

А.А. Лісовал

**ВИПРОБУВАННЯ ВІДЦЕНТРОВОГО КОМПРЕСОРА НАДДУВУ
ФІРМИ ROTREX**

У статті наведено описання особливостей конструкції приводних відцентрових компресорів фірми Rotrex та результати випробувань компресора серії C15 на створеному безмоторному стенді. На автомобілях і мотоциклетній техніці приводні компресори, найчастіше, застосовують на поршневих двигунах з іскровим запалюванням. Сьогодні на автотракторних дизелях приводні компресори знаходять застосування в двоступеневих системах наддуву. Особливістю конструкції відцентрових компресорів серії C15 є компактність і швидкохідність – частота обертання колеса компресора досягає 200000 хв^{-1} . Фірма Rotrex застосувала в планетарній передачі замість шестернних сателітів циліндричні ролики на кулькових підшипниках. Конструкція нової серії C15 вийшла компактна, швидкохідна, з високим ККД та малошумна. Передавальне число на створеному стенді від вала електродвигуна до вала колеса компресора було 43. Частота обертання вала електродвигуна регулювалася за допомогою програмованого мікроконтролера, який регулював частоту струму. В процесі випробувань відцентрового компресора модифікації C15-20 в статичних режимах визначено робочу зону споживача стисненого повітря для цього компресора. Характеристики споживача стисненого повітря моделювалися спеціальними шайбами з мінімальними діаметрами від 10,1 до 14,0 мм. У робочому діапазоні споживача стисненого повітря (автомобільного двигуна внутрішнього згорання) досягнуто максимальний надлишковий тиск наддуву 1,1 ... 1,3 МПа при витратах повітря 460 ... 250 кг/год відповідно. Випробування підтвердили працездатність стенду для газодинамічних досліджень відцентрових компресорів. Стійко і надійно працювала електронна система управління частотою струму електродвигуна. Характеристики відцентрового компресора C15-20, результати випробувань засвідчують про його призначення у якості агрегату наддуву для двигунів легкових автомобілів з іскровим запалюванням та можливість застосування в системах комбінованого наддуву.

Ключові слова: двигун внутрішнього згорання, наддув, відцентровий компресор, випробування наддуву.

TESTS OF CENTRIFUGAL SUPERCHARGE OF ROTREX

The article describes the design features of Rotrex centrifugal supercharger and the results of tests of the new C15 series compressor on the newly designed motorless stand. On automobiles and motorcycle technology, superchargers are most often used on spark ignition engines. On automobile diesel engines, superchargers are used in two-stage turbocharging systems. The feature of centrifugal superchargers of the C15 series is compactness and high speed - the rotational speed of the compressor wheel reaches 200000 rpm. The company Rotrex used in planetary gear instead of gear satellites cylindrical rollers on ball bearings. The design of the C15 series turned out to be compact, high-speed, with high efficiency and low noise. The gear ratio on the created stand from the motor shaft to the shaft of the compressor wheel is 43. The frequency of rotation of the motor shaft was regulated using a programmable microcontroller, which regulated the frequency of the current. During testing of the centrifugal supercharger of modification C15-20 in static modes, the working area of the compressed air consumer for this supercharger was determined. The characteristics of the compressed air consumer were modeled with special washers with minimum diameters from 10.1 to 14.0 mm. The maximum overpressure after the compressor over a long period of time, which was obtained with a flow washer with a diameter of 10.1 mm, was 1.3 MPa. The air temperature after the compressor was 120 ... 130⁰C. In the working range of the consumer of compressed air (automobile internal combustion engine), the maximum overpressure of 1.1 ... 1.3 MPa is achieved at flow rates of 460 ... 250 kg/h, respectively. Tests have confirmed the performance of the stand for gas-dynamic tests of centrifugal superchargers. The electronic control system of the frequency of the electric motor current worked steadily and reliably. The characteristics of the C15-20 centrifugal supercharger, the test results indicate its purpose as a supercharger for engines of passenger cars with spark ignition and the possibility of using it in combined supercharging systems.

Key words: internal combustion engine, boost, centrifugal supercharger, boost tests.

Відомо, що приводні нагнітачі (компресори) наддуву використовуються на поршневих двигунах внутрішнього згорання давно. Спочатку це були роторно-зубчасті нагнітачі типу Рутса, потім – гвинтові і відцентрові [1]. Всі вони мають прискорюючу передачу і відбирають енергію на свій привод від колінчастого вала. З цієї причини приводні нагнітачі програють газотурбінному наддуву за максимальним значенням ступеня підвищення тиску наддуву. Мають приводні нагнітачі і переваги, одна із них – практично безінерційна подача повітря наддуву при зміні частоти обертання колінчастого вала двигуна.

На серійних бензинових двигунах з механічним приводом компресора надлишковий тиск наддуву не перевищує 0,08 ... 0,10 МПа. На автотракторних дизелях приводні нагнітачі застосовувалися вже давно – на двотактних дизелях [2, 3], а зараз знаходять застосування в двоступеневих системах комбінованого наддуву [1].

Виробники систем наддуву постійно ведуть роботи з удосконалення конструкцій як турбокомпресорів, так і приводних нагнітачів (компресорів). Результатом удосконалення є збільшення к.к.д. агрегатів наддуву, зменшення гідравлічного опору для газових потоків, зменшення тертя в приводі та підшипниках.

Мета доповіді – описання конструкції та дослідження нових приводних нагнітачів Rotrex серії С15, де для забезпечення високого тиску наддуву і к.к.д. застосовано відцентрове компресорне колесо, безударну планетарну передачу оригінальної конструкції, спеціальну систему мащення-охолодження.

Завдання дослідження: проаналізувати особливості конструкції нових приводних відцентрових компресорів фірми Rotrex серії С15, розробити стенд для безмоторних досліджень відцентрових компресорів, виконати випробування компресора серії С15 на створеному безмоторному стенді, проаналізувати результати випробувань, розробити рекомендації щодо можливостей застосування приводних відцентрових компресорів фірми Rotrex серії С15.

Особливістю відцентрових нагнітачів серії С15 є компактність і швидкохідність – частота обертання вала колеса компресора досягає 200000 хв⁻¹.

Значення максимального ступеня підвищення тиску (π_k) досягають 2,45 ... 2,94 за секундних витрат повітря 0,12 ... 0,10 кг/с відповідно для модифікацій С15-16 і С15-20. Ці модифікації розраховані на максимальну витрату повітря до 0,15 кг/с і застосовуються при форсуванні двигуна внутрішнього згорання до 120 ... 125 кВт.

Модифікація нагнітача С15-60 розрахована вже на витрату повітря до 0,22 кг/с і максимальне значення $\pi_k = 2,35$. З таким відцентровим компресором можливе форсування двигуна внутрішнього згорання до 175 кВт.

Колесо компресора з двома рядами лопаток різної висоти, розміщених у напрямку радіуса, приводиться в рух від вихідного і планетарної передачі. Остання отримує крутний момент від шківів (позиція Pully на рис. 1), який через 7-ми або 8-ми струмковий пасок створює кінематичний зв'язок з колінчастим валом двигуна. Дифузор щільний (без лопатковий), переходить в корпус типу равлик.

Зазвичай, у відцентрових приводних компресорах застосовують одноступеневу прискорюючу або планетарну передачі шестеренного типу [4]. Фірма Rotrex застосувала в планетарній передачі замість шестерні-сателітів циліндричні ролики з опорами на кулькових підшипниках, тобто передача крутного моменту від сонячної «шестерні без зубів» через три ролика-сателіта передається валу колеса компресора завдяки силам тертя між лініями контакту.

Конструкція нагнітача серії С15 є компактною, швидкохідною, з високими значеннями к.к.д. та малошумна. Для цієї серії відцентрових компресорів передавальне число безударної планетарної передачі становить 12,67.

Складовою частиною безударної планетарної передачі є індивідуальна система мащення-охолодження, яка входить в комплект поставки від фірми Rotrex. Оригінальною є і олива для цієї системи мащення-охолодження.

Випробування відцентрового нагнітача С15-20 проводили за сталих режимів на розробленому стенді. В ручному режимі на мікроконтролері виставляли необхідну електричну частоту струму, витримували робочу температуру нагнітача і визначали параметри повітряного потоку. В ході випробувань міняли спеціальні витратні шайби, діаметр отвору в яких був від 9 мм

до 16 мм. Витратні шайби встановлювали, як після ресивера, так і після компресора.

За результатами випробувань визначили гідравлічні витратні характеристики після ресивера і після компресора.

Встановлено, що із зростанням частоти обертання вала компресора і при збільшенні витрати споживачем характеристики при постійній частоті обертання серійного компресора різко знижуються і потрапляють в зону малих значень к.к.д. Це відчувалося вже після 130000 хв^{-1} вала компресора. З цієї причини досягти високого тиску наддуву на зібраному стенді з витратними шайбами з діаметром отворів 12,6 мм і більше не вдалося. Стрімке падіння частоти обертання вала компресора в зону низьких к.к.д. за великих витрат споживача – це негативний момент в роботі нагнітача С15-20.

Максимальний надлишковий тиск після компресора протягом тривалого періоду часу, який вдалося отримати з витратною шайбою з діаметром отвору 10,1 мм, становив 1,3 МПа. Температура повітря після компресора була 120 ... 1300С.

Нагнітач С15-20 краще застосовувати для форсування бензинових двигунів легкових автомобілів, для покращення динамічних властивостей автомобіля.

Характеристики серійних модифікацій С15-16, С15-60 відрізняються від С15-20 кутом нахилу кривих за постійної частоти обертання компресора, швидкохідністю і зміщенням найвищих значень к.к.д. в зону вищих частот обертання компресора [5].

Нагнітач С15-60 може бути використаний самостійно і на дизелях, через більші витрати повітря. Всі нагнітачі серії С15 можуть бути використані в комбінованих системах наддуву. Для створення останніх необхідно провести експериментальні дослідження динамічних властивостей нагнітачів. Дослідження нагнітачів в динамічних режимах можна провести на створеному безмоторному стенді.

Випробування підтвердили працездатність створеного стенда для газодинамічних досліджень відцентрових компресорів. Надійно і з достатньою точністю працювала електронна система управління частотою струму електромотора.

В процесі випробувань відцентрового компресора модифікації С15-20 в статичних режимах визначена робоча зона споживача стисненого повітря для цього компресора. Характеристики споживача стисненого повітря моделювалися спеціальними шайбами з діаметром отвору від 10,1 до 14,0 мм. У робочому діапазоні споживача (автомобільного двигуна внутрішнього згорання) стиснутого повітря досягнуто максимальний надлишковий тиск наддуву 1,1 ... 1,3 МПа при витратах повітря 460 ... 250 кг/год відповідно.

Характеристики відцентрового компресора С15-20, результати випробувань засвідчили його призначення в якості агрегату наддуву для двигунів легкових автомобілів з іскровим запалюванням і можливість застосування його в системах комбінованого наддуву.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Патрахальцев Н.Н. Форсирование двигателей внутреннего сгорания наддувом / Н.Н. Патрахальцев, А.А. Савастенко. – М.: Легион Автodata, 2002. – 176 с.
2. Карягин А.В. Устройство, обслуживание и правила движения автомобилей / А.В. Карягин, Г.М. Соловьев. – М.: Военное издательство МО СССР, 1957.
3. Ханин Н.С. Наддув и нагнетатели автомобильных двигателей / Н.С. Ханин, А.Н. Шестак, Е.Н. Зайченко, Ю.Н. Динеев. – М.: Машиностроение, 1965. – 221 с.
4. «Get inside ProCharger», available at: <http://www.procharger.com>.
5. «Rotrex C15 supercharger range», available at: <http://www.rotrex.com>

Лісовал Анатолій Анатолійович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету, Київ, Україна, e-mail: li-dvz@bigmir.net

Lisoval Anatolii A., Doctor of Technical Science, Professor, National Transport University, Professor of the Department of engines and heat engineering, Kyiv, Ukraine, e-mail: li-dvz@bigmir.net