

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Експлуатація та ремонт рухомого складу»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольної роботи

**"ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ
РОБОТИ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ"**

з дисципліни

"ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ"

Харків 2011

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Експлуатація та ремонт

рухомого складу" 7 вересня 2009 р., протокол № 2.

Методичні вказівки призначені для студентів заочної форми навчання спеціальності 7.100501 "Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту (Локомотиви)", які вивчають дисципліну "Двигуни внутрішнього згоряння".

Укладачі:

проф. С.Г. Жалкін,
доц. Д.С. Жалкін

Рецензент

В.Б. Бойчук (начальник локомотивного депо
ст. Основа Південної залізниці)

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольної роботи

"ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ
РОБОТИ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ"
з дисципліни "Двигуни внутрішнього згоряння"

Відповідальний за випуск Максимов М.В.

Редактор Третьякова К.А.

Підписано до друку 28.09.09 р.
Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 0,5 Обл.-вид.арк. 0,75.
Замовлення № Тираж 75. Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК 2874 від 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків - 50, майл. Фейербаха, 7

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра "Експлуатація та ремонт рухомого складу"

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольної роботи

**"ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ
РОБОТИ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ"**

**з дисципліни "Двигуни внутрішнього згоряння"
для студентів спеціальності 7.100501 "Рухомий склад
та спеціальна техніка залізничного транспорту (Локомо-
тиви)"
заочної форми навчання**

Харків 2011

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Експлуатація та ремонт рухомого складу" 7 вересня 2009 р., протокол № 2.

Методичні вказівки призначені для студентів заочної форми навчання спеціальності 7.100501 "Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту (Локомотиви)", які вивчають дисципліну "Двигуни внутрішнього згорання".

Укладачі:

проф. С.Г. Жалкін,
доц. Д.С. Жалкін

Рецензент

В.Б. Бойчук (начальник локомотивного депо
ст. Основа Південної залізниці)

ЗМІСТ

	Загальні вказівки	4
	Завдання на контрольну роботу	4
1	Визначення основних показників роботи ДВЗ	7
2	Визначення витрат палива, повітря і газів, що відпрацювали	8
3	Визначення основних показників системи наддування	9
4	Визначення кінематичних характеристик руху поршня	16
	Список літератури	17
	Додаток А. Приклад введення вихідних даних для розрахунку	18
	Додаток Б. Графіки руху, швидкості та прискорення поршня	19
	Додаток В. Розрахунок руху, швидкості та прискорення поршня	20

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Мета виконання контрольної роботи полягає у тому, щоб студент засвоїв методи розрахунку основних показників роботи двигунів внутрішнього згоряння.

Оформлення контрольної роботи має відповідати вимогам [1]. При виборі необхідних розрахункових величин, використанні таблиць, формул, довідкових матеріалів потрібно посилатися на джерела. Рисунки виконуються акуратно на міліметровці або друкуються на принтері; на осях координат повинні бути вказані буквені позначення величин, що відкладаються з розмірами, і числові шкали цих розмірів. У роботі для всіх розмірних величин застосовується Міжнародна система одиниць вимірів (СВ). Формули необхідно писати в загальному вигляді, підставляти в них числові значення і без проміжних обчислень наводити лише заключний результат. Буквені позначення, що входять у формули, пояснюються. Всі обчислення потрібно робити з точністю до трьох значущих цифр.

Контрольна робота обов'язково підписується студентом.

ЗАВДАННЯ НА КОНТРОЛЬНУ РОБОТУ

У контрольній роботі визначаються основні показники роботи двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) [2-4], його агрегатів наддування та розраховуються кінематичні характеристики руху поршня, які зображуються на рисунку.

Вихідні дані:

N_e - ефективна потужність дизеля, кВт;

τ - тактність;

i - кількість циліндрів;

n - частота обертання колінчатого вала, хв^{-1} ;

D, S - діаметр циліндра і хід поршня, м;

g_e - питома ефективна витрата палива, $\text{кг/кВт}\cdot\text{год}$;

φ - коефіцієнт продування;

η_m – механічний коефіцієнт корисної дії (ККД) дизеля;

λ - відношення радіуса кривошипа до довжини шатуна;

α - коефіцієнт надлишку повітря для згорання.

Числові значення цих величин вибираються з таблиць 1 і 2 відповідно до останньої і передостанньої цифр навчального шифру студента.

В усіх варіантах завдання прийняти:

- склад дизельного палива у вагових частках: вуглець $C=0,86$; водень $H=0,135$; кисень $O = 0,005$;
- нижчу теплоту згорання дизельного палива $H_u = 42500$ кДж/кг;
- коефіцієнт наповнення: $\eta_v=0,85$ - для чотиритактного дизеля; $\eta_v=0,80$ - для двотактного дизеля;
- частку тепла, загублену в системі охолодження дизеля, $\omega=0,14$;
- внутрішній ККД турбіни турбокомпресора, $\eta_{тi}=0,75$;
- адіабатичний ККД відцентрового компресора, що приводиться від турбіни або колінчастого вала, $\eta_{кад}=0,79$;
- механічний ККД турбокомпресора, $\eta_{тм}=0,96$;
- температуру повітря у повітряному ресивері дизеля, $t_k=60^\circ\text{C}$.

Примітка - У завданні скрізь буквою T позначена температура в кельвінах, K , а буквою t - в градусах Цельсія, $^\circ\text{C}$, при цьому $T= t+273$.

Таблиця 1- Вихідні дані

Параметр	Остання цифра шифру (варіант завдання)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N_e	880	880	1470	1470	2200	2205	2205	2940	2200	990
τ	4	4	4	2	4	2	2	4	4	4
i	6	8	12	12	16	10	16	16	16	12
n	750	1000	1000	750	1000	850	750	1000	1000	750
D	0,31	0,26	0,25	0,23	0,26	0,207	0,23	0,26	0,26	0,26
S	0,33	0,26	0,27	0,3	0,26	0,2×25	0,3	0,26	0,27	0,27
g_e	0,23	0,210	0,201	0,238	0,211	0,2312	0,224	0,211	0,20	0,21
φ	1,05	1,05	1,2	1,5	1,05	1,5	1,5	1,12	1,25	1,2
η_m	0,81	0,85	0,88	0,82	0,87	0,81	0,82	0,87	0,88	0,87

Таблиця 2 – Вихідні дані

Параметри	Передостання цифра шифру (варіант завдання)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1	2,1	2,0	1,9	2,1	2,1
λ	1/4,3	1/3,3	1/4,4	1/4,1	1/3,2	1/5	1/4,2	1/3,1	1/4,4	1/4,4

У контрольній роботі необхідно:

1 Визначити основні показники роботи дизеля: середній ефективний та індикаторний тиск; ефективний та індикаторний ККД; питому індикаторну витрату палива.

2 Визначити витрати палива, повітря і газів, що відпрацювали: годинну витрату палива дизелем і витрату за кожен цикл; витрату повітря; кількість газів, що відпрацювали.

3 Визначити основні показники системи наддування: температуру газів дизеля, що відпрацювали, перед турбіною; тиск повітря перед впускними органами дизеля і тиск газів перед турбіною; ступінь підвищення тиску повітря у компресорі і зниження тиску газів у турбіні; потужності компресора і турбіни; зниження температури повітря у холодильнику.

4 Вибрати та відобразити на рисунку схему наддування відповідно до заданої тактності дизеля.

5 Визначити кінематичні характеристики руху поршня: шлях s , швидкість v і прискорення j поршня залежно від кута оберту колінчастого вала; середню швидкість поршня.

6 Зробити рисунок із залежностями s , v , j від кута оберту кривошипа колінчастого вала.

Розрахунки за пп. 4, 5 виконуються на електронно-обчислювальних машинах (ЕОМ).

1 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДВЗ

Середній ефективний тиск P_e , МПа,

$$P_e = \frac{N_e \cdot 0,03\tau}{V_h i n}, \quad (1)$$

де N_e, i, n, τ - задані (див. таблицю 1);

V_h - робочий об'єм одного циліндра, м³,

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} S.$$

Примітка - Для двотактного дизеля з поршнями, що зустрічно рухаються (таблиця 1, варіант 5), підставляється подвійний хід поршня.

Середній індикаторний тиск P_i , МПа,

$$P_i = \frac{P_e}{\eta_m}. \quad (2)$$

Ефективний ККД η_e

$$\eta_e = \frac{3600}{H_u g_e}. \quad (3)$$

Індикаторний ККД η_i

$$\eta_i = \frac{\eta_e}{\eta_m}. \quad (4)$$

Питома індикаторна витрата палива g_i , кг/кВт·год,

$$g_i = \frac{3600}{H_u \eta_i} \quad \text{або} \quad g_i = g_e \eta_m. \quad (5)$$

2 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА, ПОВІТРЯ І ГАЗІВ, ЩО ВІДПРАЦЮВАЛИ

Годинна витрата палива дизелем B_G , кг/год,

$$B_{\dot{A}} = g_e N_e, \quad (6)$$

де g_e - питома ефективна витрата палива, кг/кВт·год.

Кількість палива, поданого в циліндр за кожний цикл g_u , кг/цикл,

$$g_u = \frac{B_{\dot{A}} \cdot \tau}{120ni}. \quad (7)$$

Теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1 кг палива:

$$L_o = \frac{1}{0,21} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) \frac{\text{кмоль}}{\text{кг}};$$

$$L'_o = m_B L_o = 28,95 L_o \text{ кг/кг},$$

де $m_B = 28,95$ - молекулярна маса повітря.

Сумарний коефіцієнт надлишку повітря

$$\alpha_{\Sigma} = \varphi \alpha.$$

Витрата повітря дизелем G_B , кг/с,

$$G_{\dot{A}} = \frac{\alpha_{\Sigma} L'_o B_{\dot{A}}}{3600}. \quad (8)$$

Кількість газів, що відпрацювали, G_G , кг/с,

$$G_{\dot{A}} = \frac{(\alpha_{\Sigma} L'_o + 1) B_{\dot{A}}}{3600}. \quad (9)$$

Кількість продуктів згорання на 1 кг палива M_G , кмоль/кг,

$$M_G = (\alpha_{\Sigma} - 0,21) L_o + \frac{C}{12} + \frac{H}{2}.$$

Молекулярна маса газів, що відпрацювали, m_{Γ} , кг/кмоль,

$$m_{\Gamma} = \frac{\alpha_{\Sigma} L_o' + 1}{M_{\Gamma}}. \quad (10)$$

3 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ СИСТЕМИ НАДДУВАННЯ

Температура газів дизеля, що відпрацювали, перед турбіною t_{Γ} (рисунок 1), °С,

$$t_{\Gamma} = \frac{H_u(1 - \eta_i - \varpi) + c_{pB} \alpha_{\Sigma} L_o' t_k}{(\alpha_{\Sigma} L_o' + 1) c_{p\Gamma}}, \quad (11)$$

де c_{pB} , $c_{p\Gamma}$ - відповідно середні вагові теплоємності повітря (при температурі t_k) і газів, що відпрацювали (при температурі t_{Γ}); інші величини визначені раніше або беруться із завдання.

Значення середніх вагових теплоємностей, кДж/кг·град:

$$c_{pB} = \frac{8,314 + 20,93 + 2,093 \cdot 10^{-3} t}{m_B};$$

$$c_{p\Gamma} = \frac{8,314 + 21 + \frac{2,135}{\alpha_{\Sigma}} + \left(213,5 + \frac{92}{\alpha_{\Sigma}} \right) 10^{-5} t}{m_{\Gamma}},$$

де m_B, m_{Γ} - молекулярні маси повітря і газів (див. п.2);

t - температури, при яких визначаються теплоємності, тобто t_k для c_{pB} і t_{Γ} для $c_{p\Gamma}$, °С.

Через те, що в рівняння (11) входить значення $c_{p\Gamma}$, яке залежить від t_{Γ} , то для його розв'язання можна використовувати один із таких способів:

1 Підставивши у вираз для $c_{p\Gamma}$ значення α_{Σ} та m_{Γ} , одержимо лінійну залежність $c_{p\Gamma} = f(t_{\Gamma})$; після підстановки цієї залежності в рівняння (11) будемо мати квадратне рівняння відносно t_{Γ} , яке розв'язується відомими методами.

2 Приймаючи наближене значення t_T , обчислюють $c_{pг}$, а потім із рівняння (11) - t_T ; якщо різниця між прийнятим і обчисленим $t_T > 20^\circ$, то за обчисленим t_T знову визначають $c_{pг}$, а потім t_T і т.д. до точності в заданих межах (20°).

Приклад. Визначити t_T при таких вихідних даних (за завданням і раніше обчислених): $\eta_i = 0,45$; $\alpha_\Sigma = 2,21$; $L'_o = 14,5$; $m_T = 28,97$; $t_K = 60^\circ\text{C}$.

Використовуємо другий спосіб визначення t_T . Для чого в першому наближенні задаємо $t_T = 500^\circ\text{C}$. Обчислюємо:

$$c_{pB} = \frac{8,314 + 20,93 + 2,093 \cdot 10^{-3} \cdot 60}{28,95} = 1,014 \text{ кДж / кг} \cdot \text{град};$$

$$c_{pг} = \frac{8,314 + 21 + \frac{2,135}{2,21} + \left(213,5 + \frac{92}{2,21}\right) 10^{-5} \cdot 500}{28,97} = 1,089 \text{ кДж / кг} \cdot \text{град};$$

$$t_{\dot{O}} = \frac{42500 \cdot (1 - 0,46 - 0,14) + 1,014 \cdot 2,21 \cdot 14,5 \cdot 60}{(2,21 \cdot 14,5 + 1) \cdot 1,089} = 526^\circ\text{C}.$$

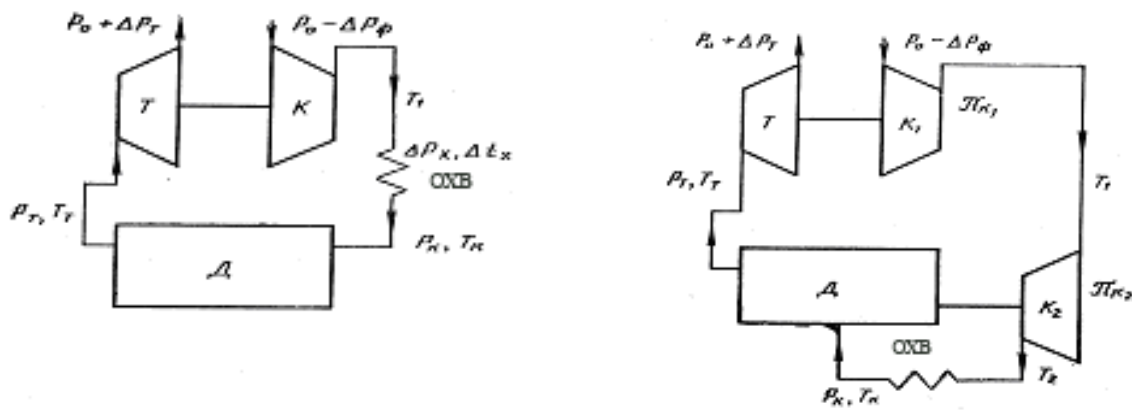
Розрахункова температура 526°C значно відрізняється від прийнятої 500°C . Приймаємо $t_T = 526^\circ\text{C}$ і обчислюємо: $c_{pг} = 1,091$; $t_T = 525^\circ\text{C}$.

Збіжність прийнятої і розрахункової температури достатня, тому $t_T = 526^\circ\text{C}$.

Температура газів, що відпрацювали, перед турбіною, K ,

$$T_T = (t_T + 273),$$

де t_T - обчислено з рівняння (11).



а) чотиритактного;

б) двотактного;

Д - дизель; Т - турбіна; К, К₁, К₂ - компресори;
 ОХВ - охолоджувач наддувального повітря

Рисунок 1 – Схеми наддування тепловозних дизелів

Тиск повітря перед впускними органами циліндра дизеля P_k , МПа,

$$P_k = \frac{g_u \alpha L_o 8314 T_k}{\eta_v V_h \cdot 10^6},$$

де η_v, α, T_k - приймаються із завдання, при цьому $T_k = (t_k + 273)$ К;

g_u, L_o, V_h - обчислені раніше.

Сумарний ступінь підвищення тиску повітря в агрегатах наддування

$$\pi_{\kappa\Sigma} = \frac{P_k + \Delta P_x}{P_o - \Delta P_\phi}, \quad (12)$$

де $P_o = 0,1013$ - стандартний атмосферний тиск, МПа;

$\Delta P_x, \Delta P_\phi$ - відповідно опір холодильника наддувального повітря і фільтра повітря на вході в агрегати наддування; можна прийняти $\Delta P_x = \Delta P_\phi = 0,003$ МПа.

Тиск газів перед турбіною для чотири- і двотактних ди-

зелів визначається різноманітними способами.

У чотиритактному дизелі видалення газів, що відпрацювали, із циліндра проводиться дією поршня, що виштовхує їх за такт випускання, і на співвідношення тисків P_k та P_T можна не накладати обмежень. Дизель може бути забезпечений повітрям за рахунок роботи одного турбокомпресора (привідний компресор відсутній): турбіна працює на газах, що відпрацювали, і її потужність витрачається на привід компресора (рисунок1, а).

У цьому випадку ступінь зниження тиску газів у турбіні π_T визначається з перетвореного рівняння балансу потужності турбіни і компресора

$$\frac{1}{\pi_T^{\frac{\kappa_T-1}{\kappa_T}}} = 1 - \frac{\kappa}{\kappa_T} \cdot \frac{\kappa_T - 1}{\kappa - 1} \cdot \frac{RT_o}{R_T T_T} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{\alpha_\Sigma L_o}} \cdot \frac{\pi^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1}{\eta_{TK}}, \quad (13)$$

де κ, κ_T - показники адіабат повітря і газів, що відпрацювали;

R, R_T - газові сталі повітря і газів;

T_o - 293К - стандартна температура зовнішнього повітря;

η_{TK} - ККД турбокомпресора;

$\pi_{k\Sigma}, T_T, \alpha_\Sigma L_o$ - визначені раніше.

Можна прийняти: $\kappa=1,4$; $\kappa_T=1,34$; $R=0,287$ кДж/кг·К;
 $R_T=8,314$ /м²;

$$\eta_{TK} = \eta_{\pi} \eta_{кад} \eta_{ТМ},$$

де $\eta_{\pi}, \eta_{кад}, \eta_{ТМ}$ - приймаються із завдання.

З рівняння (12) визначається π_k .

Тиск газів, що відпрацювали, перед турбіною P_T , МПа,

$$P_T = \pi_T (P_o + \Delta P_T), \quad (14)$$

де $P_o = 0,1013$ - стандартний атмосферний тиск, МПа;

$\Delta P_T=0,002$ - опір виходу газів із турбіни, МПа.

У двотактному дизелі з метою здійснення продування і очищення циліндра від газів, що відпрацювали, тиск повітря перед впускними органами повинен бути більше тиску газів перед турбіною, тобто $P_K > P_T$.

Можна прийняти $P_T = 0,8P_K$ МПа, де P_K - обчислено раніше.

Далі при відомому P_T визначають π_T із виразу (14), а шляхом розв'язання рівняння (13) обчислюють π_K .

Для двотактного дизеля визначене з рівняння (13) значення π_K зображує ступінь підвищення тиску повітря у 1-му ступені наддування (рисунок 1,б), тобто $\pi_{K1} = \pi_K$. Ступінь підвищення тиску повітря у 2-му ступені - компресорі, що приводиться від колінчастого вала дизеля, визначається з виразу

$$\pi_{K2} = \frac{\pi_{K\Sigma}}{\pi_{K1}}$$

Ефективна потужність газової турбіни N_T , кВт,

$$N_T = G_T^c \eta_T \eta_{TM} \frac{k_T}{k_T - 1} R_T T_T \left(1 - \frac{1}{\pi_T^{\frac{k_T-1}{k_T}}} \right)$$

Потужність, споживана компресором, N_K , кВт,

$$N_K = G_B^c \frac{\kappa}{\kappa - 1} R T_0 \left(\pi_K^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right) \frac{1}{\eta_{КАД}}$$

Всі величини, необхідні для обчислення N_T та N_K , визначені раніше або містяться у завданні. Для двотактного дизеля необхідно обчислити потужність 1-го і 2-го ступенів компресорів відповідно при π_{K1} та π_{K2} .

Перевіркою правильності розрахунків служить рівність $N_T \approx N_K$.

При обчисленні потужності, споживаної компресором 2-го ступеня, необхідно замість температури T_0 підставляти температуру повітря T_1 після стиску на виході з 1-го ступеня.

Температура T_1 , К,

$$T_1 = T_o \left(1 + \frac{\pi_{\kappa 1}^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1}{\eta_{КАД}} \right).$$

Для чотиритактного дизеля у цю формулу замість $\pi_{\kappa 1}$ підставляється значення π_{κ} .

При наявності двох послідовних ступенів стиску температура повітря на виході з 2-го ступеня T_2 , К,

$$T_2 = T_1 \left(1 + \frac{\pi_{\kappa 2}^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1}{\eta_{КАД}} \right),$$

де T_1 - температура повітря на виході з 1-го ступеня;

$\pi_{\kappa 2}$ - ступінь підвищення тиску повітря у 2-му ступені.

Необхідне зниження температури повітря у холодильнику наддувального повітря

$$\Delta t_{\delta} = \dot{Q}_1 - (273 + t_e).$$

При двоступінчастому наддуванні замість T_1 необхідно підставити T_2 .

Приклад. При використанні ЕОМ рівняння (13) розв'язується за допомогою функції $\text{root}(f(x),x)$ системи Mathcad [4], де $f(x)$ – рівняння, що розв'язується; x – приблизне значення.

Àèõ³äí³ ääí³

$$k := 1.4 \quad kt := 1.34 \quad R := 0.287 \quad Rt := 0.287 \quad To := 293 \quad Tt := 785 \quad \eta_{tk} := 0.57$$

$$Loi := 14.5 \quad \alpha_{\Sigma} := 2.21 \quad \Pi k := 1.99 \quad P_0 := 0.1013 \quad \Delta P_t := 0.002$$

Ðîçâ'ÿçàííÿ

$$f(\Pi_t) := 1 - \left(\frac{k}{kt}\right) \cdot \left[\frac{(kt-1)}{k-1}\right] \cdot \left[\frac{(R \cdot To)}{Rt \cdot Tt}\right] \cdot \left[\frac{1}{1 + \left(\frac{1}{\alpha_{\Sigma} \cdot Loi}\right)}\right] \cdot \left[\frac{\left[\frac{(k-1)}{(\Pi k)^k} - 1\right]}{\eta_{tk}}\right] - \frac{1}{\Pi_t \cdot \frac{(kt-1)}{kt}}$$

$$\Pi_t := 2 \quad \text{ïð\`e\`a\`e\`e\`c\`i\`a\` ç\`i\`a\` ÷\`á\`í\`í\`ÿ$$

$$\text{root}(f(\Pi_t), \Pi_t) = 1.68 \quad \Pi_{t1} := \text{root}(f(\Pi_t), \Pi_t) \quad \Pi_t := \Pi_{t1} \quad \Pi_t = 1.68$$

Ò\`e\`n\`e\` â\`³\`ä\`i\`ð\`a\`ö\`ü\`i\`â\`a\`i\`e\`õ\` ã\`à\`ç\`³\`â

$$P_t := \Pi_t \cdot (P_0 + \Delta P_t) \quad P_t = 0.173 \quad .$$

$$\pi_T = 1,68; \quad P_T = 0,173 \text{ МПа.}$$

Приклад. Для двотактного двигателя $P_K = 0,21 \text{ МПа}$; $\alpha_{\Sigma} = 3,2$; $\pi_{K\Sigma} = 2,2$; $T_t = 675 \text{ К}$.

$$P_t = 0,8 \cdot 0,21 = 0,17; \quad \pi_t = \frac{0,17}{0,1013 + 0,002} = 1,65;$$

$$\frac{1}{1,65 \cdot \frac{1,34-1}{1,34}} = 1 - \frac{1,4}{1,34} \cdot \frac{1,34-1}{1,4-1} \cdot \frac{0,287 \cdot 293}{0,287 \cdot 675} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{3,2 \cdot 14,5}} \cdot \frac{\pi_{K1}^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1}{0,57};$$

$$0,881 = 1 - 0,663(\pi_{K1}^{0,286} - 1); \quad \pi_{K1}^{0,286} = 1,179;$$

$$0,286 \log(\pi_{K1}) = \log 1,179; \quad \log \pi_{K1} = 0,251;$$

$$\pi_{K1} = 10^{0,251} = 1,78; \quad \pi_{K2} = \frac{3,2}{1,78} = 1,23.$$

4 ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РУХУ ПОРШНЯ

Шлях s , швидкість v і прискорення j поршня, м, м/с, м/с²:

$$s \approx R(1 - \cos \varphi + \frac{\lambda}{4}(1 - \cos 2\varphi));$$

$$v \approx R\omega(\sin \varphi + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi); \quad (15)$$

$$j \approx R\omega^2(\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi),$$

де $R = \frac{S}{2}$ - радіус кривошипа (для дизеля з поршнями, що зустрічно рухаються, приймається хід одного поршня), м;

λ - відношення радіуса кривошипа до довжини шатуна (задане);

$\omega = \frac{\pi n}{30}$ - кутова швидкість обертання колінчастого вала, с⁻¹;

S, λ, n - за завданням.

Середня швидкість поршня c_m , м/с,

$$c_m = \frac{S \cdot n}{30}. \quad (16)$$

Залежності s, v, j від кута оберту колінчастого вала φ визначаються за один оберт вала (0°- 360°) через кожні 10-15° та заносяться до таблиці В.1.

Значення s, v, j від кута φ повинні бути подані на рисунку (приклад - рисунок Б.1). При виконанні розрахунків на ЕОМ (приклад розрахунку - додатки А,Б,В) таблицю та рисунок виконують на основі роздруку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Коновалов Є.В., Козар Л.М. Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до побудови, викладення та оформлення: Метод. посібник з додержання вимог нормоконтролю у студентській навчальній звітності. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – 38 с.

2 Тепловозные двигатели внутреннего сгорания: Учебник для вузов / А.Э. Симсон, А.З. Хомич, С.Г. Жалкин и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1987. - 536 с.

3 Локомотивные энергетические установки: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / А.И.Володин, В.З.Зюбанов, В.Д.Кузьмич и др.; Под ред. А.И.Володина. - М.: ИПК "Желдориздат", 2002. – 718 с.

4 Головки В.Ф. Енергетичне обладнання рухомого складу залізниць: Навч. посібник. - Харків: ПП вид. "Нове слово", 2003. - 256 с.

5 Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в Mathcad. Учебный курс. – СПб.: Питер, 2003. – 448 с.

6 Гельман В.Я. Решение математических задач средствами Excel: Практикум. - СПб.: Питер, 2003. - 240 с.

Додаток А

(довідковий)

Приклад введення вихідних даних для розрахунку

	A	B	C
1	Вихідні		дані
2			
3	S,м	D,м	n,хв-1
4	0,26	0,26	1000
5			
6	λ		
7	0,312		

Примітка - Для користування шаблоном, який побудовано у MS "Excel", [6] необхідно відкрити файл з назвою, що відповідає дизелю-прототипу (наприклад, 6D49.XLS). У файлі на аркуші 1 ввести вихідні дані та роздрукувати результати і графіки.

Додаток Б (довідковий)

Графіки руху, швидкості та прискорення поршня

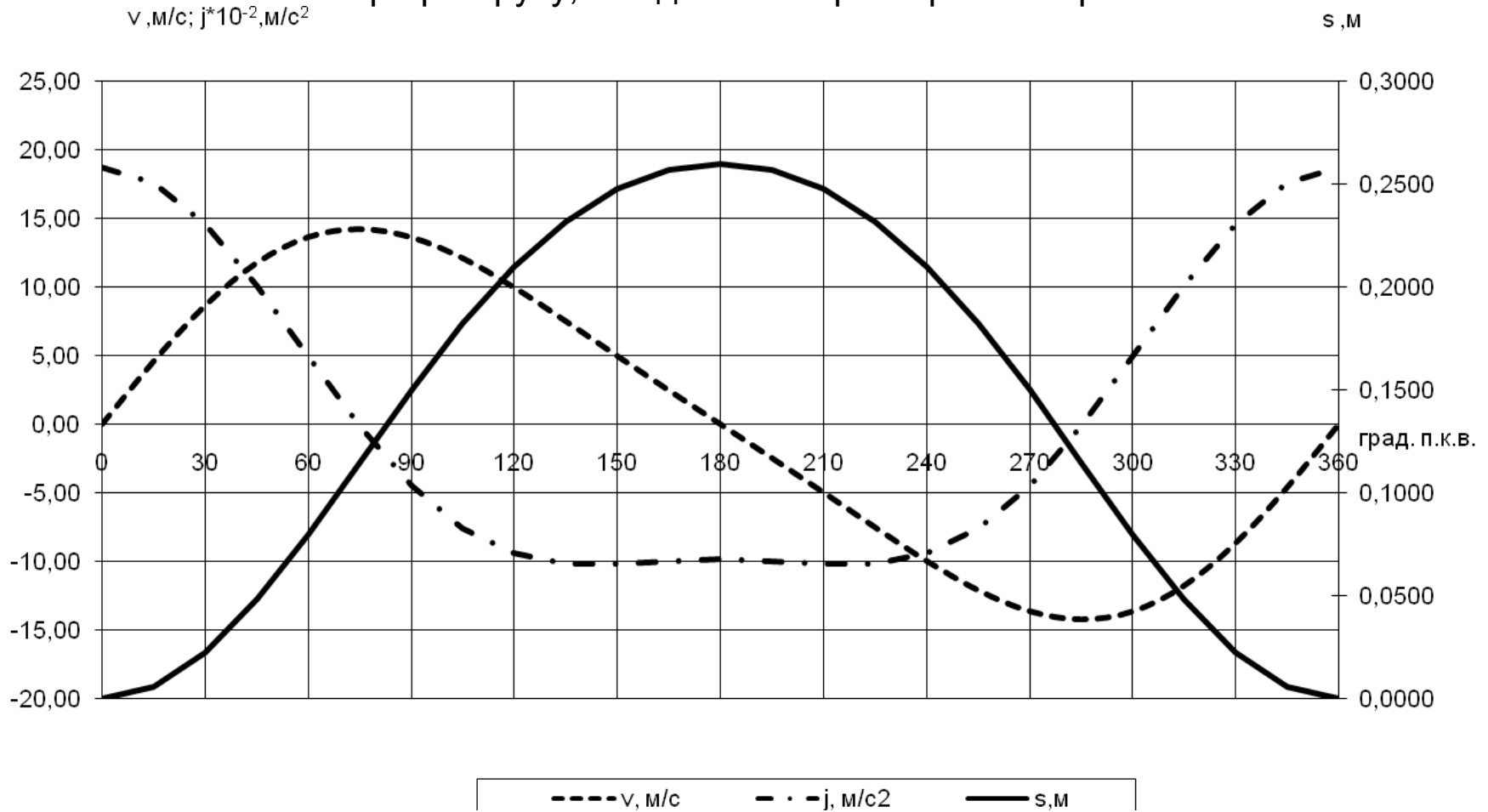


Рисунок Б.1 – Рух, швидкість та прискорення поршня

Додаток В (довідковий)

Розрахунок руху, швидкості та прискорення поршня

Таблиця В.1 – Розрахунок руху, швидкості та прискорення поршня

φ , град	λ	$\lambda/2$	$\lambda/4$	R, м	ω , c^{-1}	$\cos \varphi$	$\cos 2\varphi$	$\sin \varphi$	$\sin 2\varphi$	s, м	v, м/с	j, m/c^2
0	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	1782,01
15	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	0,9659	0,8660	0,2588	0,5000	0,0055	4,37	1685,69
30	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	0,8660	0,5000	0,5000	0,8660	0,0215	8,28	1412,82
45	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	0,7071	0,0000	0,7071	1,0000	0,0462	11,33	1008,06
60	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	0,5000	-0,5000	0,8660	0,8660	0,0772	13,26	534,60
75	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	0,2588	-0,8660	0,9659	0,5000	0,1115	14,00	60,32
90	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	0,0000	-1,0000	1,0000	0,0000	0,1463	13,61	-356,40
105	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	-0,2588	-0,8660	0,9659	-0,5000	0,1788	12,30	-677,63
120	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	-0,5000	-0,5000	0,8660	-0,8660	0,2072	10,32	-891,01
135	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	-0,7071	0,0000	0,7071	-1,0000	0,2300	7,92	-1008,06
150	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	-0,8660	0,5000	0,5000	-0,8660	0,2466	5,33	-1056,41
165	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	-0,9659	0,8660	0,2588	-0,5000	0,2567	2,67	-1068,38
180	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	-1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,2600	0,00	-1069,21
195	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	-0,9659	0,8660	-0,2588	0,5000	0,2567	-2,67	-1068,38
210	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	-0,8660	0,5000	-0,5000	0,8660	0,2466	-5,33	-1056,41
225	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	-0,7071	0,0000	-0,7071	1,0000	0,2300	-7,92	-1008,06
240	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	-0,5000	-0,5000	-0,8660	0,8660	0,2072	-10,32	-891,01
255	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	-0,2588	-0,8660	-0,9659	0,5000	0,1788	-12,30	-677,63
270	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	0,0000	-1,0000	-1,0000	0,0000	0,1463	-13,61	-356,40
285	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	0,2588	-0,8660	-0,9659	-0,5000	0,1115	-14,00	60,32
300	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	0,5000	-0,5000	-0,8660	-0,8660	0,0772	-13,26	534,60
315	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	0,7071	0,0000	-0,7071	-1,0000	0,0462	-11,33	1008,06
330	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	0,8660	0,5000	-0,5000	-0,8660	0,0215	-8,28	1412,82
345	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	0,9659	0,8660	-0,2588	-0,5000	0,0055	-4,37	1685,69
360	0,25	0,125	0,0625	0,13	104,72	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	1782,01

