

# МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 629.113

**Д. П. Рубан**, к.т.н., старший викладач  
Черкаський державний технологічний університет  
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, Україна, 18006  
[ruban\\_dimon@mail.ru](mailto:ruban_dimon@mail.ru)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТУРБОНАДДУВУ НА ПОКАЗНИКИ ДИЗЕЛЯ СУ4102ВZQ

*Представлено результати стендових випробувань серійного дизеля СУ4102ВZQ та цього дизеля з відключеним наддувом. Доведено можливість експлуатації дизеля СУ4102ВZQ при виході турбокомпресора з ладу. В результаті експерименту визначено величину зниження потужності, витрату палива та екологічні показники дизеля без наддуву.*

**Ключові слова:** дизель, турбонаддув, витрата палива, екологічні показники.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Як відомо, використання турбонаддуву на двигунах внутрішнього згоряння приводить до підвищення потужності. Навіть при застосуванні низького наддуву потужність двигуна зростає на 25–35 % [1]. Зокрема на дизелях можливе використання вищих значень тиску наддуву порівняно з бензиновими двигунами. Тому більшість сучасних дизелів використовують турбонаддув. Однак в експлуатаційних умовах не виключені випадки виходу з ладу турбокомпресорів. У зв'язку з цим виникає необхідність у визначенні витрати палива та викидів шкідливих речовин при відключеному турбонаддуві.

**Аналіз останніх джерел та публікацій.** На сьогодні існує багато досліджень щодо поліпшення техніко-експлуатаційних показників автомобілів шляхом застосування турбонаддуву [1, 2]. Однак відсутні дослідження автомобільних двигунів при відключеному наддуві.

**Метою роботи** є оцінювання показників серійного дизеля СУ4102ВZQ та цього ж дизеля з відключеним турбонаддувом для виявлення можливості експлуатації автомобіля (автобуса) з несправним турбонаддувом.

**Виклад основного матеріалу.** На дизелі СУ4102ВZQ встановлено низький наддув, максимальне значення якого становить 45 кПа. Для дослідження впливу турбонаддуву на показники дизеля проведено стендові моторні випробування дизеля СУ4102ВZQ (з наддувом) та цього ж дизеля з відключеним наддувом. При відключенні наддуву регулювання паливного насоса високого тиску не

виконувалось. Моторні дослідження проводилися на електричному гальмівному стенді КИ – 5542 ГОСНИТИ, який встановлено в Черкаському державному технологічному університеті в лабораторії кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації (рис. 1).



**Рис. 1.** Загальний вигляд гальмівного стенда з дизелем СУ4102ВZQ

Основою стенда є балансірна електромашинна 4АНК2Б225516У3 потужністю 37 кВт при частоті обертання ротора  $980 \text{ хв}^{-1}$  і максимальною гальмівною потужністю 100 кВт при частоті обертання ротора  $2000 \text{ хв}^{-1}$  та динамометр із шкалою 0–60 кгс з ціною поділки 0,25 кгс, який був відтарований згідно з інструкцією з експлуатації на стенд КИ – 5542 ГОСНИТИ [3].

Вимірювання об'ємного вмісту оксиду вуглецю  $CO$ , оксидів азоту  $NO_x$ , вуглеводнів  $C_mH_n$  (по гексану) здійснювалось газоаналізатором BOSCH BEA 350. Допустима основна

похибка від верхньої межі вимірювань при довірчій вірогідності 0,95 становить + 2,0 %.

Тарування приладу здійснювалося за допомогою еталонних газових сумішей відповідно до інструкцій заводу-виробника.

Частота колінчастого вала дизеля вимірювалася за допомогою тахометра ТМнЗ № 26653. Тахометр з'єднаний з датчиком Д-1М № Г8943, який виробляє трифазну напругу. Значення напруги перераховується в частоту обертання. Також частота обертання колінчастого вала дизеля вимірювалася за допомогою дублюючого приладу ИМД-ЦМ. Прилад з'єднаний з індуктивним датчиком, який розміщений у безпосередній близькості від датчика зубців вінця маховика.

Витрата палива вимірювалася ваговим способом за допомогою ваг типу Soehnle з інтервалом вимірювання 0 – 5000 г і ціною поділки 1 г. Оскільки управління стендом здійснювалося в ручному режимі, час вимірювання витрати палива в кожному випробувальному режимі був не менший 30 с.

Витрата повітря вимірювалася термоанемометричним витратоміром повітря, який складається з датчика BOSCH 0 280 218 004 та електронного блока управління 21114-14110220-11. Блок управління з'єднаний з Megabook MSI430X за допомогою K-Line USB адаптера.

У табл. 1 наведено дані про вимірювальну апаратуру і прилади, що використовувалися при експериментальних дослідженнях.

Таблиця 1

**Похибки вимірювань приладів і обладнання**

Найменування та тип приладу	Одиниці виміру	Межі вимірювань	Точність вимірювань
Тахометр	хв <sup>-1</sup>	0–5000	±1,0 %
Ваги	кг/год	1–5000	+0,5 %
Термоанемометричний витратомір повітря	кг/год	0–500	0,1 %
Секундомір	с		±0,01 с
Газоаналізатор BOSCH BEA 350:			
по каналу CO	%	0–10	± 0,001 %
по каналу C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	млн <sup>-1</sup>	0–9999	±1млн <sup>-1</sup>
по каналу NO <sub>x</sub>	млн <sup>-1</sup>	0–5000	±1млн <sup>-1</sup>

Оцінка похибок вимірювань при експериментальних дослідженнях здійснювалася, виходячи з методу вимірювання.

При проведенні експериментальних досліджень виконувалися прямі й опосередковані багатократні вимірювання.

При прямих і опосередкованих одноразових вимірюваннях помилки вимірювань визначаються помилками використовуваних приладів.

В результаті математичної обробки параметрів вимірювань визначалися: середнє арифметичне значення вимірюваної величини, середнє квадратичне відхилення і похибка середнього арифметичного. Виходячи з допустимої похибки середнього арифметичного, визначалася кількість дослідів.

Під час стендових досліджень було визначено максимальну потужність  $N_{emax}$  і максимальний кутний момент  $M_{kmax}$ .

Також отримано серію навантажувальних характеристик. Навантажувальні характеристики визначалися для таких частот обертання колінчастого вала двигуна:  $n = 1850$  хв<sup>-1</sup>,  $n = 1675$  хв<sup>-1</sup>,  $n = 1500$  хв<sup>-1</sup>,  $n = 1325$  хв<sup>-1</sup>,  $n = 1150$  хв<sup>-1</sup>.

Під час стендових досліджень визначалися ще характеристики активного холостого ходу, отримані залежно від частоти обертання  $n_d$  колінчастого вала дизеля.

Дослідження в режимі примусового холостого ходу не проводились, оскільки в цьому режимі відбувається відключення паливоподачі регулятором частоти обертання колінчастого вала дизеля.

Отриманий в результаті експерименту максимальний крутний момент  $M_{kmax1} = 343$  Нм (при 1600 хв<sup>-1</sup>) відповідає значенню для дизеля СУ4102ВЗQ [4]. При відключеному наддуві максимальний крутний момент зменшився на 29 % і становив  $M_{kmax2} = 245$  Нм (при 2200 хв<sup>-1</sup>). З наддувом максимальна потужність дорівнює  $N_{emax1} = 88$  кВт (при 2800 хв<sup>-1</sup>), а при відключеному наддуві –  $N_{emax2} = 70,6$  кВт (при 3200 хв<sup>-1</sup>).

На рис. 2 для прикладу показано навантажувальні характеристики дизеля з наддувом та без наддуву при  $n_d = 1500$  хв<sup>-1</sup>, оскільки в інших навантажувальних режимах спостерігаються аналогічні закономірності. Залежно від ефективної потужності двигуна  $N_e$  наведено такі показники: витрата палива і повітря за годину ( $G_{нал}$  і  $G_{нов}$ ); концентрації у відпрацьованих газах оксиду вуглецю CO, вуглеводнів

$C_m H_n$  та оксидів азоту  $NO_x$ . З навантажувальних характеристик (рис. 2) видно, що в дизелі СУ4102ВЗQ при відключенні наддуву витрата палива  $G_{пал}$  збільшується при мінімальних та максимальних навантаженнях. Закономірно витрата повітря  $G_{пов}$  з відключенням наддувом в усьому навантажувальному режимі при  $1500 \text{ хв}^{-1}$  не змінюється. Оксид вуглецю  $CO$  різко зростає зі збільшенням навантаження. При цьому спостерігається незначне зростання оксидів азоту  $NO_x$ . Схожі закономірності спостерігаються в інших навантажувальних характеристиках при:  $n = 1850 \text{ хв}^{-1}$ ,  $n = 1675 \text{ хв}^{-1}$ ,  $n = 1325 \text{ хв}^{-1}$  та  $n = 1150 \text{ хв}^{-1}$ . Однак при збільшенні обертів спостерігається ще більше зростання витрати палива  $G_{пал}$  та значне погіршення екологічних показників дизеля.

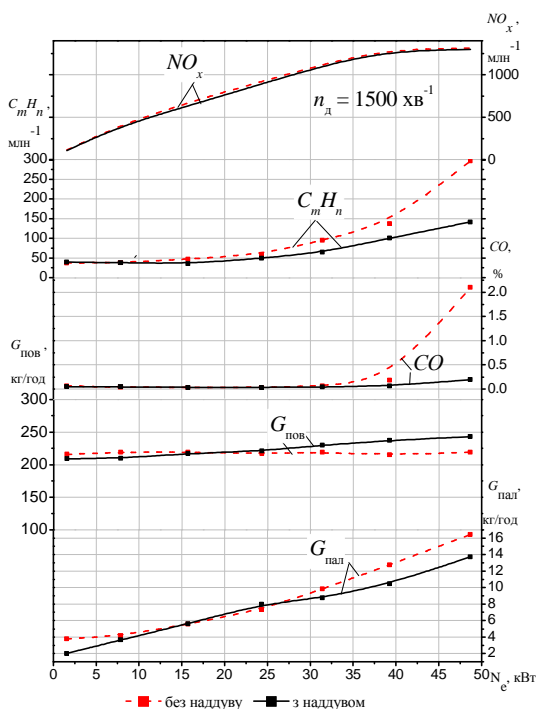


Рис. 2. Навантажувальні характеристики дизеля СУ4102ВЗQ з наддувом та без наддуву

В режимі активного холостого ходу (рис. 3) без наддуву витрата палива  $G_{пал}$  при нижчих обертах колінчастого вала дизеля менша, однак зі збільшенням обертів починає зростати після  $1750 \text{ хв}^{-1}$ . Це спочатку пояснюється меншим опором випускної системи, а потім штатне налаштування паливного насоса високого тиску забезпечує збільшення витрати палива. Витрата повітря  $G_{пов}$  з наддувом і без наддуву однакова, оскільки турбокомпресор вступає в дію в навантажувальних режи-

мах. Зі збільшенням обертів  $CO$  поступово зменшується. Значне зменшення  $C_m H_n$  пояснюється зниженням температури в обхід турбокомпресора. З дослідження активного холостого ходу дизеля видно, що відключення наддуву майже не впливає на показники дизеля, а навіть покращує деякі з них. Тому для отримання достовірних результатів, що відповідають реальним режимам експлуатації, і було проведено дослідження дизеля під навантаженням.

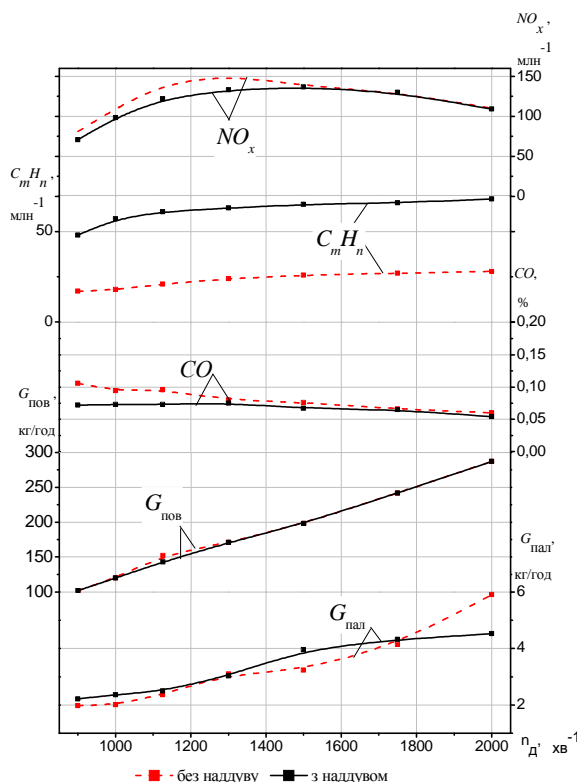


Рис. 3. Характеристики активного холостого ходу дизеля СУ4102ВЗQ з наддувом та без наддуву

**Висновки.** Аналіз проведених досліджень вказує на можливість експлуатації дизеля СУ4102ВЗQ з несправним турбонаддувом. Однак зі збільшенням навантаження витрата палива буде зростати (в навантажувальних режимах близько 12 %). При цьому максимальна потужність зменшиться на 20 %. Також зростатимуть викиди шкідливих речовин:  $CO$ ,  $C_m H_n$  та  $NO_x$ .

Отримані експериментальні дані дозволяють спрогнозувати пробігові викиди шкідливих речовин та витрату палива, що відповідають реальним режимам експлуатації автобуса чи автомобіля з використанням математичної моделі [5].

В режимі активного холостого ходу відключення наддуву на показники дизеля майже не впливає, або навіть покращує деякі показники, що не відповідає очікуваному результату. Тому доцільно проводити дослідження автомобільних двигунів під навантаженням, що імітує реальні режими експлуатації.

### Список літератури

1. Автомобільні двигуни / [Ф. І. Абрамчук, Ю. Ф. Гутаревич, К. Є. Долганов, І. І. Тимченко]. – К. : Арістей, 2005. – 476 с.
2. Степанов В. Н. Тюнинг автомобильных двигателей / В. Н. Степанов. – СПб. : Альфамер паблшинг, 2004. – 82 с.
3. Руководство по эксплуатации на стенд обкаточно-тормозной «КИ – 5542» (переход. модель) / Всесоюз. об-ние «Союзсельхозтехника» ГОСНИТИ. – М., 1984. – 41 с.
4. Model CY4102BZLQ-A Diesel engine. Operation manual. Dongfeng Chaoyang Diesel Co., Ltd.
5. Рубан Д. П. Математична модель для дослідження техніко-експлуатаційних показ-

ників міського автобуса з дизелем / Д. П. Рубан // Вісник СевНТУ : зб. наук. праць. – Севастополь, 2013. – Вип. 143. – С. 66–70.

### References

1. Abramchuk, F. I., Gutarevich, Y. F., Dolganov, K. E. and Timchenko, I. I. (2005) Auto engines. Kyiv: Aristej, 476 p. [in Ukrainian].
2. Stepanov, V. N. (2004) Tuning of auto engines. St-Petersburg: Alfamer publishing, 82 p. [in Russian].
3. Operation manual for rolling and braking stand «KI – 5542» (1984). Moscow, 41 p. [in Russian].
4. Model CY4102BZLQ-A Diesel engine. Operation manual. Dongfeng Chaoyang Diesel Co., Ltd.
5. Ruban, D. P. (2013) Mathematical model for the research of operating indices of urban bus with diesel. *Visnyk Sevastopol'skoho Natsional'noho Technichnoho Universitetu*, (143), pp. 66-70 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 14.01.2014.

**D. P. Ruban, Ph. D.**

Cherkasy State Technological University  
Schevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine  
[ruban\\_dimon@mail.ru](mailto:ruban_dimon@mail.ru)

### THE RESEARCH OF TURBO-SUPERCHARGING INFLUENCE ON DIESEL CY4102BZQ INDEXES

*The application of supercharging on motorcar engines provides the increase of power. The greater values of supercharging degree are used mainly in diesels. There are however cases of turbo-compressor breakdown. With such breakage of a car it is necessary to reach to terminal point. It is also necessary to know the expense of fuel and discharge of harmful substances and to prove the possibility of the exploitation of diesel with faulty turbocompressor. CY4102BZQ diesel is installed on buses and trucks. On these transport vehicles an outage with passengers or load is extremely impermissible. Therefore it may well be so, that it will be necessary to overcome the distance in several hundred kilometers without repair.*

*The technique of testing of diesels with a supercharging and without one is shown. Measuring devices errors are presented.*

*The results of block tests of CY4102BZQ serial diesel and this diesel with supercharging off line are presented. The possibility of CY4102BZQ diesel exploitation is well proved at turbocompressor breakdown.*

*It is determined that with the increase of loading the expense of fuel will grow (in loading modes about 12 %). Then maximal power will diminish per 20 % and the discharge of harmful substances will grow.*

**Key words:** diesel, turbo-supercharging, fuel consumption, ecological indices.