

**УДК 621**

В. В. Дідур, к.т.н., ORCID 0000-0001-7584-5073

Є. А. Петриченко, к.т.н.

В. Є. Гуцуляк, магістрант

Уманський національний університет садівництва

e-mail: [didur.vv@gmail.com](mailto:didur.vv@gmail.com), тел: 098-574-96-53

## **АНАЛІЗ ЗНОСІВ І ДЕФЕКТІВ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛУ КОМПРЕСОРА АВТОМОБІЛЯ ТА СПОСОБІВ ЇХ УСУНЕННЯ**

*Анотація.* Перед ремонтною промисловістю стоять завдання підвищення якості ремонту автомобілів, зниження собівартості капітального ремонту як автомобіля загалом, так і його агрегатів, повнішого використання ресурсу, закладеного в конструкцію. Ця робота є складовою досліджень присвячених підвищенню післяремонтної довговічності вузлів тертя компресорів автомобілів. В статті описано призначення та умови роботи компресора, його будову. Надано схему основної деталі компресора – колінчастого валу. Описано його умови роботи та основні дефекти та зноси. Надано технічні умови на колінчастий вал компресора та схему мікрометражних досліджень. Основні статистичні характеристики розподілення зносу по діаметру корінних і шатунних шийок колінчастого валу компресору. Вказані недоліки найбільш економічно ефективних способів усунення дефектів, визначено раціональний спосіб відновлення корінних та шатунних шийок колінчастого валу компресора.

*Ключові слова:* компресор, колінчастий вал, знос, дефект, спосіб відновлення.

*Постановка проблеми.* Авторемонтне виробництво сьогодні перекладається на індустріальну основу. Поряд із діючими авторемонтними підприємствами створюються підприємства з фірмового обслуговування та ремонту автомобілів. Особливої ваги набувають роботи, спрямовані на реконструкцію існуючих виробництв з ремонту агрегатів. При цьому основними цілями реконструкції є: вдосконалення технології, модернізація обладнання та оснащення. Вирішуються завдання щодо покращення умов праці, механізації та автоматизації виробництва, а також питання більш ефективного захисту навколишнього середовища. Перед ремонтною промисловістю стоять завдання підвищення якості ремонту автомобілів, зниження собівартості капітального ремонту як

автомобіля загалом, так і його агрегатів, повнішого використання ресурсу, закладеного в конструкцію.

*Аналіз останніх досліджень.* Проблемам відновлення деталей авто-тракторної техніки, як важливому резерву енерго- та ресурсозбереження в машинобудуванні, присвячені роботи таких науковців, як Діллон Б.С., Коббасі К.А.Х., Д.Н. Прабхакар Мурті, Криворучко О. М, Яковлева А.П., Смелов А.О. [1-5]. В роботах Дашивець Г. І., Паніної В. В., Бондаря А. М. розглядається питання впливу рівня виробничих ресурсів на якість ремонту машин, також представлені результати дослідження затребуваності послуг технічного сервісу в регіоні, обґрунтуванню вибору обладнання для раціонального способу відновлення колінчастого валу [6-8]

Аналіз результатів наукових досліджень і публікацій підтверджує доцільність продовження вивчення проблеми розвитку технологій і технічних засобів для відновлення деталей авто-тракторної техніки, а також те, що великі потенційні можливості у справі підвищення економічних показників ремонтних підприємств закладено у проблемі відновлення зношених деталей (використання вторинних ресурсів) та підвищення їхньої зносостійкості.

*Формулювання мети статті.* Метою даної роботи є визначення дефектів та зносів основної деталі компресора – колінчастого валу, з метою подальшої розробки ефективного технологічного процесу ремонту автомобільних компресорів, який забезпечить їхню надійність у процесі експлуатації.

*Основна частина.* Компресор входить до складу пневматичної гальмівної системи автомобіля та призначений для нагнітання повітря в ресивери, звідки через гальмівний кран стиснене повітря подається до гальмівних камер колісних механізмів. Компресор працює в жорсткому температурному режимі, він піддається нагріванню як у процесі стискання повітря, так і з боку працюючого двигуна. Деталі компресору працюють в умовах підвищеного тертя, сприймають знакозмінні динамічні навантаження, навантаження від тиску повітря при його стисканні. Також компресор піддається впливу зовнішнього агресивного середовища: пилу, вологи тощо.

Будова автомобільного компресору багато в чому подібна до будови двигуна (за винятком самого процесу внутрішнього згоряння) і за аналогією з двигуном компресор має шатунно-поршневі і клапанні механізми, систему охолодження, мащення та живлення атмосферним повітрям, пристрої приводу та регулювання тиску.

Шатунно-поршневий механізм компресору включає такі основні деталі: один або кілька циліндрів; поршень з поршневими кільцями та шатун, з'єднані поршневим пальцем; колінчастий вал, підшипники якого встановлені в картері компресору.

Клапанний механізм складається зазвичай з автоматичних клапанів, що переміщуються під дією тиску повітря в циліндрі, та їх пружин. В компресорах зазвичай застосовуються плоскі пластинчасті металеві клапани: впускний та випускний (нагнітальний). Сідло впускного клапану буває розташоване в циліндрі або головці, сідло випускного – в головці.

Усі деталі зазначених механізмів компресору, як правило, металеві: циліндр виготовляється із чавуну; головка, картер, поршень – чавунні чи алюмінієві; шатун – сталевий чи алюмінієвий; колінчастий вал – сталевий чи чавунний; клапани, їх пружини та сідла, поршневий палець – сталеві.

Живлення компресору атмосферним повітрям обов'язково проводиться з очищенням через фільтр. З цією метою використовується повітряний фільтр двигуна чи власний автономний фільтр компресору.

Охолодженням компресора вирішуються три завдання: покращення параметрів робочого циклу та підвищення продуктивності компресору, оскільки зниження температури повітря в циліндрі підвищує його наповнення; зниження термонавантаженості деталей компресору, що знаходяться в контакті з нагрітим стисненим повітрям (циліндр, поршень, головка циліндрів, клапани та їх пружини тощо), і тим самим підвищення довговічності цих деталей; зменшення температури масла, яке знаходиться на стінках циліндру, внаслідок чого покращуються фізико-хімічні характеристики масла, що запобігає утворенню нагару.

Система охолодження компресору може бути повітряною, водяною чи змішаною. У першому випадку охолодження деталей компресору (циліндра і головки), що найбільш нагріваються, здійснюється за рахунок наявності на їх поверхні великого числа ребер. У другому випадку головка та верхня частина циліндру мають водяні сорочки, в які подається вода від системи охолодження двигуна. При змішаному охолодженні головка охолоджується водою, а циліндр має ребра повітряного охолодження.

Ефективність водяного охолодження значно вища, ніж повітряного. Внаслідок цього поверхня тепловіддачі при повітряному охолодженні повинна бути в 20-30 разів більшою, ніж при водяному. Оскільки досягти цього при існуючих конструктивних обмеженнях практично неможливо, нагрівання компресору з повітряним охолодженням на 20 – 50°C вище, ніж водяним. Різниця в температурі стисненого повітря досягає при цьому 35 – 70°C.

Змащуванням компресору вирішуються наступні питання: зменшення тертя між деталями, що рухаються, і тим самим зниження споживаної компресором потужності двигуна; зменшення

температури деталей компресора, що особливо важливо для циліндра, поршня та поршневих кілець; підвищення (за рахунок масляної плівки) ущільнення між поршнем та циліндром; захист деталей компресору від корозії

В автомобільному компресорі є різні види рухомих з'єднань, що труться. Для них використовують мащення розбризкуванням з масляної ванни в картері або примусове мащення від системи мащення двигуна.

Для регулювання тиску в приводі після підвищення до заданого рівня подача стисненого повітря від компресора відключається.

Компресор автомобіля КамАЗ – двоциліндровий (рис.1), з рядним розташуванням циліндрів, живлення атмосферним повітрям здійснюється від повітряного фільтру двигуна, охолодження водяне, мащення примусове від системи мащення двигуна, привід - шестеренний від розподільчих шестерень двигуна. Компресор встановлений у розвалі циліндрів двигуна та кріпиться на передньому торці блоку розподільчих шестерень.

Компресор має блок циліндрів 19, головку 17, що кріпиться до блоку за допомогою восьми шпильок, і картер 9, закритий знизу нижньою кришкою 25, а ззаду – кришкою 23. У картері 9 на двох шарикопідшипниках 8 обертається колінчастий вал 7, встановлений ущільнювач 4, підтистутий пружиною 5 до штуцера, яким по трубці підводиться масло від системи мащення двигуна під тиском 1-5 кгс/см. На колінчастому валі 7 встановлені шатуни 11, пов'язані з поршнем 16 за допомогою плаваючих пальців 14. Від осьового переміщення пальці в бобишках поршня фіксуються упорними кільцями. На поршні встановлено поршневі кільця: два компресійні та одне маслознімне.

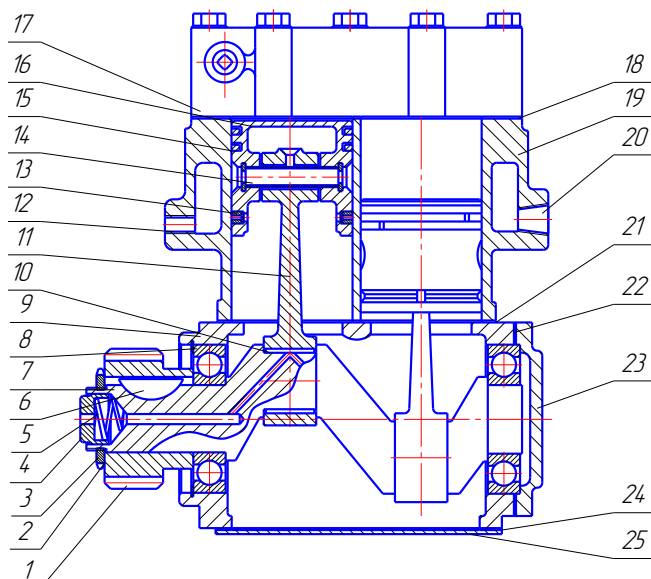


Рисунок 1. Компресор

Колінчастий вал є основною деталлю автомобільного компресору. Він призначений для перетворення обертового руху, що передається від двигуна автомобіля через зубчасту передачу на вал, в зворотно-поступальний рух поршнів компресору, які нагнітають повітря в пневматичну систему керування гальмівними механізмами. У процесі роботи колінчастий вал зазнає значних знакозмінних динамічних навантажень, піддається впливу крутних і згинальних моментів. Деталь під час роботи нагрівається, мастило проводиться примусово від системи мащення двигуна через масляні канали.

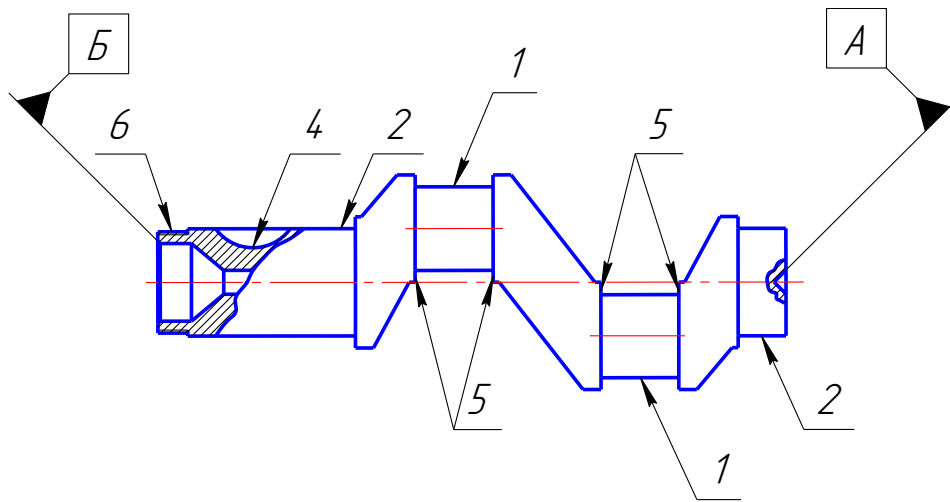


Рисунок 2. Колінчастий вал компресору

Таблиця 1

Технічні умови на колінчастий вал компресору.

Позначення (рис.1)	Найменування дефекту	Розміри, мм		Висновок
		Номінальний	Допустимий без ремонту	
1	2	3	4	5
1	Знос шатунних шийок	28,5 <sub>-0,021</sub>	28,47	Перешліфування під рем. розмір; нанесення покриття
		1-ий рем. 28,2 <sub>-0,021</sub>	28,17	
		2-ий рем. 27,9 <sub>-0,021</sub>	27,87	



Дефектом, який найбільш часто зустрічається, є знос шатунних і корінних шийок. Результати проведених мікрометражних досліджень надано в таблиці 2

Таблиця 2

Основні статистичні характеристики розподілу зносу по діаметру корінних і шатунних шийок колінчастого валу компресора

Найменування зношеної поверхні	Середньоарифметичне значення зносу $x$ , мм	Модальне значення $M_0$ , мм	Розмах $K$ , мм	Середньоквадратичне відхилення $G_x$ , мм
A-A, 1	34,830	34,805	0,180	5,09
B-B, 1	34,843	34,853	0,249	5,328
A-A, 6	34,835	34,809	0,227	5Д
B-B, 6	34,848	34,798	0,202	4,811
A-A, 2	27,819	27,825	0,490	12,008
B-B, 2	27,859	27,823	0,484	12,344
A-A,3	27,816	27,775	0,593	12,937
B-B,3	27,851	27,858	0,491	12,879
A-A, 4	27,819	27,786	0,494	14,705
B-B, 4	27,858	27,821	0,486	12,746
A-A, 5	27,831	27,823	0,495	17,261
B-B, 5	27,847	27,823	0,488	13,402

Виходячи з величини зносу, геометричної форми дефектів, фізико-механічних властивостей дновлюваної деталі було розглянуто наступні можливі способи видалення даних дефектів: перешліфування в ремонтний розмір; залізнення; хромування; наплавлення в середовищі  $CO_2$ ; вібродуговою наплавкою.

Найбільш економічно ефективними методами усунення дефектів є перешліфування в ремонтний розмірі та залізнення. Але перешліфування має обмежене застосування, оскільки більшість валів, що надходять в ремонт, мають розмір менший за ремонтний. Відновлення валу залізненням є проблематичним в даних умовах, через необхідність забезпечення безпечних умов праці та побудови очисних споруд для стокових вод. Так само для отримання необхідної

товщини покриття процес залізнення виходить тривалим за часом. В наслідок вказаних причин найбільш раціональним є відновлення наплавкою в середовищі CO<sub>2</sub>.

*Висновки.* Однією з основних причин зміни технічного стану компресору є знос колінчастого валу, а саме зміна геометричної форми шийок.

При відновленні колінчастого валу компресора найбільш доцільно використовувати спосіб електродугової автоматичної наплавки в середовищі вуглекислого газу з подальшою термічною обробкою, оскільки він має значні переваги перед іншими способами щодо простоти процесу, універсальності, ефективності, надійності, можливості спостереження за формуванням наплавленого шару, низької вартості та недефіцитності захисного середовища, меншим тепловкладенням в наплавлювану деталь. Термічна обробка колінчастих валів дозволяє досягти твердості шийок 48-52 HRC.

Подальші дослідження будуть присвячені розробці ефективного технологічного процесу ремонту автомобільних компресорів, який забезпечить їхню надійність у процесі експлуатації

#### **Список використаних джерел**

1. Dhillon B.S. Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers. Taylor & Francis Group, LLC, 2006. 214 p.

2. Kobbacy K.A.H., D.N. Prabhakar Murthy. Complex System Maintenance Handbook. Springer Series in Reliability Engineering: London, Springer Verlag Limited, 2008. 657 p.

3. Криворучко О. М. Менеджмент якості на підприємствах автомобільного транспорту: теорія, методологія і практика. Монографія. Харків : ХНАДУ, 2006. 404 с.

4. Yakovleva A. P. Improving the Durability of Machine Parts Using a Combined Method. Materials Science Forum. 2019. P. 37-41. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.946.37 .

5. Смєлов А.О. Пошук енергозберігаючих технологій виготовлення (відновлення) підшипників ковзання. Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали міжнародного науково-практичного форуму (21-22 червня 2019 р.) Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. – Мелітополь: ФОП Однорог Т.В. – Частина 1. – С. 303-306.

6. Дашивець Г. І., Паніна В. В., Бондар А. М. Вплив рівня виробничих ресурсів на якість ремонту машин. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. 10 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-20.

7. Дашивець Г.І., Печерська В.С. Дослідження затребуваності послуг технічного сервісу в регіоні. Матеріали II Міжнар. наук.-

практ. Інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 593-598.

8. Паніна В.В., Дашивець Г.І., Новик О.Ю. Обґрунтування вибору обладнання для раціонального способу відновлення колінчастого валу. Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць Випуск №12 (21 листопада 2019) / За наук. Ред. В.С. Лукача [та ін.]. – Ніжин. – С. 273-280.

9. Смелов А.О. Методика визначення техніко-економічних показників процесу наплавлення в середовищі захисних газів при застосуванні модернізованого зварювального напівавтомата. Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання. Вип.8. Т.2 . Мелітополь: ТДАТУ, 2018. DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-17

10. A. Kulakov, E. Barylnikova, I. Talipova, I. Galiev, S. Voinash. Method of Preparation for Restoration of Worn Nitrided Journals of Crankshafts. Materials Science Forum. Vol. 1031, pp 31-36 Trans Tech Publications Ltd, Switzerland

<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1031.31>

**В. В. Дидур, Е. А. Петриченко, В. Е. Гуцуляк**  
Уманский национальный университет садоводства

## **АНАЛИЗ ИЗНОСОВ И ДЕФЕКТОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА КОМПРЕССОРА АВТОМОБИЛЯ И СПОСОБОВ ИХ УСТРАНЕНИЯ**

### *Аннотация*

Перед ремонтной промышленностью стоят задачи повышения качества ремонта автомобилей, снижения себестоимости капитального ремонта как автомобиля в целом, так и его агрегатов, более полного использования ресурса, заложенного в конструкцию. Эта работа является составляющей исследований, посвященных повышению послеремонтной долговечности узлов трения компрессоров автомобилей. В статье описано назначение и условия работы компрессора, устройство его механизмов. Представлена схема коленчатого вала, описаны условия и факторы, влияющие на деталь, основные дефекты и износы. Представлены технические условия на коленчатый вал и схема его микрометражных исследований. Выявлен наиболее часто встречающийся дефект – износ шатунных и коренных шеек. Указаны недостатки наиболее экономически эффективных способов устранения дефектов, определен рациональный способ восстановления коренных и шатунных шеек коленчатого вала компрессора.

*Ключевые слова:* компрессор, коленчатый вал, износ, дефект, способ восстановления.