

конструкторських розробок шестеренних насосів сільськогосподарської техніки.

Було встановлено, що основними напрямками удосконалення шестеренного насоса є наступні: підвищення тиску робочої рідини, що розвивається насосом, - за рахунок підвищення внутрішнього гідравлічного опору в конструкції шестеренного насоса; підвищення питомого робочого об'єму і потужності - шляхом оптимізації параметрів зубчатого зачеплення і усього вузла, що качає, в цілому, а також за рахунок розвантаження підшипників насоса, що дозволить зменшити габарити, як вузла, що качає, так і насоса в цілому; підвищення коефіцієнта подачі - за рахунок підвищення внутрішнього гідроопору, а також підвищення частоти обертання насоса; зниження пульсації миттєвої подачі і тиску – за рахунок встановлення того, що пульсація подачі і тиску не є неминучим недоліком, пов'язаним з конструктивними особливостями шестеренного насоса, що визначило подальший розвиток конструкції насоса в цьому напрямку шляхом усунення причин виникнення пульсації; зниження шуму в процесі роботи насоса – комплексне багатовимірне завдання, вирішення якого приведе не лише до усунення шуму, але і до істотного підвищення технічного рівня шестеренних насосів сільськогосподарської техніки.

Таким чином, були запропоновані основні напрямки подальшого розвитку шестеренних насосів сільськогосподарської техніки, що дозволяють при мінімальних витратах, в рамках традиційних конструкторських схем істотно підвищити технічний рівень шестеренних насосів сільськогосподарської техніки.

шестеренний насос, гідропривід, гідромашина

Одержано 10.11.15

УДК 621.43.068.4

О.В. Бевз, доц., канд. техн. наук, С.О. Магопець, доц., канд. техн. наук, О.О. Матвієнко, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет, м.Кіровоград, Україна, oleg_bevz@ukr.net

Вплив на навколишнє середовище автобусів БАЗ-22154 під час експлуатації на різних видах палива

Обґрунтована актуальність проблеми екологічної небезпеки автомобільного транспорту та представлена порівняльна оцінка використання бензину і газового палива на прикладі автобусів БАЗ-22154 в міських умовах.

автомобільний транспорт, забруднення повітря, екологічна небезпека

О.В. Бевз, доц., канд. техн. наук, С.О. Магопець, доц., канд. техн. наук, О.О. Матвієнко, доц., канд. техн. наук

Кировоградский национальный технический университет, г.Кировоград, Украина

Влияние на окружающую среду автобусов БАЗ-22154 во время эксплуатации на разных видах топлива

В данной работе обоснована актуальность проблемы экологической опасности автомобильного транспорта и представлена сравнительная оценка использования бензина и газового топлива на примере автобусов БАЗ-22154 в городских условиях.

автомобильный транспорт, загрязнение воздуха, экологическая опасность

Постановка проблеми. В сучасних умовах автомобільний транспорт стає найбільш значним джерелом забруднення атмосферного повітря, особливо великих міст. Автомобільний транспорт, поглинаючи настільки необхідний для протікання життя кисень, разом з тим інтенсивно забруднює повітряне середовище токсичними

компонентами, що наносить відчутну шкоду всьому живому і неживому. Внесок автотранспорту у забруднення атмосферного повітря в великих містах складає 65-80 %. Найбільша частина цього збитку (до 60 %) пов'язана з перевезеннями пасажирів автобусами і легковими автомобілями [1].

У даній ситуації поряд з удосконаленням конструкцій ДВЗ, технологій технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР), методів і засобів організації дорожнього руху, використання альтернативних, більш екологічно чистих видів палива є одним з основних шляхів зниження негативного впливу автомобіля на екологію міста Кіровограда.

В якості основних альтернативних видів моторного палива широке застосування одержали зріджений нафтовий газ (пропан) (ЗНГ) і стислий природний газ (метан) (СПГ). Встановлення пропану-бутану на автомобілі в Україні росте дуже високими темпами. Це зв'язано з багатьма перевагами ЗНГ як моторного палива, перед бензином. Насамперед вартість – ціна на ЗНГ традиційно зберігається на рівні 60 % від ціни на 92-й бензин і виробляється в Україні, на відміну від СПГ. Крім цього, він володіє більш високим октановим числом і кращими екологічними і експлуатаційними властивостями. Встановлення на автомобілі в Україні метанових установок зараз не дуже популярне через три фактори. По-перше, ціна на нього повністю залежить від експорту з Росії й постійно росте. По-друге, газове обладнання для СПГ дуже дороге, в основному через дефіцитні балони під метан, які повинні витримувати тиск 200 атмосфер. По-третє, балони істотно зменшують вантажопідйомність автомобіля, тому якщо й варто встановлювати СПГ, то лише на вантажні автомобілі і автобуси [2].

Отже, дослідження, спрямовані на визначення питання – наскільки ефективним є використання альтернативних видів палива в плані покращення атмосфери міста Кіровограда та проведення оцінки екологічної небезпеки автобусів БА3-22154 при роботі на бензині А-92, ЗНГ і СПГ, є актуальними.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Аналіз статистичних даних і оцінок негативного впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище і населення показує, що викиди забруднювальних речовин автомобільним транспортом у середньому за рік становлять близько 5,5 млн. т (39 % усього обсягу викидів в Україні). У великих містах забруднення повітря вихлопними газами часом досягає до 90 % загального рівня забруднень. Крім того, більше 20 % АТЗ експлуатується з перевищенням установлених нормативів вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах. У відпрацьованих газах, що викидають автомобілі, особливу небезпеку становлять канцерогенні бензапірени, оксиди азоту, свинець, ртуть, альдегіди, оксиди вуглецю й сірки, сажа, вуглеводи та інші [1].

В Україні є програма для зменшення негативного впливу автомобільного транспорту на довкілля, де зазначено, що автотранспорт є одним з найбільших забруднювачів атмосферного повітря і визначені основні заходи щодо реалізації цієї програми протягом десяти років. Ефективність безпечного використання пального для людини і його вплив на довкілля, на сьогодні, є основним завданням сучасних досліджень у транспортних технологіях [3].

Постановка завдання. В якості об'єкта дослідження був обраний автобус БА3-22154 при роботі на бензині А-92, ЗНГ і СПГ в місті Кіровограді.

Виклад основного матеріалу. Так, для оцінки екологічної небезпеки транспортних засобів використовують питомі показники токсичності відпрацьованих газів (ВГ) - кількість викидів i -ї шкідливої речовини з ВГ в атмосферу. При проведенні випробувань автомобілів на бігових барабанах питомий показник виражається в одиницях маси i -ї шкідливої речовини (ШР) на одиницю пройденого шляху (г/км) або на одне випробування (г/вип), а при проведенні випробувань ДВЗ на моторному стенді – в

одиницях маси i -ї ШР на одиницю виконаної транспортної роботи (г/кВт·г). Подібний підхід може привести до необ'єктивної оцінки, тому що тільки по масових характеристиках кожної домішки неможливо скласти істину картину екологічної безпеки автобуса. Це пов'язано насамперед з тим, що до складу ВГ входить безліч домішок, що мають різні кількісні й токсичні характеристики і відносяться до різних класів безпеки.

Критерії екологічної безпеки автобуса, засновані на комплексній характеристиці екологічної безпеки ВГ – категорії шкідливості автобусів (КША), позбавлені цього недоліку, тому що КША характеризує одночасно кількість викидів всіх домішок, що входять в ВГ, а також їхній клас безпеки і токсичність, що розраховується по формулі, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$KША = \sum_{i=1}^n KНД_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ГПК_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (1)$$

де $KНД_i$ – категорія безпеки i -ї домішки, $\text{м}^3/\text{с}$;

M_i – кількість викидів i -ї домішки, г/с;

$ГПК_i$ – максимально-разова гранично припустима концентрація i -ї домішки, $\text{г}/\text{м}^3$;

α_i – безрозмірна константа, що дозволяє співвіднести класи безпеки i -ї речовини й діоксиду сірки (III клас безпеки);

n – кількість шкідливих домішок в ВГ.

Критерій екологічної безпеки автобуса $K_{e.n.a}$ дозволяє судити про відповідність автобуса стандартним вимогам екологічної безпеки:

$$K_{e.n.a} = \frac{KША}{KША_{\text{євро}}}, \quad (2)$$

де $KША$ – категорія шкідливості досліджуваного автобуса, $\text{м}^3/\text{с}$;

$KША_{\text{євро}}$ – категорія шкідливості автобуса, що задовольняє самим жорстким діючим нормам на викиди, $\text{м}^3/\text{с}$.

Досліджуваний автобус і автобус-еталон належать до одного класу й випробовуються в рамках одного іспитового циклу, що дозволяє порівнювати їх за умови виконання ними однакової транспортної роботи. Однак $K_{e.n.a}$ не може виступати як критерій для оцінки впливу виду палива на екологічну безпеку автобуса. Для цього нами пропонується критерій екологічної пристосованості ДВЗ до альтернативних видів палива Π

$$\Pi = \frac{KША_j}{KША_n}, \quad (3)$$

де $KША_j$ – категорія шкідливості досліджуваного автобуса, що працює на j -му альтернативному виді палива, $\text{м}^3/\text{с}$;

$KША_n$ – категорія шкідливості досліджуваного автобуса, що працює на базовому паливі, $\text{м}^3/\text{с}$.

Досліджуваний автомобіль на j -му альтернативному й базовому видах палива випробовується в рамках одного досліджуваного циклу (ЄВРО). З рівняння (3) бачимо, що якщо $\Pi < 1$, то при переведенні ДВЗ на j -й альтернативний вид палива екологічна безпека автобуса знижується (ДВЗ екологічно пристосований до j -го альтернативного виду палива) у порівнянні з базовим паливом. Якщо $\Pi > 1$, то j -й альтернативний вид палива, навпаки, збільшує екологічну безпеку автобуса (ДВЗ екологічно не пристосований до j -го альтернативного виду палива).

Критерій екологічної пристосованості ДВЗ до альтернативних видів палива P може виступати як уточнюючий коефіцієнт при розрахунку рівня екологічної небезпеки автобуса, переобладнаного для роботи на альтернативному виді палива

$$K_{e.n.a}^j = P \cdot K_{e.n.a}^o, \quad (4)$$

де $K_{e.n.a}^o$ – рівень екологічної небезпеки автобуса, що працює на базовому паливі;
 P – рівень екологічної пристосованості ДВЗ до j -го альтернативного виду палива;
 $K_{e.n.a}^j$ – рівень екологічної небезпеки автобуса, що працює на j -му альтернативному виді палива.

На основі нормативів ЄВРО по рівняннях (1-4) нами визначені можливі рівні екологічної небезпеки автобуса і екологічної пристосованості ДВЗ до альтернативних видів палива (табл. 1).

Таблиця 1 – Значення рівня екологічної небезпеки автобуса і пристосування ДВЗ до альтернативного палива

ЄВРО	Значення $K_{e.n.a}$	Рівень небезпеки транспортного засобу	Значення P	Рівень пристосування ДВЗ
II	3...10	помірно шкідливий	0,10...0,35	помірно придатний
III	1...3	мало шкідливий	0,03...0,10	високо придатний
IV	<1	не шкідливий	<0,03	досконало придатний

Джерело: розроблено автором.

Проведемо оцінку екологічної небезпеки мікроавтобуса БА3-2215, що працює на бензині А-92 (базове паливо), ЗНГ і СПГ за описаними вище критеріями. Значення розглянутих параметрів представлені в таблицях 2, 3.

Таблиця 2 – Комплексні характеристики екологічної небезпеки відпрацьованих газів автобусів БА3-22154 на бензині А-92, ЗНГ і СПГ

Вид палива	Категорія шкідливості речовин						Категорія шкідливості автомобіля КША	
	СО		СН		NO _x		м ³ /с	%
	м ³ /с	%	м ³ /с	%	м ³ /с	%		
А-92	14,442	1,87	5,869	0,76	751,989	97,37	772,3	100
ЗНГ	8,864	1,32	3,022	0,45	659,614	98,23	671,5	100
СПГ	5,522	1,29	4,409	1,03	418,168	97,68	428,1	100

Джерело: розроблено автором.

Таблиця 3 – Оцінка автобусів БА3-22154, які працюють на бензині А-92, ЗНГ і СПГ по критеріям екологічної небезпеки

Вид палива	Значення $K_{e.n.a}^j$	Рівень екологічної небезпеки АТЗ	Значення P	Рівень екологічного пристосування ДВЗ до альтернативних видів палива	Значення $K_{e.n.a}^o$
А-92	24	високо небезпечні	1,0	-	24
ЗНГ	21	високо небезпечні	0,9	мало пристосований	24
СПГ	14	високо небезпечні	0,55	мало пристосований	24

Джерело: розроблено автором.

Проаналізувавши комплексні характеристики екологічної небезпеки ВГ автобуса БА3-22154, що працює на бензині і газометановому паливі (ГМП) (табл. 2), можна з упевненістю стверджувати, що найнебезпечнішою домішкою є оксиди азоту (97,37-98,23 % КША), масовий вміст яких в ВГ не настільки великий (18,1-24,2 % M_2). Внески інших домішок у формування екологічної небезпеки автомобіля, що працює на різних видах палива, можна визнати мало значимими (менше 10 % КША).

Таким чином, автобус БА3-22154 при роботі на одному з розглянутих видів палива відноситься до високо небезпечних джерел викидів ($K_{e.n.a}^j = 14...24$). Але при переведенні ДВЗ автобуса БА3-22154 на стислий природний газ, до якого двигун

екологічно мало пристосований ($\Pi=0,55$), дозволяє знизити екологічну небезпеку розглянутого автомобіля в 1,8 рази; на зріджений нафтовий газ, до якого двигун також екологічно мало пристосований ($\Pi=0,9$), – в 1,1 рази в порівнянні з базовим паливом – бензином А-92.

Якщо, виходячи з екологічних позицій, необхідність використання ГМП цілком очевидно, то економічна доцільність переобладнання на газове паливо при сформованих умовах (відсутність стимулювання використання альтернативних видів палива, законів і політичних програм) залишається головним питанням. Для того, щоб відповісти на нього, проведемо оцінку економічної ефективності експлуатації автобуса БАЗ-22154, що працює на бензині і ГМП, з розрахунком показників порівняльної економічної ефективності, що включає розрахунок необхідних капітальних вкладень, економію експлуатаційних (поточних) витрат, строки окупності капітальних вкладень і річного економічного ефекту. При цьому необхідно врахувати вплив наступних факторів, що виникають при переобладнанні ДВЗ на ГМП: зниження собівартості моторного палива; зниження експлуатаційних витрат за рахунок збільшення моторесурса й міжремонтних пробігів двигуна, а також зниження витрат моторного мастила; зменшення забруднення навколишнього середовища.

Суми капітальних вкладень $K_{вкл}$ у переобладнання автобуса БАЗ-22154 для роботи на ГМП приведені в табл. 4.

Економія поточних (експлуатаційних) витрат за рік при експлуатації автобуса БАЗ-22154 на ГМП визначається економією витрат на паливо (табл. 5), зменшеної на розмір додаткових експлуатаційних витрат, пов'язаних з амортизацією, технічним обслуговуванням і поточним ремонтом газобалонного обладнання (табл. 6).

Таблиця 4 – Капітальні вкладення в переобладнання автобуса БАЗ-22154 для роботи на ГМП

Найменування показників	Вид палива	
	ЗНГ	СПГ
Вартість комплекту газового обладнання III покоління, монтаж та налагодження	7800,0	18000,0
Транспортні витрати	390,0	900,0
Всього, грн.	8190,0	18900,0

Джерело: розроблено автором.

Таблиця 5 – Витрати на паливо для одного автобуса БАЗ-22154 за рік

Найменування показників	Базова модель БАЗ-22154 бензин (А-92)	Газобалонна модель БАЗ-22154	
		ЗНГ	СПГ
Середньодобовий пробіг, км	200	200	200
Витрата палива, л/100 км			
літня норма	16	20	16
зимова норма	17,3	21,6	17,3
Річна витрата палива, л/100 км	10920,4	13643,5	10920,4
літня норма	6124,8	7656,0	6124,8
зимова норма	4795,6	5987,5	4795,6
Витрата бензину під час пуску в зимовий період, л	-	84	42
Ціна 1 л (m^3) палива	18,00	10,25	12,4
Витрати на паливо за рік, грн.	196567,2	141357,88	136168,96
Річна економія в порівнянні до бензину, грн.	-	55209,32	60398,24

Джерело: розроблено автором.

Таблиця 6 – Допоміжні експлуатаційні витрати на рік для однієї газобалонної моделі автобуса БАЗ-22154

Найменування показників	Вид палива	
	ЗНГ	СПГ
Річний пробіг, км	66000	66000
Капітальні вкладення в переобладнання мікроавтобуса, грн.	6214,0	12305,0
Норма амортизації, % на 1000 км.	0,21	0,21
Річна сума амортизаційних відрахувань, грн.	1304,9	2584,05
Витрати на ТО і ремонт газобалонного автомобіля, грн.	420,0	930,0
Додаткові експлуатаційні витрати за рік, грн.	1724,9	3514,05

Джерело: розроблено автором.

Річна сума економії поточних (експлуатаційних) витрат *E* складається з економії на паливі за винятком додаткової суми експлуатаційних витрат, пов'язаних з амортизацією, технічним обслуговуванням і поточним ремонтом газобалонного устаткування (табл. 7).

Таким чином, експлуатація одного автобуса БАЗ-22154 на ГМП у порівнянні з бензином А-92 забезпечує додатковий річний економічний ефект у розмірі 52552,32 грн. при використанні ЗНГ і 55038,44 грн. при використанні СПГ. Строк окупності витрат на оснащення автобуса газобалонним устаткуванням становить від 1,4 до 2,6 місяців.

Таблиця 7 – Економічна ефективність експлуатації одного автобуса БАЗ-22154 на ГМП в міських умовах

Найменування показників	Базова модель БАЗ-22154 бензин (А-92)	Газобалонна модель БАЗ-22154	
		ЗНГ	СПГ
1. Середньодобовий пробіг, км	200	200	200
2. Витрати на паливо за рік, грн.	196567,2	141357,88	136168,96
3. Допоміжні експлуатаційні витрати для газобалонної моделі за рік, грн.	-	1724,9	3514,05
4. Економія експлуатаційних витрат за рік, грн.	-	53484,42	56884,19
5. Капітальні вкладення в переобладнання мікроавтобуса, грн.	-	6214,0	12305,0
6. Строк окупності затрат на переобладнання мікроавтобуса, міс.	-	1,4	2,6
7. Допоміжний річний економічний ефект від експлуатації мікроавтобуса на газовому моторному паливі, грн.	-	52552,32	55038,44

Джерело: розроблено автором.

Висновки. Отже, переведення ДВЗ автобуса БАЗ-22154 з бензину А-92 на СПГ дозволяє знизити його екологічну небезпеку в 2 рази. Додатковий економічний ефект від використання СПГ в 1,05 рази вище, ніж від використання ЗНГ. Отже, заміщення нафтових моторних палив газовими є екологічно й економічно виправданою. Причому найбільш перспективним напрямком варто вважати використання природного газу, який є екологічно безпечним, але постачається з Росії та Білорусії і тому неможливо спрогнозувати його вартість і об'єми поставок для задоволення потреб автомобільного транспорту.

Список літератури

1. Гутаревич Ю.Ф. Екологія та автомобільний транспорт : Навчальний посібник [Текст] / Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.З., Говорун А.Г. — К. : Арістей, 2006. – 292 с.
2. Коробкин В.И. Экология : учебник для студентов бакалаврской ступени многоуровневого высшего профессионального образования [Текст] / Коробкин В.И., Передельский Л.В. – Изд. 18-е, доп и перераб. – Ростов н/Д : Феникс, 2012. – 601 с.
3. Джигерей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища [Текст] : Навчальний посібник / В.С. Джигерей. – 4-те вид., випр. 1 доп. – К.: Товариство «Знання», КОО, 2006. – 319 с.
4. Павлова Е.М. Экология транспорта : Учебник для вузов [Текст] / Е.М. Павлова. – М. : Транспорт, 2010. – 368 с.

Oleg Bevz, Assos. Prof., PhD tech. sci., Sergiy Magopec, Assos. Prof., PhD tech. sci., Olexandr Matvienko, Assos. Prof., PhD tech. sci.

Kirovohrad national technical university, Kirovohrad, Ukraine

Influence on the environment of busses БАЗ-22154 during exploitation on the different kinds of fuel

Research directed on determination of question – as far as effective is the use of alternative types of fuel in the plan of improvement of atmosphere of city of Kirovohrada and leadthrough of estimation of ecological danger of bus during work on the different kinds of fuel.

During translation of bus on the compressed natural gas which an engine ecologically is little adjusted to, allows to reduce the ecological danger of the considered car in 1,8 times, and on the condensated oil gas in 1,1 times as compared to a base fuel.

Replacement of petroleum motor fuels gas is ecologically and economic justified. It is thus needed to consider the use of natural gas which is ecologically safe the most perspective direction.

motor transport, contamination of air, ecological safety

Одержано 28.10.15

УДК 621.9.048.4

В.М. Боков, проф., канд. техн. наук

*Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград, Україна,
bokov_vm@mail.ru*

Електродугове фрезерування

Запропоновано та досліджено спосіб електродугового фрезерування, зокрема пазів. Обґрунтовано технологічну схему формоутворення. Отримано математичні моделі технологічних характеристик, які дозволяють керувати процесом та прогнозувати його.

електрична дуга, гідродинамічний режим, графітовий електрод-інструмент складеної конструкції, додатковий потік, технологічні характеристики, математичні моделі

В. М. Боков, проф., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет, г.Кіровоград, Україна

Электродуговое фрезерование

Предложен и исследован способ электродугового фрезерования, в частности пазов. Обоснована технологическая схема формообразования. Получены математические модели технологических характеристик, которые позволяют управлять процессом и прогнозировать его.

электрическая дуга, гидродинамический режим, графитовый электрод-инструмент сборной конструкции, дополнительный поток, технологические характеристики, математические модели

© В.М. Боков, 2015