

DOI: 10.26730/1999-4125-2017-4-121-125

УДК 669.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЕМКОСТИ РЫНКА ТКР В КУЗБАССЕ, А ТАКЖЕ
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ И ВОЗМОЖНОСТЬ ЗАМЕЩЕНИЯ
РЕМКОМПЛЕКТОВ ДЛЯ РЕМОНТОВ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ
СПЕЦТЕХНИКИ ИМПОРТНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**RESEARCH OF MARKET CAPACITY, ECONOMIC EFFECT AND POSSIBILITY
OF REPLACEMENT OF REPAIR COMPONENTS FOR REPAIR OF
TURBOCHARGERS ON SPECIAL-PURPOSE VEHICLES OF FOREIGN
PRODUCTION**

Плотвина Алена Олеговна¹,

директор, e-mail: alena.plotvina.76@mail.ru

Plotvina Alena O.¹, postgraduate, Director

Нешев Алексей Васильевич²,

директор, e-mail: turboost-siberia@mail.ru

Neshev Alexey V.², Director

Черкасова Татьяна Григорьевна³,

доктор хим. наук, профессор, e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

Cherkasova Tatyana G.³, Dr. Sc., Professor, Director of the Institute

¹Производственно-Промышленная компания «ЕРМАК», 650519, Россия, Кемеровская область, Кемеровский район, деревня Сухая речка, ул. Школьная, 5

¹Production and Industrial Company "ERMAK", 5, ul. Shkolnaya, Village Sukhaya Rechka, 650519, Russian Federation, Kemerovo Region, Kemerovo district

²Компания «ТурбоОст-Сибирь», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Николая Островского, 15

²TurboOst-Siberia, 15, ul. Nikolaya Ostrovskogo, Kemerovo, 650000, Russian Federation

³Кузбасский государственный технический университет, имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

³T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, ul. Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Аннотация. В статье приведены итоги исследования емкости рынка Кемеровской области, а также показан экономический эффект от ремонтно - восстановительных работ, проводящихся для возобновления работоспособности турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания импортного производства. Актуальность работы заключается в существенном снижении себестоимости при ремонтах, так как при выходе из строя турбокомпрессора, сервисные организации производят полную замену данного узла, что приводит к существенному удорожанию, влекущему за собой необоснованные затраты для Российских предприятий эксплуатирующих данную технику. Целью работы стало замещение импортных ремкомплектов на ремкомплекты собственного производства в Кемеровской области, так как на мировом рынке запасных частей представлены далеко не все виды необходимых нам деталей. В процессе работы использовались методы экономического исследования, такие как: наблюдение и сбор фактов, анализ и синтез статистических данных горнодобывающей отрасли Кемеровской области. В результате, возникла потребность выявления состава материалов, используемых при производстве импортных ТКР, в связи с этим нами предложены дальнейшие действия для выяснения недостающей информации.

Abstract. The article presents the results of the study of the market capacity of the Kemerovo region, as well as the economic effect of the repair and restoration work carried out for the renewal of turbochargers performance of imported combustion engines. The urgency of the work consists in a significant reduction in the cost of repairs, as when the turbocharger fails service organizations make a complete replacement of this unit, which leads to a significant increase in cost, which entails unreasonable costs for Russian enterprises operating this equipment. The aim of the work was to substitute imported repair kits for repair kits of our own production

in the Kemerovo region, as the world spare parts market does not present all the types of parts we need. In the process of work, the methods of economic research were as follows: observation and collection of facts, analysis and synthesis of statistical data of the mining industry of the Kemerovo region. The study revealed a lack of the necessary information on the materials used for manufacturing of the component parts of the imported repair kits; hence, we proposed further actions for finding out the missing information.

Ключевые слова: турбокомпрессор, импортозамещение, ремкомплект, экономический эффект, подшипниковый узел, антифрикционный сплав.

Keywords: turbocharger, import substitution, repair kit, economic effect, bearing assembly, antifriction alloy.

Проблема увеличения экспорта российских продуктов на внешние рынки и снижения доли импортных товаров на внутреннем рынке решается путем импортозамещения, т.е. замены импортируемых из-за рубежа продуктов и технологий на отечественные, производимые на российских предприятиях. При этом отечественные продукты по качеству и цене должны быть более привлекательными, чем их зарубежные аналоги.

Турбокомпрессор – это агрегат, работающий в условиях, близких к экстремальным. Высокие скорости вращения ротора (до 240 000 об/мин) и достаточно высокие температуры (от 700°C и выше) формируют высокие требования к качеству изготавливаемых изделий [1].

Качественные турбокомпрессоры (далее по тексту – ТКР) для импортной техники изготавливают всего несколько всемирно известных компаний. Производители ТКР утверждают, что ресурс их изделий сравним с ресурсом двигателя. Это утверждение верно при условии полной исправности всех систем двигателя, его безупречной эксплуатации и обслуживания. К сожалению, так бывает не всегда. Действительно, современные оригинальные турбины, изготавливаемые на высокотехнологичных автоматизированных линиях, проходят строжайший многоступенчатый контроль качества. Тем не менее, в процессе эксплуатации техники оснащенной турбонаддувом, турбину приходится менять, а иногда и не один раз [2].

Основными тенденциями рынка являются:

1. Средний возраст 50% автопарка составляет более 10 лет, что обуславливает увеличение доли новых автомобилей, оборудованных турбонаддувом.

2. Рост стоимости ГСМ создает потребность в более экономичном транспорте, что обеспечивает рост доли зарубежных автомобилей как среди частных автовладельцев, так и среди транспортных компаний.

3. Минэкономразвития прогнозирует рост рынка автомобилей на 5% в год.

Причем, сервисные организации находящиеся на территории России и являющиеся филиалами, производящими ремонт автомобилей и спецтехники импортного производства при выходе из строя ТКР, зачастую производят

полную замену данного узла, что приводит к существенному удорожанию ремонта, влекущего за собой необоснованные затраты для Российских предприятий эксплуатирующих данную технику [3, 4].

Итоги исследования емкости рынка ремонтов ТКР, для спецтехники импортного производства в Кемеровской области показаны в табл. 1 [5]:

На основе итогов, показанных в табл.1 мы можем просчитать экономический эффект от ремонтно-восстановительных работ турбокомпрессоров.

При исследовании рынка, проанализированы и выведены средние цены на различные типы оригинальных импортных ТКР. В ходе наших исследований выявился экономический эффект от ремонтно-восстановительных работ, отраженный в таблице 2, показанный на примере турбокомпрессора HOLSET каталожный номер НХ83 № 353756636, 3599008, 3599009, 4089297, 2843378, 2838542 известного зарубежного производителя.

На основе приведенных данных об экономическом эффекте ремонтно-восстановительных работ турбокомпрессоров, мы можем сделать вывод об актуальности поднятия данной темы.

Ввиду того, что, согласно предлагаемому комплексному подходу к ремонту турбокомпрессоров, в каждом конкретном случае будет генерироваться индивидуальная технология, учитывающая значения величин геометрических параметров и дефектного узла [6].

В процессе эксплуатации ТКР, подшипниковый узел испытывает три режима работы: режим пуска, режим нормальной работы, режим остановки. Режим пуска характеризуется граничным трением, что приводит к повышенному износу, вызванному недостаточным давлением масла в магистрали системы смазки. Режим нормальной работы характеризуется наличием масляного клина и условиями жидкостного трения. Этот режим работы является оптимальным для сопряженных поверхностей, т.к. значение величины износа зависит в основном от содержания абразивных включений в смазывающем масле и величинами дисбаланса ротора. В режиме остановки процессы, возникающие в подшипниковом узле, аналогичны процессам режима пуска. Падение давления в

Таблица 1. Итоги исследования емкости рынка ремонтов ТКР, для спецтехники импортного производства в Кемеровской области
Table 1. Results of the study of the capacity of the turbocharger repair market for imported special-purpose machinery in the Kemerovo region

Спецтехника	Кол-во в парке 3-х предприятий (шт.)	Межсервисный пробег, м/ч	Годовой пробег, м/ч	Коеф-т ремонтов в год	Кол-во ремонтов в год (шт.)
БелАЗ	550	15 000	6 500	0,43	238
Погрузчики	247	6 000	6 500	1,08	268
Бульдозеры	192	6 000	6 500	1,08	209
					715

Таблица 2. Экономический эффект от ремонтно-восстановительных работ турбокомпрессора HOLSET каталожный номер HX83 № 353756636, 3599008, 3599009, 4089297, 2843378, 2838542
Table 2. The economic effect of the repair work of the turbocharger HOLSET catalog number HX83 No. 353756636, 3599008, 3599009, 4089297, 2843378, 2838542

	Кол-во ремонтов (шт.)	Примерная цена оригинального ТКР с завода (рубл.)	Средняя цена ремонтно-восстановительных работ (рубл.)	Экономический эффект, (рубл.)
Разовый	1	800 000,00	50 000,00	750 000,00
В месяц	60	48 000 000,00	3 000 000,00	45 000 000,00
В год	720	576 000 000,00	36 000 000,00	540 000 000,00

системе смазки происходит из-за резкого прекращения её работы, в результате остановки вращения коленчатого вала ДВС. По причине того, что вал ротора является физическим телом, имеющим массу, он, согласно закону инерции, некоторое время продолжает вращательное движение. При недостатке давления в системе смазки наступает момент перехода вида трения с жидкостного на граничное, что приводит к повышенному износу сопряженных поверхностей [7].

Дополнительным фактором негативного влияния является повышенная температура. Сочетание данных факторов приводит к повышению температуры в районе перехода втулки турбинного колеса и рабочей поверхности вала ротора. Превышение температуры более 500°C [8], а затем остывание в многократной повторности, создает условия структурных изменений в кристаллической решетке, тем самым изменяя физико-механические свойства материала[9].

Во всем мире, в основном, для изготовления вкладышей подшипников скольжения применяют антифрикционные сплавы. Эти сплавы должны обладать небольшим коэффициентом трения, хорошей прирабатываемостью, небольшой твердостью, высокой теплопроводностью, способностью образовывать коллоидные продукты истирания, защищающие шейку вала от износа, высокой ударной вязкостью и

микропористостью для удержания смазки. Для удовлетворения основных требований, предъявляемых к антифрикционным материалам, структура сплава должна состоять из пластичной основы с расположенными в ней твердыми кристаллами другой какой-либо фазы [10].

Для обеспечения этих свойств структура антифрикционных сплавов должна быть гетерогенной, состоящей из мягкой и пластичной основы и включений более твердых частиц. При вращении вал опирается на твердые частицы, обеспечивающие износостойкость, а основная масса, истирающаяся более быстро, прирабатывается к валу и образует сеть микроскопических каналов, по которым циркулирует смазочный материал и уносятся продукты износа.

Свинцовистая бронза БрС30 обладает высокими антифрикционными свойствами и применяется для сильно нагруженных подшипников с большими удельными давлениями (например, коренные подшипники турбин) [11].

Свинцовая бронза БрС30 была разработана в качестве заменителя оловянных бронз и получила широкое распространение в промышленности.

Свинцовые бронзы среди других медных сплавов отличаются хорошими антифрикционными свойствами, особенно – хорошей прирабатываемостью и способностью выдерживать большие удельные давления (до 250–300 кг/см²) при окружных скоростях 8–10 м/с. Их применяют для изготовления

высоконагруженных ответственных опорных и шатунных подшипников мощных турбин, авиационных моторов, дизелей и других машин. Свинцовая бронза почти в 4 раза превосходит оловянные бронзы по теплопроводности, поэтому допускаются более высокие рабочие температуры [12].

Предел прочности бронзы БрС30 менее 60 МПа, относительное удлинение 4 %, твердость 245 МПа [13].

Наличие монотектического превращения в системе Cu – Pb (расслоения жидкости на два жидких слоя) указывает на вероятность сильной ликвации. При первичной кристаллизации сначала формируются кристаллы чистой меди, которые оттесняют обогащенную свинцом жидкость в междокристаллитное пространство, где она кристаллизуется в виде крупных включений [14].

Чем крупнее кристаллы меди (при медленном охлаждении), тем более неравномерное распределение свинца по объему отливки и хуже антифрикционные свойства. Чтобы снизить ликвацию свинца, необходимо ускоренное охлаждение. Наилучшие результаты получаются при заливке бронзы тонким слоем на охлаждаемые стальные ленты или заготовки из стальных труб [15].

В нашем случае наиболее приемлем вариант заливки бронзы в заготовки из стальных труб.

На начальном этапе исследований выявилось, что практически все ремкомплекты содержат

бронзовые детали, это одна или две втулки (в зависимости от конструкции ТКР) и один упорный подшипник. Так же при закупе данных импортных ремкомплектов в каталогах зарубежных производителей не прописаны составы сплавов, используемые при изготовлении деталей турбокомпрессоров.

В результате, возникла потребность выявления состава материалов (спектральный анализ) используемых при производстве импортных ТКР. Данное исследование необходимо для подбора сплава бронзы соответствующему российскому ГОСТ при собственном производстве деталей ТКР.

В ходе научной работы планируются следующие дальнейшие действия:

- экспериментальные исследования деталей, составляющих импортные ремкомплекты (спектральный анализ);
- подбор материалов для изготовления деталей собственного производства;
- подбор методов производства и восстановления деталей турбокомпрессоров;
- изучение инноваций внедренных на данный момент в технологии производства и восстановления деталей турбокомпрессоров;
- изготовление и введение в работу деталей собственного производства с улучшенными свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vistamehr A. Analysis of automotive turbocharger nonlinear vibrations including bifurcation : a thesis master of science – Texas A&M University, 2009. – 100 p.
2. Симсон А.Э. Турбонаддув высокооборотных дизелей /А.Э.Симсон, В.Н. Каминский., Ю.Б. Моргулис. и др. - М.: Машиностроение, 1976. – 286 с.
3. Морозов А.В. Повышение качества ремонта турбокомпрессора / А.В. Морозов, Л.В.Федорова, С.К.Федоров// Сельский механизатор. – 2007. - №1. – С. 28.
4. Лямцев Б. Ф. Турбокомпрессоры для наддува двигателя внутреннего сгорания. Теория, конструкция и расчет : учебное пособие / Б.Ф. Лямцев, Л. Б. Микеров. – Ярославль : Изд-во Яросл. гос. техн. ун-та, 1995. – 132 с.
5. Нешев А.В. Бизнес-план ООО «ТурбоОст-Сибирь» - Кемерово: 2015 - 50 с.
6. Iscar Russia Cutting Tool -Metal Working Tools – поиск [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.iscar.com/eCatalog/Index.aspx> Загл. с экрана.
7. Горбенко А.Н. Анализ причин возникновения крутильных колебаний в турбокомпрессоре содового двигателя. / А.Н. Горбенко, М.В. Демьяненко // Наука і освіта, Рибне господарство України 3/2013 С 54-61.
8. Ханин Н.С. Автомобильные двигатели с турбонаддувом / Н.С.Ханин, Э.В.Аболтин, Б.Ф.Лямцев и др. – М.: Машиностроение, 1991.-336 с.
9. Овчинников А.В. Разработка стратегии выбора ремонтно-восстановительных воздействий для обеспечения работоспособности турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания (на примере семейства турбокомпрессоров ТКР-6) / Научный руководитель: доктор технических наук профессор Сенин П.В.- Саранск: 2015 – 205 с.
10. Nakhjiri, M. Physical modeling of automotive turbocharger compressor: Analytical approach and validation / M. Nakhjiri, P. F. Pelz, B. Matyschok, A. Horn, L. Däubler // SAE International, Commercial Vehicle Engineering Congress, Chicago, IL, USA. – 2011.
11. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/Подред. А.Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1986. 656 с, ил.

12. Сабеев К.Г. Восстановление подшипника ротора турбокомпрессора / Сабеев К.Г., Ю.И. Попович, и др //Механизация и электрификация сельского хозяйства, №11, 1989.- С.32.
13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. /Под ред. А. М. Дальский и др.— М.: Машиностроение, 2003. 1856 с.
14. Козырев С.П. Гидроабразивный износ металлов при кавитации./ С.П. Козырев - М.: Машиностроение, 1974.- 259 с
15. Энциклопедия "Машиностроение". Раздел II Материалы в машиностроении. Том II-3 Цветные металлы и сплавы. Композиционные металлические материалы/ Председатель редакционного совета, главный редактор - академик Фролов К. В.-М.: Машиностроение, 1994-2013 – 40 томов.

REFERENCES

1. Vistamehr A. Analysis of automotive turbocharger nonlinear vibrations including bifurcation : a thesis master of science. – Texas A&M University, 2009. – p.100.
2. Simson A.E. Turbonadduv vysokooborotnykh dizeley [Turbocharging of high-speed diesel engines] / A.E. Simson, V.N. Kaminsky., Yu.B. Morgulis. And others - M.: Mechanical Engineering, 1976. – p.286.
3. Morozov A.V. Povysheniye kachestva remonta turbokompressorov [Improving the quality of turbocharger repair] / A.V. Morozov, L.V. Fedorova, S.K. Fedorov // The Rural Mechanizer. - 2007. - №1. - p.28.
4. Lyamtsev B.F. Turbokompressory dlya nadduva dvigatelya vnutrennego sgoraniya. Teoriya, konstruktsiya i raschet : uchebnoye posobiye [Turbochargers for supercharging an internal combustion engine. Theory, construction and calculation: a tutorial] / B.F. Lyam-tsev, L.B. Mikerov. - Yaroslavl: Yaroslavl Publishing House. State. Tech. University, 1995. – p.132.
5. Neshev A.V. Biznes-plan OOO «TurboOst-Sibir» [Business plan of Ltd “TurboOst-Siberia”] / Kemerovo: 2015 – p.50.
6. Iscar Russia Cutting Tool -Metal Working Tools. - URL: <http://www.iscar.com/eCatalog/Index.aspx> (20.02.2017)
7. Gorbenko A.N. Analiz prichin vozniknoveniya krutit'nykh kolebaniy v turbokompressorov sodovogo dvigatelya [Analysis of the causes of torsional vibrations in the turbocharger of a soda engine.] / A. N. Gorbenko, M.V. Demyanenko // Science I Osvita, Ribne State of Ukraine Ukraine, 3,2013, pp. 54-61.
8. Khanin N.S. Avtomobilnye dvigateli s turbonadduvom [Automobile engines with a turbo-supercharging] / N.S. Khanin, E.V. Aboltin, B.F. Lamtsev and others - M.: Mechanical Engineering, 1991.- p.336.
9. Ovchinnikov A.V. Razrabotka strategii vybora remontno-vosstanovitel'nykh vozdeystviy dlya obespecheniya rabotosposobnosti turbokompressorov dvigateley vnutrennego sgoraniya (na primere semeystva turbokompressorov TKR-6) [Development of a strategy for selecting repair and recovery impacts to ensure the performance of turbochargers of internal combustion engines (for example, the family of turbochargers TKR-6)] / Scientific adviser: Doctor of Technical Sciences Professor Senin P.V.-Saransk: 2015 – p.205.
10. Nakhjiri, M. Physical modeling of automotive turbocharger compressor: Analytical approach and validation [Physical modeling of automotive turbocharger compressor: Analytical approach and validation] / M. Nakhjiri, P. F. Pelz, B. Matyschok, A. Horn, L. Däubler // SAE International, Commercial Vehicle Engineering Congress, Chicago, IL, USA. – 2011.
11. Spravochnik tekhnologa-mashinostroitelya [Handbook of the technologist-machine builder. In two vols.] T. 1 / Podred. A.G. Kosilova and RK Meshcheryakova .- 4 th ed., Pererab. And additional .- Moscow: Mashinostroenie, 1986. p.656, ill.
12. Sabeyev K.G. Vosstanovleniye podshipnika rotora turbokompressorov [Restoration of the bearing of the turbocharger rotor] / Sabeyev K.G., Yu.I. Popovich, et al // Mechanization and electrification of agriculture, No. 11, 1989. p.32.
13. Spravochnik tekhnologa-mashinostroitelya [Handbook of the technologist-machine builder. In 2 vols.] / Ed. A. M. Dalsky and others. - M.: Mechanical Engineering, 2003. p.1856.
14. Kozыrev S.P. Gidroabrazivnyy iznos metallov pri kavitatsii [Hydroabrasive wear of metals during cavitation.] / S.P. Kozыrev - M.: Mechanical Engineering, 1974.- p.259.
15. Entsiklopediya "Mashinostroyeniye". Razdel II Materialy v mashinostroyenii [Encyclopedia "Mechanical Engineering". Section II Materials in mechanical engineering]. Volume II-3 Non-ferrous metals and alloys. Composite metallic materials / Chairman of the Editorial Board, Editor-in-Chief - Academician Frolov KV-M.: Mechanical Engineering, 1994-2013 - 40 volumes.

Поступило в редакцию 29 мая 2017

Received 29 May 2017