

Вінницький національний технічний університет

Кафедра автомобілів і транспортного менеджменту

Ілюстративний матеріал
до кваліфікаційної роботи
магістранта на тему:

Покращення екологічних показників роботи автомобілів
автотранспортного підрозділу комунального підприємства
«Вінницяоблводоканал» використанням альтернативних палив

Виконав:

студент, гр.1 АТ 18м

_____ *Соя В.В.*

Керівник: д.т.н., професор

_____ *Біліченко В..В.*

Вінниця 2019

Мета, об'єкт , предмет та завдання дослідження

Мета дослідження: поліпшення паливної економічності та екологічних показників ТЗ застосуванням альтернативних палив шляхом переобладнання рідкопаливних двигунів для роботи на ПГ.

Завдання дослідження:

- 1. Аналіз проблем та перспектив використання альтернативних палив для живлення ТЗ.
- 2. Аналіз структури рухомого складу і виробничо-технічної бази КП «Вінницяоблводоканал»
- 3. Уточнення математичної моделі для оцінювання показників ТЗ в експлуатаційних умовах при роботі на різних видах палива.
- 4. Проведення теоретичних та експериментальні досліджень газового двигуна, переобладнаного з дизеля.
- 5. Технологічний розрахунок виробничо-технічної бази КП «Вінницяоблводоканал»
- 6. Дослідження на математичній моделі паливної економічності та викидів ШР ТЗ в їздовому циклі за умови роботи на різних видах палива.

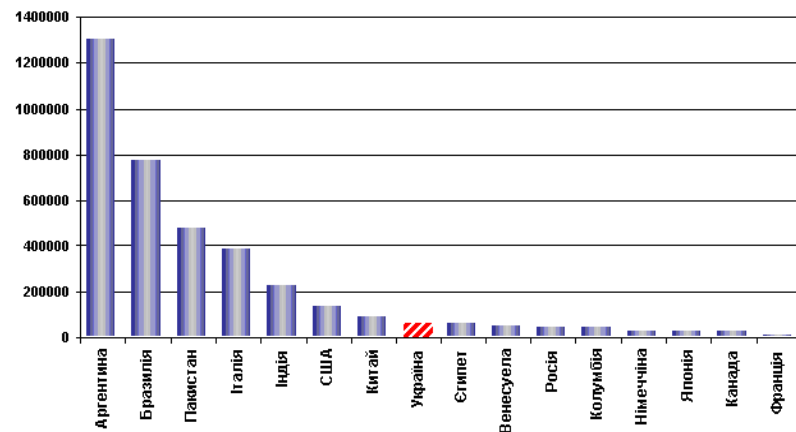
Об'єкт дослідження: паливна економічність та екологічні показники ТЗ при роботі на різних видах палива

Предмет дослідження: вплив виду палива та експлуатаційних факторів на паливну економічність та екологічні показники ТЗ в їздовому циклі.

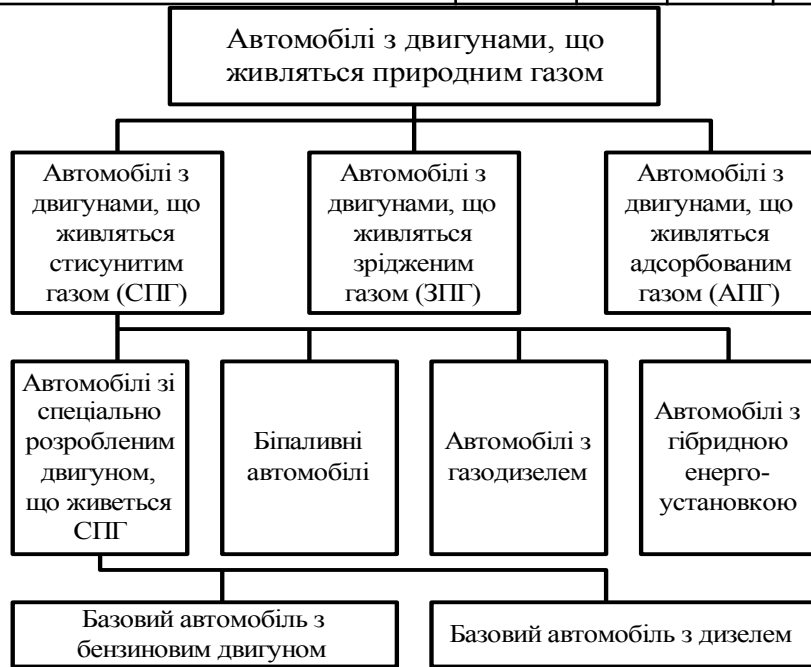
Природний газ як моторне паливо

Фізико-хімічні властивості моторних палив

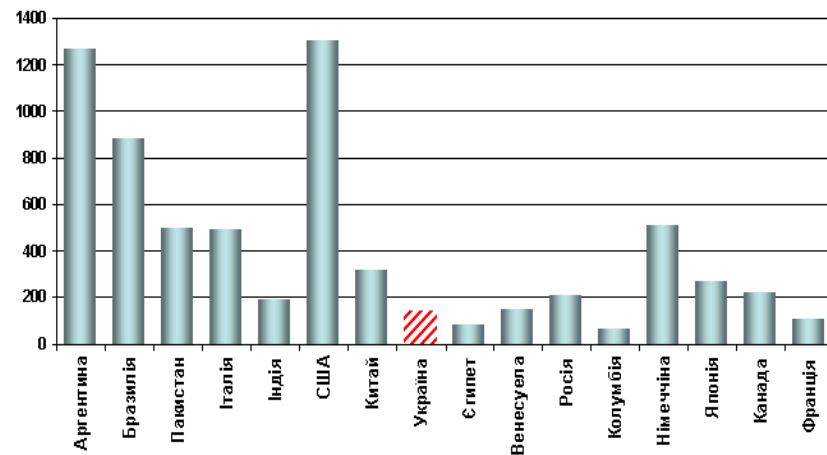
Фізико-хімічні властивості палив	ДП	ЗНГ	ПГ	Бензин
Масові частки елементів:				
Вуглець С	87,0	81,8	76,0	79,3
Водень Н	12,6	18,2	24,0	18
Кисень О	0,4	0	0	2,7
Сірка S	0,2	–	–	0,003
В'язкість кінематична при 20 °С, мм ² /с	3,8	–	–	0,71
Цетанове число	45	–	–	
Октанове число	-	101	110	72-84
Температура самозаймання при p = 1бар, °С	250	435, 5	650	470-530
Температура застигання, °С	-35	–	–	-72
Теплота згоряння нижча Н _{нр} , МДж/кг	42,5	45,7	50	44
Густина при 20 °С, кг/м ³	810...8 90	2,5	0,66	730



Кількість газобалонних автомобілів, од



Класифікація способів переведення рідкопаливних двигунів ТЗ на живлення природним газом



Кількість АГНКС, що забезпечують автомобіля ПГ, од

Екологічні показники ТЗ

3

Розрахункові масові викиди шкідливих речовин за видами палива

Вид палива	Масові викиди шкідливих речовин	
	т	%
Бензин	1 692 410,38	87,72
Дизельне паливо	190 914,68	9,90
Зріджений нафтовий газ	23 120,22	1,20
Стиснутий природний газ	22817,37	1,18

Екологічні показники різних типів двигунів

Тип двигуна	Викиди ШР з відпрацьованими газами, г/км				
	СН	NO _x	SO ₂	СО	CO ₂
Бензиновий	1,03	0,6	0,32	3,27	238
Дизель	0,24	0,56	0,32	0,69	217
Газовий двигун	0,08	0,66	0,25	0,32	170

Компонентний склад викидів шкідливих речовин за типами ТЗ

Тип ТЗ	Шкідливі речовини, т						
	СО	C _m H _n	NO _x	С	SO ₂	Pb	Разом
Вантажні	453 394,30	88 069,86	65 840,42	9 900,22	8 013,96	3,79	625 222,56
Автобуси	148 717,71	29 573,37	15 261,01	1 539,26	1 423,66	1,37	196 516,37
Легкові	86 775,95	16 330,19	5 976,39	51,81	270,86	1,02	109 406,23
Легкові інд	681 019,50	128 387,29	46 629,94	330,48	2 070,60	7,99	858 445,81
Спеціальні	107 470,89	20 062,94	10 439,41	834,64	862,69	1,11	139 671,69
Всього	1 477 378,35	282 423,66	144 147,17	12 656,42	12 641,76	15,28	1 929 262,65

Компонентний склад шкідливих речовин за видами палива різних типів двигунів

Вид палива	Шкідливі речовини, т						
	СО	C _m H _n	NO _x	С	SO ₂	Pb	Разом
Бензин	1344543,50	258687,93	85670,48	0,00	3493,19	15,28	1692410,38
Дизельне	98621,44	15852,48	54652,72	12656,42	9131,62	0,00	190914,68
ЗНГ	18155,86	4347,56	2715,11	0,00	16,96	0,00	23120,22
СПГ	16057,55	3535,68	1108,87	0,00	0,00	0,00	22817,37

Основні залежності для розрахунку паливно-економічних та екологічних показників газобалонного ТЗ

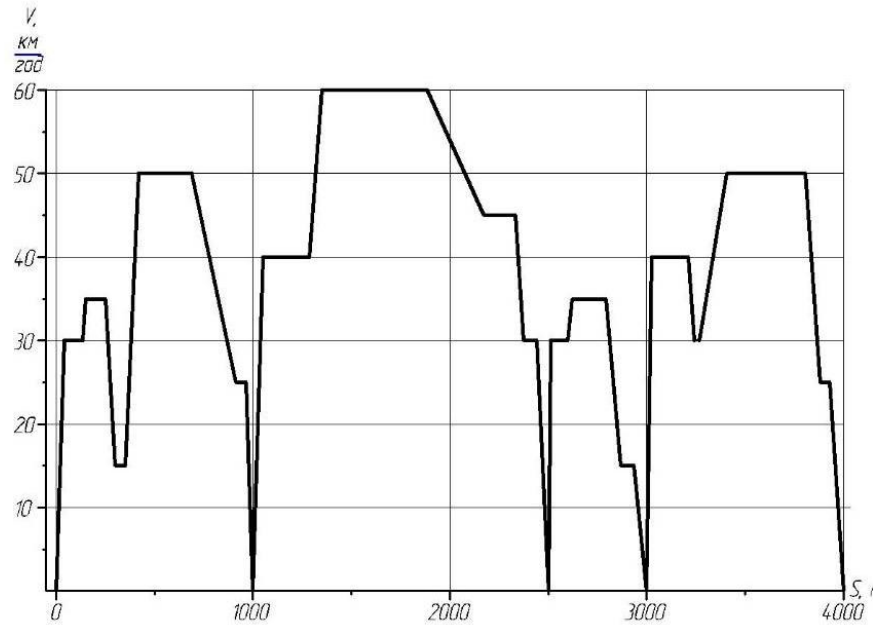


Схема міського їздового циклу

Основні рівняння математичної моделі руху ТЗ за їздовим циклом Розгін двигуна і ТЗ

Розгін двигуна:

$$\frac{dn_{\partial}}{dt} = M_k(n_{\partial}; \Delta p_k; \alpha) \cdot \frac{30}{J_{\partial} \cdot \pi}$$

Ефективний крутний момент:

$$M_k = f(n_{\partial}; \Delta p_k)$$

Розрідження у впускному трубопроводі:

$$\Delta p_k = f(n_{\partial}; \varphi_{\partial p})$$

Положення дросельних заслінок під час розгону:

$$\varphi_{\partial p} = \varphi_{\partial p_{min}} + V_{\partial p} \cdot t$$

Крутний момент двигуна під час роботи в неусталеному режимі:

$$M_{кн} = M_{кy} - \lambda \cdot \frac{dn_{\partial}}{dt} \cdot \frac{\pi}{30}$$

Основні залежності для розрахунку паливно-економічних та екологічних показників газобалонного ТЗ

Рушання ТЗ

Момент опору руху ТЗ:

$$M_{on} = \frac{(m_o + m_e) \cdot (f_o \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha) \cdot r_o \cdot g}{u_i \cdot u_p}$$

Момент інерції зчеплення:

$$J_{au} = \frac{(M_o + M_e) \cdot r_\kappa^2}{u_i \cdot u_p} + \sum_{i=1}^n \frac{J_{ki}}{u_i^2 \cdot u_p^2}$$

Швидкість руху ТЗ:

$$V_{T3} = \frac{n_3 \cdot \pi \cdot r_\kappa}{u_i \cdot u_p \cdot 30}$$

Розгін ТЗ

Рівняння руху ТЗ:

$$\frac{dV_{T3}}{dt} = \frac{1}{\delta \cdot (m_o + m_e) \cdot \left(1 + \frac{\lambda \cdot u_i^2 \cdot u_p^2 \cdot \eta_T}{\delta \cdot (m_o + m_e) \cdot r_\kappa \cdot r_o}\right)} \cdot \left(\frac{M_k \cdot u_i \cdot u_p \cdot \eta_T}{r_o} - P_f \pm P_i - P_w\right)$$

Коефіцієнт, який враховує обертові маси ТЗ:

$$\delta = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n J_{ki}}{(m_o + m_e) \cdot r_o^2} + \frac{J_o \cdot u_i^2 \cdot u_p^2 \cdot \eta_T}{(m_o + m_e) \cdot r_o^2}$$

Сили опору коченню, підйому та повітря:

$$P_f = (m_o + m_e) \cdot f_o \cdot \cos \alpha \cdot g$$

$$P_i = (m_o + m_e) \cdot \sin \alpha \cdot g$$

$$P_w = kF \cdot V_{T3}^2 \cdot g$$

Режим примусового холостого ходу при переключенні передач:

$$\frac{dn_o}{dt_3} = M_m \cdot \frac{30}{J_o \cdot \pi}$$

Усталений рух ТЗ

Необхідний крутний момент двигуна при:

Частота обертання колінчастого вала двигуна:

$$M_\kappa = \frac{[(m_o + m_e) \cdot (f_o \cdot \cos \alpha + f_o \cdot A \cdot V_a^2 \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha) + kF \cdot V_{T3}^2] \cdot r_o \cdot g}{u_i \cdot u_p \cdot \eta_T}$$

$$n_o = \frac{V_{T3} \cdot u_i \cdot u_o \cdot 30}{\pi \cdot r_\kappa}$$

Гальмування ТЗ

Уповільнення в режимі примусового холостого ходу:

Уповільнення з від'єднаним двигуном:

$$\frac{dV_{T3}}{dt} = \frac{1}{\delta \cdot (m_o + m_e)} \cdot \left(\frac{M_m \cdot u_i \cdot u_p}{\eta_T \cdot r_o} - P_f \pm P_i - P_w\right)$$

$$\frac{dV_{T3}}{dt} = \frac{1}{\delta_1 \cdot (m_o + m_e)} \cdot (-P_{f1} \pm P_i - P_w)$$

Основні залежності для розрахунку паливно-економічних та екологічних показників газобалонного ТЗ

7

Загальний вигляд поліноміальної моделі залежно від частоти обертання і розрідження у впускному трубопроводі:

$$G_{\text{газ}}, G_{\text{нов}}, CO, C_m H_n, NO_x = a_0 + a_1 \cdot n_{\text{д}} + a_2 \cdot \Delta p_k + a_3 \cdot n_{\text{д}}^2 + a_4 \cdot \Delta p_k^2 + a_5 \cdot n_{\text{д}} \cdot \Delta p_k.$$

Масові викиди оксиду вуглецю, вуглеводнів і оксидів азоту при роботі двигуна на газовому паливі:

$$\Delta G_{CO} = \frac{28 \cdot CO}{\mu_m} \cdot (0,5535 \cdot G_{\text{нов}} - 0,9992 \cdot G_{\text{газ}}) \cdot \frac{\Delta t}{3,6}.$$

$$\Delta G_{C_m H_n} = \frac{86 \cdot C_m H_n}{\mu_m} \cdot (0,5535 \cdot G_{\text{нов}} - 0,9992 \cdot G_{\text{газ}}) \cdot \frac{\Delta t}{3,6}.$$

$$\Delta G_{NO_x} = \frac{46 \cdot NO_x}{\mu_m} \cdot (0,5535 \cdot G_{\text{нов}} - 0,9992 \cdot G_{\text{газ}}) \cdot \frac{\Delta t}{3,6}.$$

Витрата газу, викиди шкідливих речовин за весь цикл та витрата палива за весь цикл:

$$\Delta G_{\text{газ}} = \frac{G_{\text{газ}} \cdot \Delta t}{3,6}; \quad G_{i_c} = \sum \Delta G_i; \quad G_{\text{газ}_c} = \sum \Delta G_{\text{газ}}.$$

Сумарні масові викиди шкідливих речовин:

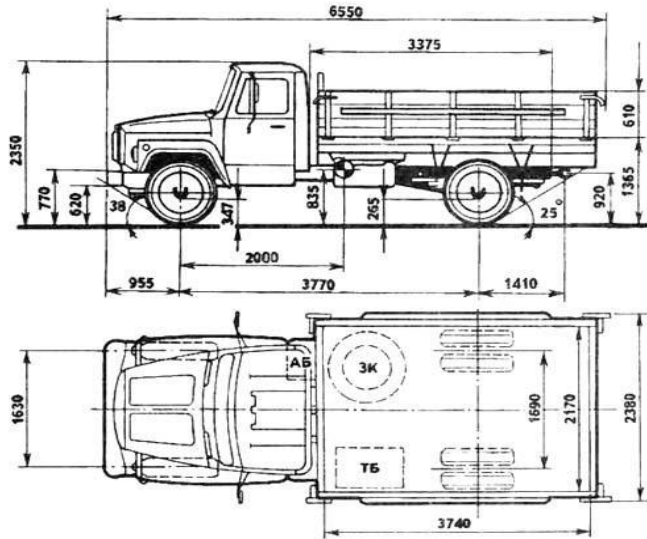
$$G_{\sum CO} = G_{CO} + 3,16 \cdot G_{C_m H_n} + 41,1 \cdot G_{NO_x}.$$

Питомі викиди шкідливих речовин і витрата газу на 1 км (г/км):

$$g_i = \frac{1000 \cdot G_{i_c}}{S}; \quad g_{\text{газ}} = \frac{1000 \cdot G_{\text{газ}_c}}{S}.$$

Питомі викиди шкідливих речовин і витрата газу на 1 м·км транспортної роботи:

$$g_i^i = \frac{1000 \cdot G_{i_c}}{S \cdot (m_{np} + m_e)}; \quad g_{\text{газ}}^i = \frac{1000 \cdot G_{\text{газ}_c}}{S \cdot (m_{np} + m_e)}.$$



Габаритні розміри автомобілів ГАЗ-3307 та ГАЗ-3309

Технічні характеристики автомобілів ГАЗ-3307 та ГАЗ-3309

№ з/п	Найменування показників	Характеристики показників автомобілів	
		ГАЗ-3307	ГАЗ-3309
Загальні дані			
1.	Габаритні розміри, мм: довжина ширина висота (по кабіні)	6330 2700 2350	6436 2700 2350
2.	База, мм:	3770	3770
3.	Повна маса, кг	7850	8180
4.	Вантажопідйомність, кг	4500	4500
5.	Споряджена маса, кг	3450	3550
6.	Максимальна швидкість з повним навантаженням, км/год	90	95
7.	Витрата палива при русі з постійною швидкістю, л/100 км 60 км/год 80 км/год	19,6 26,4	14,5 19,3
8.	Коробка передач	механічна, 5 ступенева	механічна, 5 ступенева

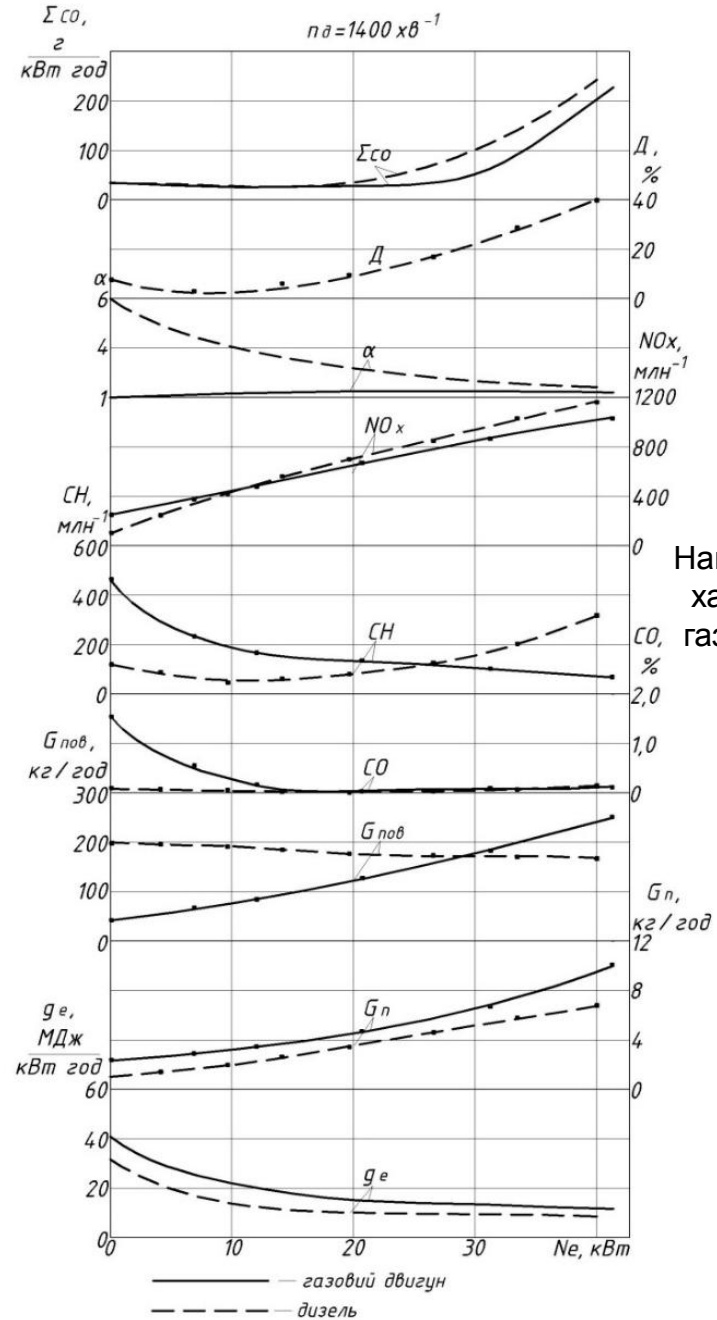
Технічна характеристика двигунів автомобілів ГАЗ

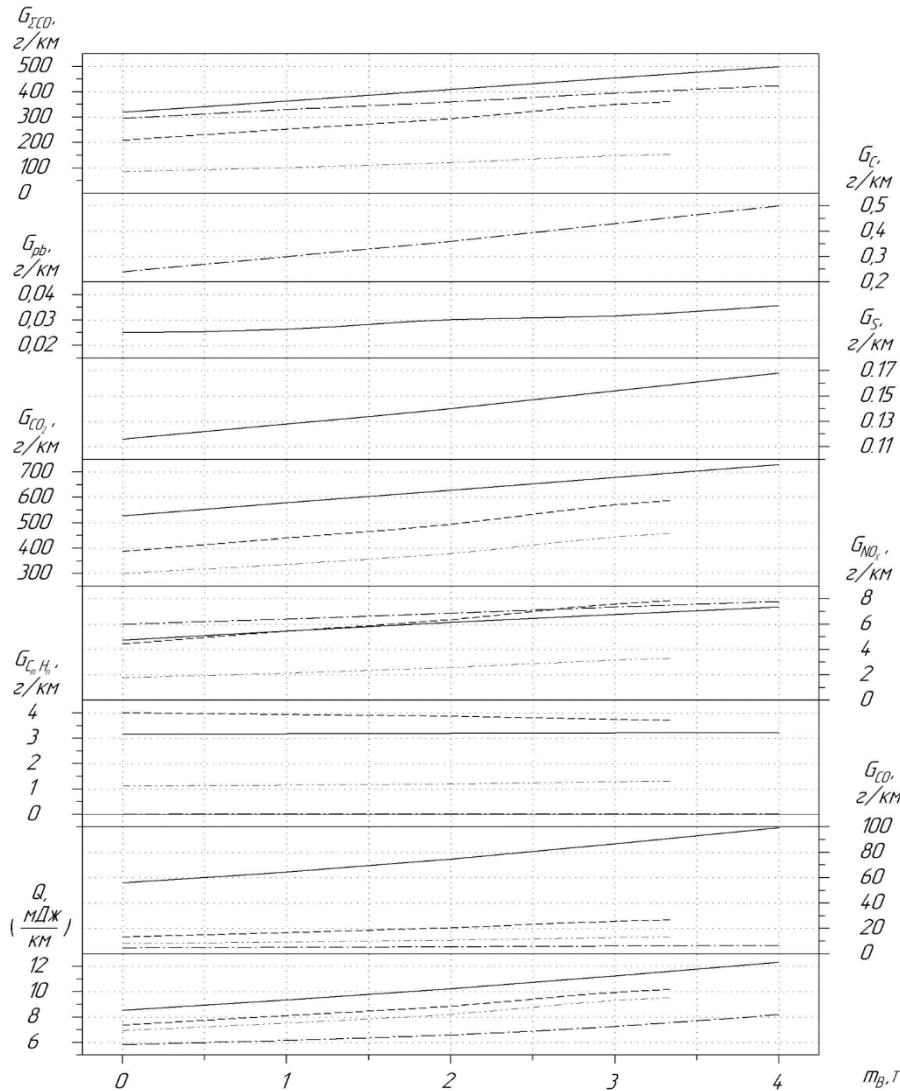
№ з/п	Найменування показників	Характеристики показників двигунів			
		бензиновий	газовий на базі бензинового	дизельний	газовий на базі дизеля
Загальні дані					
1.	Тип	Бензиновий, 4-тактний, карбюраторний	Бензиновий, 4-тактний, карбюраторний	Дизельний, 4-тактний	Газовий, 4-тактний
2.	Число і розміщення циліндрів	8, V-подібне	8, V-подібне	4, рядне	4, рядне
3.	Робочий об'єм, л	4,67	4,67	4,75	4,75
4.	Діаметр циліндра і хід поршня, мм	92/88	92/88	110/125	110/125
5.	Ступінь стиску	7,6	7,6	16	12
6.	Номінальна потужність, кВт	83	74	55,1	57,3
7.	Максимальний крутний момент, Нм	270	240	274	280
8.	Номінальна частота обертання, хв ⁻¹	3200	3200	2200	2200
9.	Спосіб сумішоутворення	зовнішнє	зовнішнє	внутрішнє	зовнішнє
10.	Паливо	бензин	ПГ	ДП	ПГ
11.	Спосіб запалювання пальної суміші	примусове від іскри	примусове від іскри	самозаймання	примусове від іскри

Об'єкт експериментальних досліджень



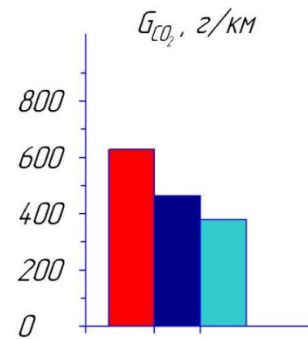
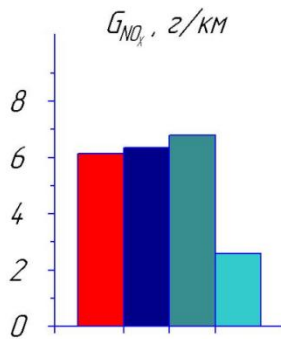
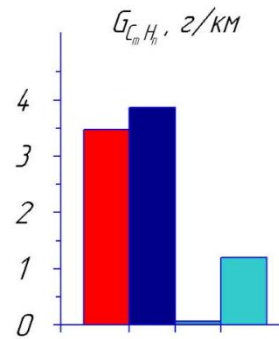
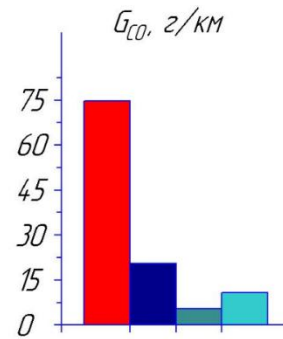
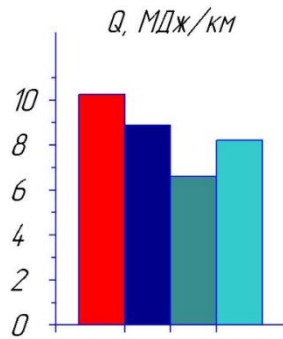
Дизель Д-240, переобладнаний для роботи на ПГ





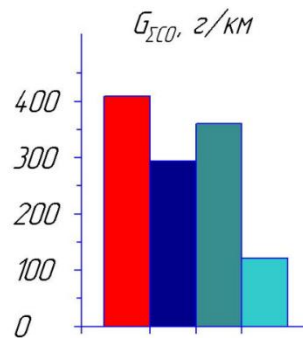
Залежності витрати палива та викидів шкідливих речовин ТЗ залежно від маси вантажу в міському їздовому циклі

- - бензиновий двигун
- - газовий двигун, переобладнаний з бензинового
- . - . - дизель
- - газовий двигун, переобладнаний з дизеля



Порівняльні діаграми екологічних показників та паливної економічності автомобілів в міському їздовому циклі

- - бензиновий двигун
- - газовий двигун, переобладнаний з бензинового
- - дизель
- - газовий двигун, переобладнаний з дизеля



ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що різке зростання кількості рухомого складу автомобільного транспорту, обмежений запас нафти на земній кулі і збільшення споживання рідкого палива на транспорті приводить до подорожчання як сирової нафти, так і одержуваних з її нафтопродуктів. Тим часом в світі є великі запаси високоякісного моторного палива, це – ПГ. ПГ має кращі фізико-хімічні властивості і екологічні показники порівняно з паливом нафтового походження, що обумовлює його використання на автомобільному транспорті.

2. Вибрано їздовий цикл який буде використовуватись для дослідження витрати палива та викидів ШР в найбільш реальних експлуатаційних умовах роботи вибраних ТЗ. Уточнено комп'ютерну реалізацію математичної моделі за прийнятим їздовим циклом шляхом описання роботи двигун за допомогою поліноміальних моделей. Підтверджена адекватність отриманих поліноміальних залежностей, які описують газовий двигун Д-240, як джерело шкідливих викидів і споживача газового палива з використанням F – критерію Фішера.

3. Вибрано об'єкти теоретичних досліджень. Досліджено показники газового двигуна, переобладнаного з дизеля Д-240 при роботі на ПГ. Його ефективна потужність близька до потужності базового дизеля, еквівалентна питома ефективна витрата палива на 16,8...25,6 % більша, ніж у дизеля. Сумарна токсичність відпрацьованих газів, газового двигуна та дизеля суттєво залежить від навантаження на двигун. Якщо при малих навантаженнях різниця в сумарній токсичності практично відсутня, то у разі збільшення навантаження, до максимальних значень сумарна токсичність газового двигуна зменшується до 55 % у порівнянні з дизелем.

4. Визначено показники паливної економічності та екологічні показники автомобілів з бензиновим, газовим і дизельним двигуном в міському їздовому циклі в залежності від маси вантажу. Автомобіль при роботі на бензині та дизельному паливі може реалізувати цикл при масі вантажу 4 т, при цьому питома еквівалентна витрата палива в порівнянні з бензиновим двигуном на 33,4 % нижча, а сумарні викиди, приведені до CO , менші на 14,8 %. Автомобіль при роботі на ПГ, переобладнаному з бензинового двигуна може реалізувати цикл при масі вантажу 3,35 т. При цьому питома еквівалентна витрата палива в порівнянні з бензиновим двигуном на 11,5 % нижча, а сумарні викиди, приведені до CO , менші на 23,1 %. Автомобіль при роботі на ПГ переобладнаному з дизеля може реалізувати цикл при масі вантажу 3,35 т. При цьому питома еквівалентна витрата палива в порівнянні з дизелем на 21,9 % вища, а сумарні викиди, приведені до CO , менші на 62,5 %.

5. Розрахунки за результатами експериментальних досліджень питомих масових викидів шкідливих речовин показують, що переобладнання дизелів вантажних автомобілів для роботи на природному газі підтверджує доцільність такого переобладнання і використання на ТЗ.