

Научная статья

УДК 621.763

doi: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-91-96

Исследование металло-кварцевого композитного материала на прочность

Рамазан Мусаевич Тавасиев^{✉1}, Аркадий Павлович Дзицкоев²

Горский государственный аграрный университет, ул. Кирова, д. 37, Владикавказ, Россия, 362040

¹tikis@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1874-8036>

²range-rover_sport@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3685-3016>

Аннотация. В качестве материала для изготовления поршней используются главным образом литейные алюминиевые сплавы, в то время как гильзы состоят из закаленных сталей. В связи с этим при их взаимодействии с рабочей поверхностью поршня происходит ее интенсивное изнашивание. Кроме этого, на износ рабочих поверхностей поршня и гильзы гидроцилиндра влияют посторонние примеси (загрязнители), содержащиеся в рабочей жидкости гидроагрегатов. Твердость таких загрязнителей в 3 раза больше твердости материалов, применяемых для изготовления подвижного соединения «поршень–гильза» гидроагрегатов. После попадания в зазоры между совершающими возвратно-поступательное движение деталями неотфильтрованные твердые частицы могут не только вызывать повышенный износ, но и увеличить силы трения. Вследствие вышеперечисленных факторов гидроцилиндр после некоторой продолжительности эксплуатации переходит в неработоспособное состояние, так как зазор в сопряжении «поршень–гильза» оказывается достаточным для того, чтобы масло свободно перетекало из одной полости гидроцилиндра в другую, не создавая при этом требуемого давления. Следовательно, разработка и создание новых материалов, обеспечивающих существенное повышение эксплуатационных свойств деталей и узлов машин и оборудования, является актуальной задачей. Как правило, сельскохозяйственная техника (трактора и машины) имеет гидравлическую систему, в которой находятся цилиндрические пары (гильза, поршень). Последние в процессе эксплуатации выходят из «строя» при совершении менее одного миллиона рабочих циклов. В связи с этим в Горском государственном аграрном университете (г. Владикавказ) ведутся работы по разработке и созданию металло-кварцевого композитного материала (МККМ), способного стать рабочей поверхностью гильз гидроцилиндров. К настоящему времени созданы экспериментальные образцы МККМ, требующие их исследования (испытания) на прочность. Для этого нами разработан стенд для испытания лабораторных образцов МККМ на механическую прочность. В результате проведенных исследований было установлено, что гильзы гидроцилиндров с внутренней рабочей поверхностью из МККМ выдерживают давление до 40 МПа. При этом на ее рабочей поверхности не зафиксированы царапины, сколы и т. п., которые обычно приводят к выходу из эксплуатации пары: цилиндр – поршень.

Ключевые слова: стенд, композитный материал, давление, испытание, гидроцилиндр

Для цитирования. Тавасиев Р. М., Дзицкоев А. П. Исследование металло-кварцевого композитного материала на прочность // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 2(40) С. 91–96. doi: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-91-96

Original article

Strength study of metal-quartz composite material

Ramazan M. Tavasiev^{✉1}, Arkady P. Dzitsoev²

Gorsky State Agrarian University, 37 Kirov street, Vladikavkaz, Russia, 362040

¹tikis@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1874-8036>

²range-rover_sport@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3685-3016>

Abstract. As a material for the manufacture of pistons, cast aluminum alloys are mainly used, and the liners are made of hardened steels. When they interact with the working surface of the piston, its intensive wear occurs. In addition, foreign impurities (contaminants) contained in the working fluid of hydraulic units affect the wear of the working surfaces of the piston and hydraulic cylinder sleeve. Once trapped in gaps between reciprocating parts, unfiltered solids can not only cause increased wear, but can also increase frictional forces. Due to the above factors, the hydraulic cylinder, after a certain duration of operation, goes into an inoperable state, since the gap in the "piston-sleeve" interface is sufficient for the oil to freely flow from one cavity of the hydraulic cylinder to another without creating the required pressure. Therefore, the development and creation of new materials that provide a significant increase in the operational properties of parts and assemblies of machines and equipment is an urgent task. As a rule, agricultural machinery (tractors and machines) have a hydraulic system in which there are cylindrical pairs (sleeve, piston). The latter during operation fail "out of order" when less than one million work cycles are completed. In this regard, studies have been carried out to develop a metal-quartz composite material (MKKM) capable of becoming the working surface of hydraulic cylinder liners. To date, experimental samples of MKKM have been created, requiring their study (testing) for strength. For this purpose, a bench was developed for testing laboratory samples of MKKM for mechanical strength. As a result of the research, it was found that hydraulic cylinder liners with an inner working surface made of MKKM can withstand pressures up to 40 MPa. At the same time, there are no scratches, chips, etc. on its working surface, which usually lead to the carrying out from operation of the pair: cylinder – piston.

Keywords: stand, composite material, pressure, testing, hydraulic cylinders

For citation. Tavasiev R.M., Dzitsoev A.P. Strength study of metal-quartz composite material. *Izvestiya Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;2(40):91–96. (In Russ.) doi: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-91–96

Введение. Постоянная закупка новой техники не решает вопрос технического оснащения аграрного производства России. Огромная роль в решении данного вопроса должна отводиться эффективному использованию имеющегося парка машин и поддержанию его в работоспособном состоянии за счет технического обслуживания и ремонта.

Вследствие изнашивания рабочих поверхностей деталей утрачивают свое работоспособное состояние около 85-90% машин. В связи с этим повышение износостойкости деталей машин является очень важным и актуальным направлением деятельности для предприятий, занимающихся как изготовлением, так и ремонтом сельскохозяйственной техники. Невысокое качество запасных частей и постоянное увеличение их стоимости являются причинами для разработки новых технологий изготовления и восстановления, которые позволяют повысить износостойкость деталей и сборочных единиц сельскохозяйственной техники при ее эксплуатации [1].

Таким образом, разработка и создание новых материалов, обеспечивающих существенное повышение эксплуатационных свойств деталей и узлов машин и оборудова-

ния, является актуальной задачей. Как правило, сельскохозяйственная техника (тракторы и машины) имеет гидравлическую систему, в которой находятся цилиндрические пары (гильза, поршень). Последние в процессе эксплуатации выходят из «строя» при совершении менее одного миллиона рабочих циклов [2–6].

Цель исследования – изучение прочностных характеристик металло-кварцевого композитного материала.

Методика проведения исследования. Постоянно растущие требования, которые на сегодняшний день предъявляются к свойствам упрочняющих покрытий, могут удовлетворить керамические покрытия, которые обладают высокими служебными свойствами, такими как стойкость к окислению, термоударам и вибрациям. Одним из видов данных покрытий являются металло-кварцевые композитные материалы.

В связи с этим в Горском государственном аграрном университете (г. Владикавказ) ведутся работы по разработке и созданию металло-кварцевого композитного материала (MKKM), способного стать рабочей поверхностью гильз гидроцилиндров [7–9]. К на-

стоящему времени созданы экспериментальные образцы МККМ, требующие их исследования (испытания) на прочность [10, 11]. Для этого нами разработан стенд для испытания лабораторных образцов МККМ на механическую прочность (рис. 1, табл. 1).

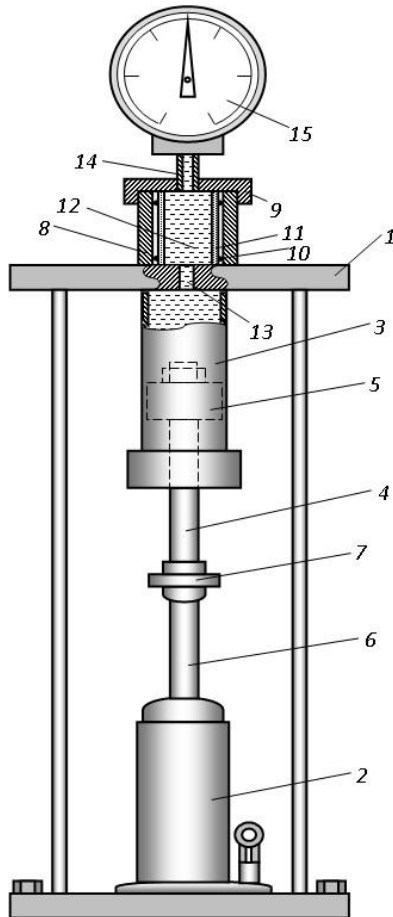


Рисунок 1. Схема стенда для испытаний высокопрочных износостойких металло-кварцевых композитных материалов на прочность:

1 – станина; 2 – гидравлический домкрат; 3 – гидроцилиндр; 4 – шток гидроцилиндра; 5 – поршень; 6 – шток домкрата; 7 – шайба; 8 – металлический стакан; 9 – крышка стакана; 10 – резиновое кольцо; 11 – лабораторный образец; 12 – тормозная жидкость (минеральное или синтетическое масло); 13 – отверстие; 14 – трубка; 15 – манометр

Figure 1. Diagram of the test bench for high-strength, wear-resistant, metal-quartz composite materials for strength:

1 – bed; 2 – hydraulic jack; 3 – hydraulic cylinder; 4 – hydraulic cylinder rod; 5 – piston; 6 – jack rod; 7 – washer; 8 – metal glass; 9 – cup cover; 10 – rubber ring; 11 – laboratory sample; 12 – brake fluid (mineral or synthetic oil); 13 – hole; 14 – tube; 15 – pressure gauge

На рисунке изображена схема общего вида испытательного стенда, который устроен следующим образом.

На нижней плите станины 1 установлен гидравлический домкрат 2. Силовой гидроцилиндр 3 неподвижно закреплен на верхней плите станины.

Гидроцилиндр связан с верхней плитой герметично, посредством сварного шва. Гидроцилиндр снабжен штоком 4 и поршнем 5.

Шток 6 домкрата 2 сопряжен со штоком гидроцилиндра посредством шайбы 7. В верхней плоскости верхней плиты станины 1 неподвижно установлен металлический стакан 8 с крышкой 9. Стакан 8 с верхней плитой связан герметично с помощью сварного шва. Верхняя часть стакана 8 снабжена наружной резьбой, посредством которой с ним сопряжена крышка 9.

Действие домкрата прекращают при достижении рабочего давления, согласно техническому заданию и методике испытаний.

Перед началом испытаний необходимо снять крышку 9 с манометром 15 и установить испытуемый образец 11 в полость стакана 8. При этом для герметизации использовать резиновые кольца 10.

Для работы стенда гидросистема должна быть заправлена одним из видов рабочей жидкости: тормозной жидкостью, минеральным или синтетическим маслом.

Для заправки гидросистемы стенда рабочей жидкостью необходимо:

- при нейтральном режиме домкрата опустить до крайнего нижнего положения штоки 4 и 6;

- залить рабочую жидкость через горловину стакана 8 до заполнения гидросистемы;

- через 5-6 минут, когда воздух из гидросистемы удалится наружу, долить недостающую рабочую жидкость и установить на место крышку 9 с манометром 15.

Экспериментальные исследования выполнены с использованием стандартных и частных методик, современных приборов и оригинального оборудования. Обработка результатов исследований проводилась с использованием методов математической статистики.

Порядок проведения исследований следующий:

- перевести домкрат 2 в рабочий режим;

Таблица 1. Основные технические характеристики испытательного стенда
Table 1. Main technical characteristics of the test bench

№ п/п	Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение
1	Тип стенда	–	Гидравлический, с ручным приводом
2	Пределы регулирования давления рабочей жидкости в гидросистеме стенда	МПа	0-40
3	Ход поршня гидроцилиндра	мм	120
4	Максимальное усилие на штоке гидроцилиндра	кН	37,7
5	Максимальное усилие, создаваемое домкратом	кН	60
6	Рабочая жидкость в гидросистеме	–	тормозная жидкость, минеральное или синтетическое масло
7	Пределы измерения манометра	МПа	0-40
8	Масса стенда	кг	23
9	Габаритные размеры: длина ширина высота	мм	220 140 690

- привести в действие домкрат 2;
- при проведении испытаний с целью предотвращения гидроударов скорость увеличения давления рабочей жидкости не должна превышать 1 МПа/с;
- при достижении давления в гидросистеме 40 МПа перевести домкрат в нейтральный режим;
- снять крышку 9 с манометром 15;
- слить рабочую жидкость;
- снять испытуемый образец и исследовать дефектоскопом, а также провести визуальный осмотр его поверхностей под микроскопом.

Результаты исследования. В результате проведенных исследований было установлено, что гильзы гидроцилиндров с внутренней рабочей поверхностью из МККМ выдерживают давление до 40 Мпа. При этом на ее рабочей поверхности не зафиксированы царапины, сколы и т. п., которые обычно приводят к выходу из эксплуатации пары: цилиндр – поршень.

Вывод. Разработанный металло-кварцевый композитный материал может быть использован в качестве покрытия внутренней (рабочей поверхности) гильзы гидроцилиндра при давлении в гидросистеме до 40 МПа.

Список литературы

1. Кобзов Д. Ю., Жмуров В. В., Кобзова И. О., Кулаков А. Ю. Практические рекомендации по повышению конструкционной надежности гидроцилиндров // Системы. Методы. Технологии. 2012. № 1(13). С. 45–48.
2. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А. Оптимизация функционирования сельскохозяйственных производственных систем // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 1(35). С. 81–89. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-90-97.
3. Жирикова З. М., Алоев В. З. Взаимосвязь структурных характеристик и модуля упругости дисперсно-наполненных полимерных композитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 1(35). С. 98–104. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-98-104.
4. Алоев В. З., Жирикова З. М., Алоев К. В., Тарчокова М. А. Алгоритм расчета температурных ресурсов эксплуатации полимерных материалов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 1(31). С. 39–43.

5. Шекихачев Ю. А., Батыров В. И. Характерные неисправности топливopодкачивающих насосов в процессе эксплуатации // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 2(32). С. 102–107.
6. Батыров В. И., Шекихачев Ю. А. Критерии оценки качества функционирования топливной аппаратуры // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 3(29). С. 99–103.
7. Тавасиев Р. М., Цебоев Э. А. Использование нового материала в цилиндрах гидроприводов // Техника в сельском хозяйстве. 2009. №1. С. 35–37.
8. Патент 2389622 Российская Федерация, МПК В60Т 11/16. Гидропневмоцилиндр / Р. М. Тавасиев, Э. А. Цебоев, В. Т. Баликоев, А. Ф. Фидаров; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Старт» (ООО «Старт»). № 2008141030/11; заявл. 15.10.2008; опубл. 20.05.2010, Бюл. №14. 3 с.
9. Тавасиев Р. М., Субботина И. М., Чебан Т. В., Козаев Т. С. Состав и некоторые свойства стеклокварцевого компонента металло-кварцевого композитного материала // Известия Горского государственного аграрного университета. 2012. Т. 49. № 3. С. 233–236.
10. Тавасиев Р. М., Льянов М. С., Туриев О. И. Способ повышения надежности и долговечности гидравлических систем, машин и оборудования // Известия Горского ГАУ. 2011. Т. 48. № 2. С. 154–158.
11. Патент 2263593 Российская Федерация, МКП₇ В 60 Т 11/16. Рабочий орган гидравлических тормозных систем / Р. М. Тавасиев; заявитель и патентообладатель Горский государственный аграрный университет. № 2002131039/11, заявл. 18.11.2002; опубл. 10.11.2005. Бюл. № 31. 2 с.

References

1. Kobzov D.Yu., Zhmurov V.V., Kobzova I.O., Kulakov A.Yu. Practical recommendations about raise constructional reliability of the hydrocylinders // *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. 2012;1(13):45–48. (In Russ.)
2. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A. Optimizing the functioning of agricultural production systems. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;1(35):81–89. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-90-97. (In Russ.)
3. Zhirikova Z.M., Alov V.Z. Relationship of structural characteristics and modulus of elasticity of dispersed-filled polymer composites based on ultra-high molecular polyethylene. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;1(35):98–104. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-98-104. (In Russ.)
4. Alov V.Z., Zhirikova Z.M., Alov K.V., Tarchokova M.A. Temperature resource calculation algorithm operation of polymer material. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;1(31):39–43. (In Russ.)
5. Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I. Characteristic faults of fuel supply pumps during operation. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;2(32):102–107. (In Russ.)
6. Batyrov V.I., Shekikhachev Y.A. Fuel equipment quality assessment criteria// *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2020;3(29):99–103. (In Russ.)
7. Tavasiev R.M., Tseboev E.A. Use of a new material in hydraulic cylinders. *Tekhnika v selskom khozyaystve*. 2009;(1):35–37. (In Russ.)
8. Patent Russian Federation № 2389622, Int. Cl. B60T 11/16. Hydro pneumatic cylinder. R.M. Tavasiev, E.A. Tseboev, V.T. Balikoev, A.F. Fidarov; applicant and patent holder Obschestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "Start" (ООО "Start") No 2008141030/11, application 15.10.2008; publ. 20.05.2010, Bul. No.14. 3 p. (In Russ.)
9. Tavasiev R.M., Subbotina I.M., Cheban T.V., Kozhaev T.S. Composition and some properties of quartz glass component in metal quartz composite material. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2012;49(3):233–236. (In Russ.)
10. Tavasiev R.M., Lyanov M.S., Turiev O.I. Method increasing the reliability and durability of hydraulic systems in machines and other equipment. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2011;48(2):154–158. (In Russ.)
11. Patent 2263593 Russian Federation. Int. Cl.₇ В 60 Т 11/16. Working member of hydraulic brake systems / R.M. Tavasiev; applicant and patent holder Gorskiy gosudarstvennyj agrarnyj universitet. No. 2002131039/11; application 18.11.2002; publ. 10.11.2005. Byul. No. 31. 2 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Тавасиев Рамазан Мусаевич – доктор технических наук, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 5113-4649, Author ID: 741957

Дзицкоев Аркадий Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры техники и технологии наземного транспорта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 3643-8139, Author ID: 945581

Information about the authors

Ramazan M. Tavasiev – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 5113-4649, Author ID: 741957

Arkady P. Dzitsoev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Engineering and Technology of Land Transport, Gorsky GAU, SPIN-code: 3643-8139, Author ID: 945581.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 14.04.2023;
одобрена после рецензирования 02.05.2023;
принята к публикации 10.05.2023.*

*The article was submitted 14.04.2023;
approved after reviewing 02.05.2023;
accepted for publication 10.05.2023.*