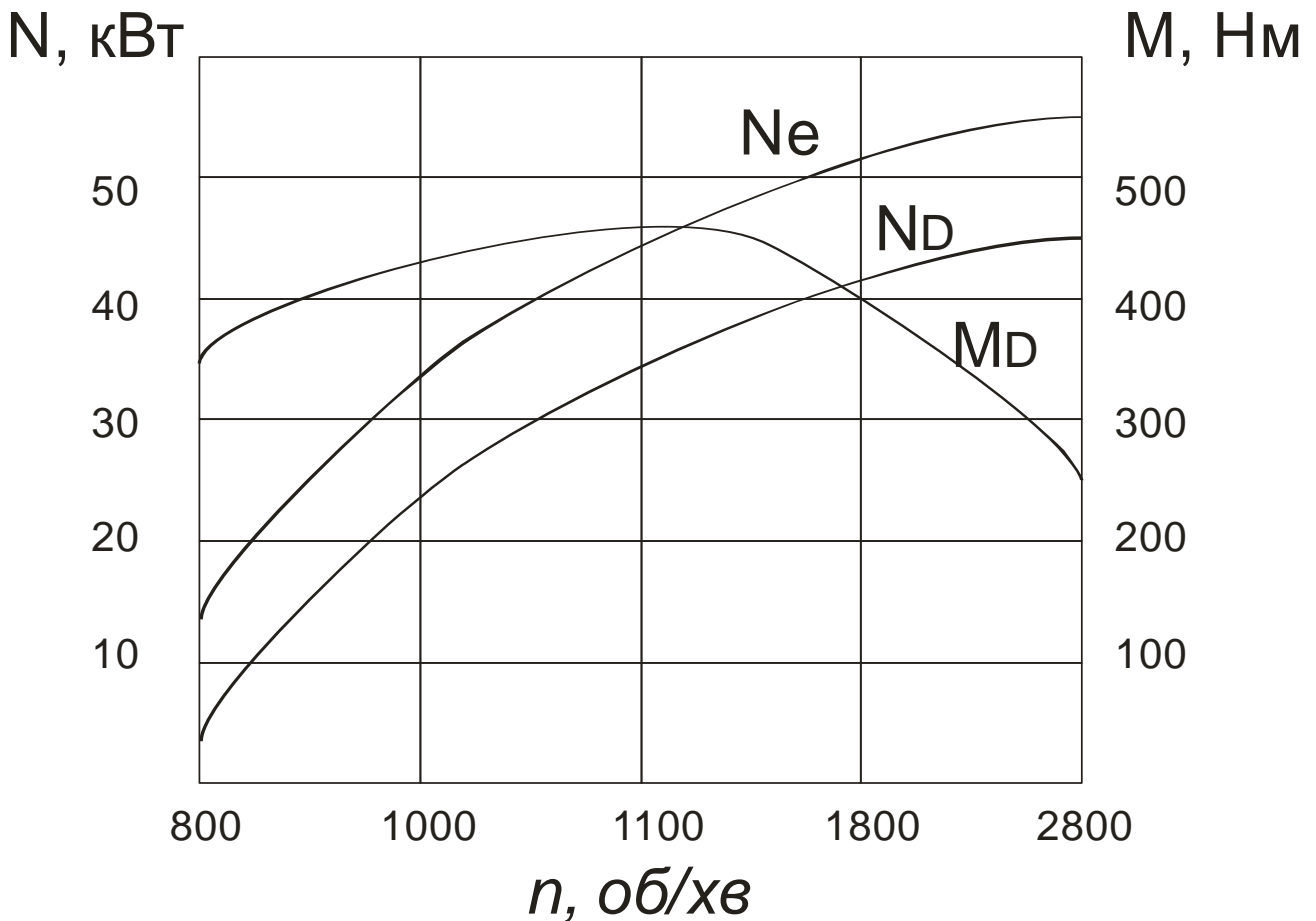
Результати розрахунків зводять у таблицю 3.

По табличним даним будують зовнішню швидкісну характеристику двигуна  $N_D = f(n)$  і  $M_D = f(n)$ .

**Результати розрахунків ефективної потужності і ефективного обертаючого моменту на валу двигуна**

Таблиця 3.

Параметри	Значення параметрів				
	$n_{min}$	$n + \Delta n$	$n + 2 \Delta n$	$n + 3 \Delta n$	$n_N$
$n$ , об/хв.					
$N_e$ , кВт					
$N_D$ , кВт					
$M_D$ , Нм					



Мал. 1. Зовнішня швидкісна характеристика двигуна.

## 2. Побудова силового балансу і динамічної характеристики автомобіля

Використовуючи результати розрахунків (див. табл. 3) визначають силу тяги на ведучі колеса  $P_k$  для кожної передачі:

$$P_{ki} = \frac{M_D \cdot i_k \cdot i_p \cdot i_o \cdot \eta}{r_g}, [\text{кН}] \quad (2.1)$$

$i_k$ ,  $i_p$ ,  $i_o$  - відповідно передаточні відношення коробки передач, розподільної коробки, головної передачі;  
 $r_g$  - динамічний радіус колеса, м;  
 $\eta$  - коефіцієнт корисної дії трансмісії.

Коефіцієнт корисної дії трансмісії є добутком коефіцієнтів корисної дії її агрегатів. Для розрахунків можна приймати наступним:

- для двухосних автомобілів з одинарною головною передачею (4x2) - **0.9**;
- - для автомобілів підвищеної прохідності (4x4) - **0.86**;
- для трьохосних автомобілів (6x4) - **0.84**;
- для трьохосних автомобілів підвищеної прохідності (6x6) - **0.82**.

Пожежні автомобілі, що рухаються, частину потужності двигуна витрачають на подолання опору повітря. Сила опору повітря визначається по формулі:

$$P_{wi} = \frac{K_e \cdot F \cdot V^2}{13}, [\text{Н}] \quad (2.2)$$

$K_e$  - коефіцієнт обтікання,  $[\frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4}]$ ;

$V$  - швидкість автомобіля, м/с.;

$F$  - лобова площа,  $\text{м}^2$ .

Для приблизних розрахунків лобова площа розраховується по формулі:

$$F = B \cdot H, \text{ м}^2 \quad (2.3)$$

$B$  - ширина автомобіля, м;

$H$  - габаритна висота, м.

Коефіцієнт обтікання визначається для кожної моделі ПА експериментально. Він визначається як сила опору повітря, створювана  $1 \text{ м}^2$  лобової площі автомобіля при його русі з швидкістю  $1 \text{ м/с}$ .

Для пожежних автомобілів на шасі вантажних автомобілів

$$K_e = (0.5 \dots 0.6), [\frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4}]$$

При розрахунках сили опору повітря  $P_w$  від швидкості руху автомобіля необхідно попередньо перейти від частоти обертання колінчатого валу до швидкості руху автомобіля  $V$ , км/год.

$$V_i = 0.377 \frac{n r_g}{i_k \cdot i_p \cdot i_o}, [\text{км/год}] \quad (2.4)$$

Динамічний фактор  $D$  визначається по формулі:

$$D_i = \frac{P_{ki} - P_w}{G_a \cdot g} \quad (2.5)$$

$G_a$  - маса пожежного автомобіля, кг;

$g$  - прискорення вільного падіння,  $9.81 \text{ м/с}^2$ .

$P_k$  – тягове зусилля на колеса при кожній передачі, кН;

$P_w$  - сила опору повітря

Результати розрахунків для кожної з передач заносяться в таблицю 4.

### Результати розрахунків швидкостей, сил і динамічного фактору

Таблиця 4.

Параметри		Значення параметрів				
		$n_{min}$	$n_{min} + \Delta n$	$n_{min} + 2 \Delta n$	$n_{min} + 3 \Delta n$	$n_N$
n, об/хв.						
M <sub>D</sub> , Н м						
i <sub>k1</sub>	V, км/год					
	P <sub>k</sub> , Н					
	P <sub>w</sub> , Н					
	D					
.....						
i <sub>ki</sub>	V, км/год					
	P <sub>k</sub> , Н					
	P <sub>w</sub> , Н					
	D					

При рухові автомобіля з швидкістю до 15 км/год силою опору повітря нехтують, тобто

$$P_w = 0.$$

Сила сумарних дорожніх опорів визначається по формулі:

$$P_\psi = G_a \cdot g \cdot \Psi, \text{ [Н]} \quad (2.6)$$

$\psi$  - сумарний коефіцієнт дорожніх опорів при максимальній швидкості руху:

$$\Psi = f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \quad (2.7)$$

$f$  - коефіцієнт опору качанню;

$\alpha$  - кут повздовжнього нахилу дороги;

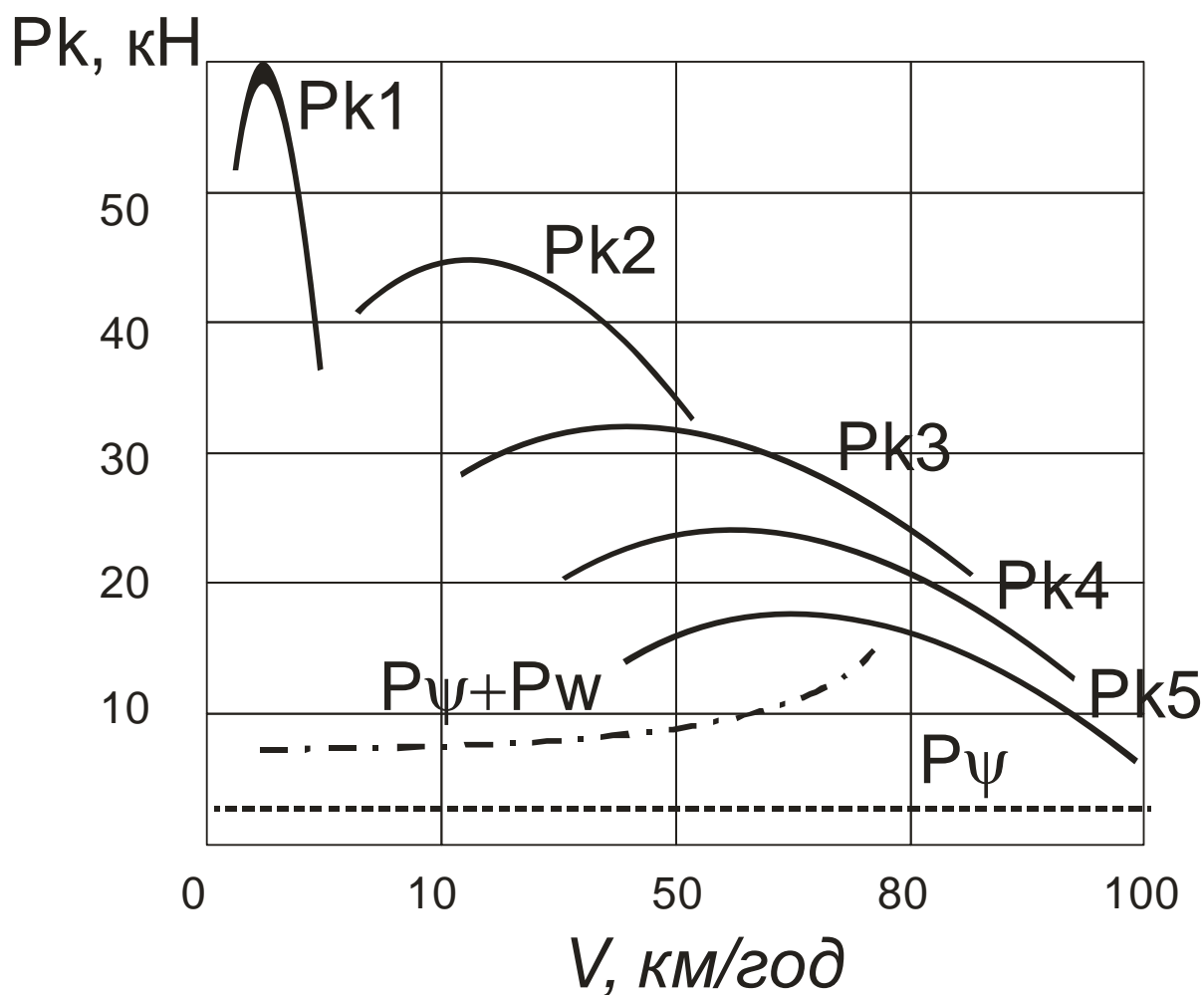
$$\alpha = \arctg(i) \quad (2.7)$$

Коефіцієнт опору качанню  $f$  залежить, в основному, від типу і стану дорожнього покриття, конструкції шин і тиску повітря в них. Для розрахунків коефіцієнт  $f$  можна вважати величиною постійною, який залежить від типу і стану дорожнього покриття (табл. 5).

№ п/п	Тип і стан покриття	Значення $f$
1	Сухий асфальтобетон або бетон в хорошому стані (АБС)	0.015÷0.018
2	Мокрий асфальтобетон або бетон в хорошому стані (АБМ)	0.018÷0.02
3	Суха дорога з гравійним покриттям (ГС)	0.02÷0.025
4	Суха ґрунтова дорога (ГРС)	0.025÷0.035
5	Волога ґрунтова дорога (ГРВ)	0.05÷0.15
6	Сухий пісок (ПС)	0.1÷0.3
7	Сніжна вкатана дорога (СВ)	0.03÷0.05

По даним таблиці 4 будують графік (мал. 2) силового балансу пожежного автомобіля.

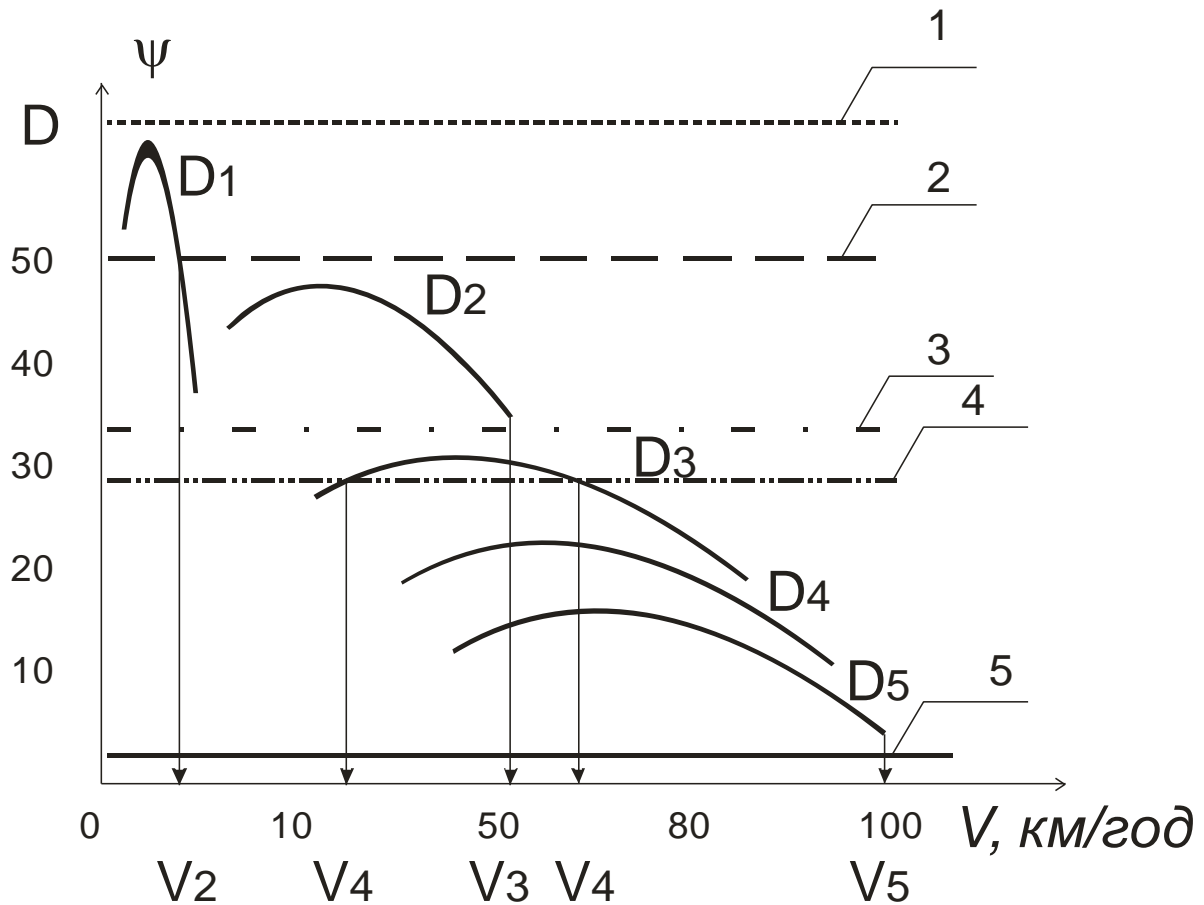
На графіку силового балансу автомобіля для всіх передач будують залежність  $P_k$ ,  $P_\psi$ ,  $P_w + P_\psi$  від швидкості руху  $V$ .



Мал. 2. Графік силового балансу пожежного автомобіля.

На графіку динамічної характеристики будують залежність  $D$  і  $\psi$  від швидкості руху  $V$  (мал. 3).

За даними динамічної характеристики автомобіля визначають максимальну можливу швидкість руху  $V_{\max}$ . Для визначення  $V_{\max}$  на ділянці дороги необхідно по осі ординат динамічної характеристики  $D$  відкласти коефіцієнт (масштаб  $D$  і  $\psi$  повинен бути однаковим) і провести пряму, паралельну осі абсцис.



Мал.3 Динамічна характеристика ПА:

**Можливо декілька випадків:**

1. Якщо лінія  $\psi$  (пряма 2) перетинає динамічну характеристику в одній точці, то  $V_{\max} = V_2$ . В залежності від  $\psi$  перетинання можливе налюбій передачі.
2. Якщо лінія  $\psi$  (пряма 3 або 5) не перетинають динамічну характеристику, то відбувається рівномірний рух ПА. Максимальна швидкість буде обмежена допустимою кутовою швидкістю колінчатого валу. Наприклад,  $V_{\max} = V_3$  при рухові на другій передачі і  $V_{\max} = V_5$  при рухові на п'ятій передачі.
3. Якщо лінія  $\psi$  (пряма 4) перетинає динамічну характеристику в двох точках, то ПА може рівномірно рухатися як зі швидкістю  $V_4$ , що відповідає першій точці перетину, так і з швидкістю  $V_4$ , що відповідає другій точці перетину.
4. Якщо лінія  $\psi$  (пряма 1) вище динамічної характеристики, то рівномірний рух ПА при такому коефіцієнті неможливий.

### 3. Визначення середньої максимально можливої швидкості руху ПА на заданому маршруті

Середню максимально можливу швидкість руху автомобіля заданому маршруті визначають графічним методом розрахунку часу руху ПА на кожній ділянці. Для цього будують графік, складається з 4 квадрантів (мал. 4).

В першому квадранті будують динамічну характеристику автомобіля, в другому - діаграму, що складається з прямокутників основою яких є довжина окремих ділянок маршруту  $S_1, S_2, S_3$  і висота - коефіцієнт сумарного дорожнього опору руху відповідних ділянок  $\psi_1, \psi_2, \psi_3$ . Масштаби  $D$  і  $\psi$  повинні бути однаковими.

$$\Psi = f \pm i \quad (3.1)$$

Характеристика маршруту руху:

$$S_1 = 8 \text{ км};$$

$$S_2 = 3 \text{ км};$$

$$S_3 = 4 \text{ км};$$

Уквіт дороги ділянок маршруту.

$$i_1 \text{ (табл.2);}$$

$$i_2 = 3\%,$$

$$i_3 = 1\%.$$

Знак "+" використовують для підйому, а "-" для спуску.

Четвертий квадрант допоміжний, в ньому проводять промінь кутом 45 градусів.

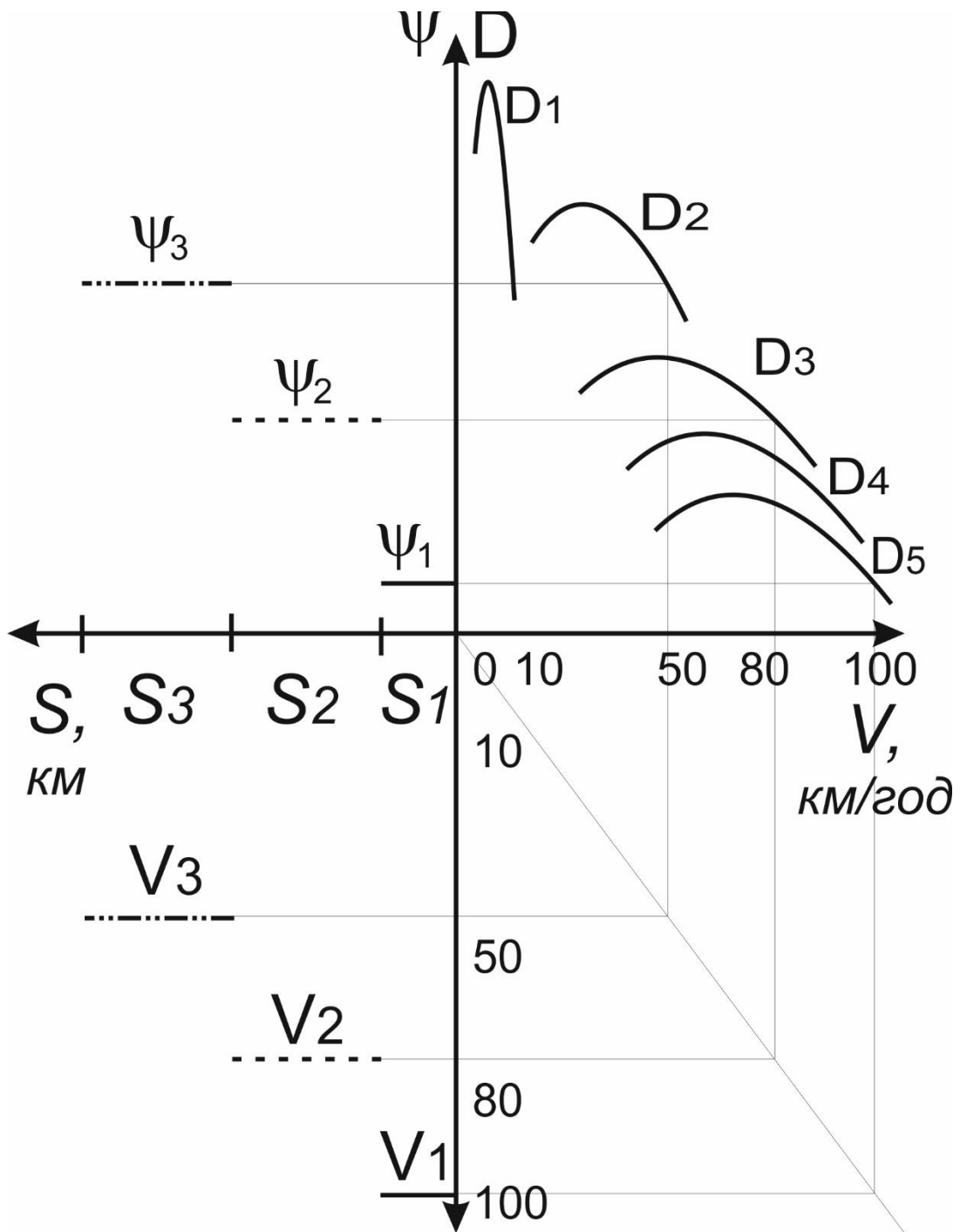
Далі простими побудовами в третьому квадранті знаходяться можливі максимальні швидкості руху  $V_{\max 1}, V_{\max 2}, V_{\max 3}$  на відповідних ділянках  $S_1, S_2, S_3$ . Потім по  $S_i$  і  $V_i$  розраховують час руху на кожній ділянці:

$$\tau_i = \frac{S_i}{V_i}, \text{ (год)} \quad (3.2)$$

Середня максимальна швидкість руху ПА на заданому маршруті визначають по формулі:

$$V_{\text{ср. max}} = \frac{\sum S_i}{\sum \tau_i}, \text{ км/год.} \quad (3.3)$$





Мал. 4. Визначення середньої максимально можливої швидкості ПА

#### **4. Визначення напору і подачі при роботі насосно-рукавної системи**

Для визначення подачі і напору необхідно побудувати характеристику насосу  $H = f(Q)$  і характеристику рукавної систем  $h_r = f(Q)$ . Значення  $H$  і  $h_r$  необхідно розрахувати для п'яти точок інтервалі зміни подачі ( $Q$ ) від 0 до 50 л/сек.

При проведенні розрахунків насосно-рукавних систем доцільно використовувати аналітичні вирази характеристик. Якщо залежність  $Q - H$  вважати параболою, то головну робочу характеристик відцентрового насосу (ПН-40УВ, НВП-40/100) можна виразити рівнянням:

$$H_i = 110,6 - 0,0098 \cdot Q_i^2 \quad , \text{ м} \quad (4.1)$$

Втрати напору в рукавній системі визначаються як:

$$h_p = S_{\text{сист}} Q^2 + Z, \text{ м} \quad (4.2)$$

$Z$  - висота підйому пожежних стволів, м; (таблиця 2)

$S_{\text{сист}}$  - опір насосно-рукавної системи,  $\text{с}^2 \text{ м/л}^2$ .

Отримані результати розрахунків зображають графічно першому квадранті (мал. 5). Таким чином, для визначення дійсної подачі  $Q$  і напору  $H$  необхідно сумістити на одному графіку характеристики мережі і насосу (побудувати робочу точку насос при номінальній частоті обертання валу насосу).

## **5. Визначення напору і подачі насосно-рукавної системи**

### **при збільшенні частоти обертання валу насосу**

Для визначення параметрів  $Q$  і  $H$  в насосно-рукавній системі при роботі насосу з частотою обертання на 10 % більше номінальної, необхідно побудувати характеристику

$$H_2 = f(Q_2) \quad (5.1.)$$

В цьому випадку використовується залежність з теорії подібності відцентрових насосів.

Зміна частоти обертання валу відцентрового насосу приводить до зміни його параметрів.

$$\frac{H_i}{H_{2i}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad (5.2.)$$

та

$$\frac{Q_i}{Q_{2i}} = \frac{n_1}{n_2} \quad (5.3.)$$

Використовуючи раніше прийняті значення  $Q$  і  $H$  отримані значення визначають  $Q_{2i}$  і  $H_{2i}$ .

Розраховані величини нанести на графік і з'єднати їх плавною кривою. Отримаємо характеристику насосу при обертанні валу  $n_2$ .

Перетин графічних залежностей  $H_2=f(Q_2)$  і  $h_p=f(Q)$  покаже значення робочої точки насосно-рукавної системи для повної частоти обертання (мал 5. перший квадрант).

## **6. Оцінка можливості роботи двигуна з насосом**

Для оцінки можливості роботи двигуна ПА з насосом, що працює з вибраною рукавною системою і частотою обертання  $n_1$  та  $n_2$  необхідно розглянути сумісну її роботу.

Для цього необхідно визначити потужність при частоті обертання  $n_i$ :

$$N_{ni} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{1i} \cdot H_{1i}}{\eta_n} \quad , \text{кВт} \quad (6.1.)$$

$\rho$  - густина води ( $\rho > H_2O = 10^3 \text{ кг/м}^3$ );

$g$  - прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ ;

$\eta_n$  - коефіцієнт корисної дії насосу.

Коефіцієнт корисної дії  $\eta_n$  враховує гідравлічні, об'ємні і механічні втрати.

Для розрахунків  $\eta_n = 0.63$  (ПН-40УВ)

$$\eta_n = 0.65 \text{ (НВП-40/100)}$$

$$\eta_n = 0.68 \text{ (НВП-40/100-4/400)}$$

Потужність, що відбирається від двигуна на привід пожежного насосу, повинна враховувати втрати з урахуванням трансмісії. Ця потужність на первинному валу коробки передач  $N_{пні}$  визначається по формулі:

$$N_{пні} = \frac{N_{ni}}{\eta_{тр}} \quad , \text{кВт} \quad (6.2.)$$

$\eta_{TP}$  - коефіцієнт корисної дії трансмісії.

Коефіцієнт корисної дії трансмісії  $\eta_{TP}$  враховує механічні втрати в зчепленні зубчатих коліс коробки відбору потужностей, на тертя в підшипниках, карданному валу, проміжних опорах.

Для розрахунків  $\eta_{TP} = 0.86$ .

Залежність  $N_{ПН1} = f(Q_1)$  будується в четвертому квадранті (мал. 5). Для побудови  $N_{ПН2} = f(Q_2)$  при частоті обертання на 10 % більше номінальної використовується формула теореми подібності:

$$\frac{N_{ПН1}}{N_{ПН2}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

Ця крива також будується в четвертому квадранті (мал. 5). Щоб визначити, достатньо чи недостатньо потужності двигуна з урахуванням його зносу з параметрами  $Q_1, H_1$  і  $Q_2, H_2$  необхідно побудувати в третьому квадранті зовнішню швидкісну характеристику двигуна з урахуванням втрат на привід агрегатів та зносу двигуна, яка визначається по формулі:

$$N_{дв2}^i = K_k \cdot K_N \cdot N_e^i, \text{ кВт} \quad (6.3.)$$

$K_k$  - коефіцієнт зменшення стендової характеристики.

Для двовісних автомобілів  $K_k = 0.88$

Для багатовісних автомобілів  $K_k = 0.85$

Щоб оцінити можливість роботи двигуна, що має потужність  $N_{дв2}$  і частоту обертання валу насоса  $n_1$  і  $n_2$  для конкретної насосно-рукавної системи необхідно:

1. З точки  $Q_2$  провести пряму лінію до перетину з графіком  $N_{ПН2} = f(Q_2)$ . Отримаємо значення потужності, що відбирається від двигуна на привід насоса з частотою обертання на 10 % більше номінальної ( $n_2$ ).

2. Частота обертання валу двигуна  $n_{дв2}$  для приводу насоса з частотою  $n_2$  визначається по формулі:

$$n_{дв2} = n_2 i_{КВП}, \text{ об/хв} \quad (6.4.)$$

При сумісній роботі двигуна з відцентровим насосом враховується, що в звичайних умовах експлуатації двигун повинен працювати переважно в режимі середніх обертів, двигун не розрахований на роботу в режимах, близьких до максимальних, тобто передбачається запас потужності і частоти обертання.

Для збільшення строку служби двигуна рекомендується приймати значення частоти обертання (0.7...0.8)  $n_{max}$ , в цьому випадку запас потужності в робочому режимі повинен бути на менше 8 % від значення номінальної потужності, що вживає насос.

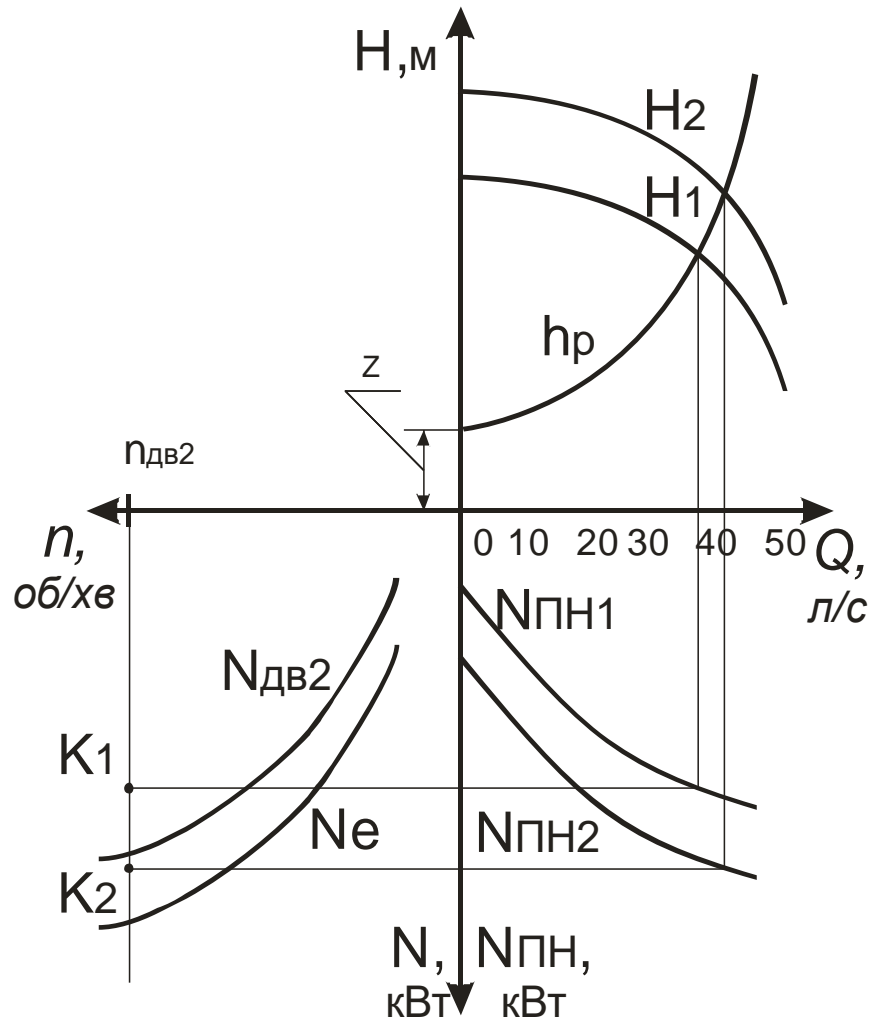
Передаточне відношення коробки відбору потужності визначається по формулі:

$$i_{КВП} = \frac{n_{дв}}{n_1} = \frac{0.75 \times n_{max}}{n_1} \quad (6.5.)$$

На осі абсцис в третьому квадранті (мал.5) в масштабі відкласти значення отриманої частоти обертання валу двигуна  $n_{дв2}$  і з цієї точки провести пряму лінію, паралельну вісі

ординат до перетинання з прямою, проведеною з точки  $N_{пн2}$ . Точка перетину цих ліній ( $K$ ) вказує на роботу двигуна з вибраною насосно-рукавною системою.

Якщо точка ( $K_1$ ) (мал. 5 третій квадрант) знаходиться вище графіка потужності  $N_{дв2} = f(n_{дв2})$ , то такий двигун в стані забезпечити роботу заданої насосно-рукавної системи. Якщо точка ( $K_2$ ) знаходиться під графіком потужності, то робота заданої насосно-рукавної системи неможлива. В такому випадку необхідно надати свої пропозиції щодо узгодження можливостей роботи двигуна автомобіля та обраної насосно-рукавної системи.



Мал. 5. Характеристика насосів і двигуна ПА

## ЛІТЕРАТУРА

1. М.Д. Безбородько и др. "Пожарная техника", М., ВИПТШ МВД СССР, 1989.
2. Краткий автомобильный справочник НИИАТ - М., Транспорт, 1985.
3. П.И. Бортницкий, В.И. Задорожный "Тягово-скоростные качества автомобилей. Справочник" - Киев, "Вища школа", 1978.
4. Н.А. Бухарин и др. "Автомобили" - Л., Машиностроение, 1973.
5. А.Ф. Иванов "Пожарная техника. Часть I: Пожарно-техническое оборудование" - М., Стройиздат, 1988.
6. А.Ф. Иванов "Пожарная техника. Часть II: Пожарные автомобили" - М., Стройиздат, 1988.
7. Пожарная техника. Каталог-справочник, М., ЦНИИТЭ Строймаш, 1974.
8. В.П. Алексеев, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др. "Двигатели внутреннего сгорания"., М., Машиностроение, 1980.
9. Ларін О.М., Мисюра М.І., Кривошей Б.І., Воробйов О.В. Пожежна та аварійно-рятувальна техніка. Частина 1. Конструкції базових шасі та матеріали, які використовують при виготовленні пожежної та аварійно-рятувальної техніки. Навчальний посібник. –Х.: УЦЗУ, 2007. – 937с.