Оригинальная статья

УДК 621.926.3 © Р.О. Муминов✉[1], Ш.Н. Яхшиев[1], Б.Р. Тошов[1], Д.А. Кузиев[2], Н.Н. Жураев[1], М.Ф. Махмудова[1], 2026

[1] Навоийский государственный горно-технологический университет, 210100, г. Навои, Узбекистан
[2] НИТУ МИСИС, 119049, г. Москва, Россия
✉ e-mail: rashid_81@mail.ru

Original Paper

UDC 621.926.3 © R.O. Muminov✉[1], Sh.N. Yakhshiev[1], B.R. Toshov[1], D.A. Kuziev[2], N.N. Jurayev[1], M.F. Mahmudova[1], 2026

[1] Navoi State Mining and Technology University, Navoi, 210100, Republic of Uzbekistan
[2] National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation
✉ e-mail: rashid_81@mail.ru

Разработка методов снижения износа конусных дробилок путем совершенствования их футеровок

Development of methods for reducing wear of cone crushers by improving their liners

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2026-9-85-89

В данной статье рассмотрены пути совершенствования футеровок конусных дробилок модели КСД, предназначенных для крупного дробления, эксплуатируемых в АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» Республики Узбекистан. В сотрудничестве со специалистами АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» АО (НГМК) и Навоийского государственного горно-технологического университета, при методической поддержке Университета науки и технологий МИСИС была разработана усовершенствованная футеровка конусной дробилки. На поверхность броневой части модернизированной футеровки установлены металлические пластины размером 200×100×20 мм. В результате были изменены и геометрические параметры футеровки. Усовершенствованная футеровка конусной дробилки по техническим показателям обладает более высокой производительностью по сравнению с базовыми футеровками.

Основной целью исследования являются повышение срока службы и производительности футеровок конусной дробилки модели КСД, а также снижение их износа за счет совершенствования конструкции.

МУМИНОВ Р.О.
Доктор техн. наук, доцент кафедры «Инженерной механики» Навоийского государственного горно-технологического университета, 210100, г. Навои, Узбекистан, e-mail: rashid_81@mail.ru

ЯХШИЕВ Ш.Н.
Доктор техн. наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» Навоийского государственного горно-технологического университета, 210100, г. Навои, Узбекистан, e-mail: sheraliyaxshiyev1978@mail.ru

ТОШОВ Б.Р.
Канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедры «Инженерной механики» Навоийского государственного горно-технологического университета, 210100, г. Навои, Узбекистан, e-mail: b_toshov@mail.ru

КУЗИЕВ Д.А.
Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры Горного оборудования, транспорта и машиностроения Горного института НИТУ МИСИС, 119049, г. Москва, Россия, e-mail: da.kuziev@misis.ru

ЖУРАЕВ Н.Н.
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» Навоийского государственного горно-технологического университета, 210100, г. Навои, Узбекистан, e-mail: Nodirjura@mail.ru

МАХМУДОВА М.Ф.
Докторант кафедры «Инженерной механики» Навоийского государственного горно-технологического университета, 210100, г. Навои, Узбекистан, e-mail: ravshanov.zhamshib@mail.ru

Результаты опытно-промышленных испытаний показали, что применение разработанных новых футеровок значительно улучшило процесс дробления.

Ключевые слова: *совершенствование, среднее дробление, конусная дробилка, футеровка, износостойкость, высокомарганцовистая сталь, производительность.*

Для цитирования: Разработка методов снижения износа конусных дробилок путем совершенствования их футеровок / Р.О. Муминов, Ш.Н. Яхшиев, Б.Р. Тошов и др. // Уголь. 2026;(9):85-89. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-9-85-89.

Abstract

This scientific paper presents methods for improving the liners of KSD model cone crushers intended for secondary crushing and operated at the Joint-Stock Company "Navoi Mining and Metallurgical Company" of the Republic of Uzbekistan. In collaboration between specialists of JSC "Navoi Mining and Metallurgical Company" and Navoi State Mining and Technology University an improved cone crusher liner was developed. Metal plates measuring 200×100×20 mm were installed on the surface of the armor part of the modernized liner. As a result, the geometric parameters of the liner were also modified. The improved cone crusher liner demonstrates higher technical performance compared to conventional liners. The main objective of the study is to increase the service life and productivity of KSD model cone crusher liners, as well as to reduce their wear through structural improvement.

The results of pilot-industrial tests showed that the application of the newly developed liners significantly enhanced the crushing process.

Keywords

Improvement, secondary crushing, cone crusher, liner, wear resistance, high-manganese steel, productivity.

For citation

Muminov R.O., Yakhshiev Sh.N., Toshov B.R., Kuziev D.A., Jurayev N.N., Mahmudova M.F. Development of methods for reducing wear of cone crushers by improving their liners. *Ugol'*. 2026;(9):85-89. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-9-85-89.

ВВЕДЕНИЕ

В мировом масштабе при открытой разработке месторождений полезных ископаемых в сложных горно-геологических условиях необходимо обеспечивать их полное извлечение с применением экскаваторов, улучшать технико-экономические показатели предприятия и гарантировать безопасное ведение горных работ. Акционерное общество «Навоийский горно-металлургический комбинат», расположенное в Республике Узбекистан, на сегодняшний день входит в десятку сильнейших мировых компаний по добыче золота. Основной целью является интенсивное развитие горных работ, проводимых на карьере «Мурунтау». В карьере «Мурунтау» бурение скважин осуществляется с использованием бурового оборудования, а погрузка взорванной, то есть раздробленной горной массы производится с помощью экскаваторов. В данном процессе дробление горных пород имеет важное значение [1, 2, 3, 4]. В цехах крупного дробления АО «НГМК» применяются конусные дробилки.

Данная работа направлена на дальнейшее совершенствование футеровок конусных дробилок, что способствует снижению их износа и повышению долговечности [3, 5, 6].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В ходе проведенных длительных эксплуатационных исследований установлено, что броневая часть футеровок конусных дробилок модели ККД подвержена высокому износу, что приводит к аварийной остановке дробилок и выходу из строя всей линии дробления (*рис. 1*). Средняя наработка одной футеровки составляет не менее 450 ч.

Так как на карьерах и шахтах Республики Узбекистан крепость горных пород составляет ¦ = 12-20 по шкале М.М. Протодьяконова, основные футеровки конусной дробилки работают под воздействием интенсивных ударных нагрузок, вследствие чего в них часто наблюдаются износ, трещинообразование и разрушения [6, 7].

Футеровки конусных дробилок в процессе эксплуатации изнашиваются наиболее быстро, поскольку находятся в непрерывном интенсивном контакте с абразивными твердыми горными породами и по сравнению с другими деталями и узлами имеют значительно меньший срок службы.

Несмотря на то, что в АО «НГМК» постоянно ведутся работы по увеличению срока службы дробящих футеровок и снижению затрат на их ремонт, средний срок эксплуатации футеровки конусной дробилки модели КСД составляет 25-30 дней. Средняя стоимость одного нового комплекта футеровки типа КСД составляет 10-15 тыс. дол. США. В связи с этим разработка методов снижения износа материала футеровки является одной из актуальных научно-технических задач [7, 8].

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ. ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью данного научного исследования является анализ результатов промышленных экспериментальных испытаний, полученных на основе установки металлических пластин размером 200×100×20 мм на броневую поверхность футеровок конусной дробилки типа КСД и изменения их геометрической формы, с целью увеличения срока службы и производительности, а также разработка путей снижения износа металла футеровки.

Эксплуатация дробилок стадии среднего дробления, оснащенных действующими футеровками КСД, показала, что они обеспечивают высокую производительность по исходной и конечной фракциям руды. Однако вследствие конструктивной формы футеровки и работы эксцентрикового вала зазор в верхней части конусной дробилки изменяется в пределах от 800 до 1000 мм, что позволяет принимать к дроблению горные породы размером от 600 до 700 мм. Из нижней части футеровки конусной дробилки выходит раздробленная горная масса размером от 120 до 250 мм (*рис. 2*) [1, 5].

С целью увеличения срока службы футеровок конусной дробилки специалистами ремонтного комплекса комбината совместно с профессорско-преподавательским составом

Рис. 1. Износ футеровки: а – конусной дробилки марки КСД; б – износ конусных колец

Fig. 1. Liner wear in the KSD-type cone crusher – a; wear of the cone rings – б

Рис. 2. Вид размеров верхней (800-1000 мм) и нижней (120-250 мм) частей конусной дробилки модели КСД

Fig. 2. Dimensions of the top (800-1000 mm) and bottom (120-250 mm) sections of the KSD cone crusher

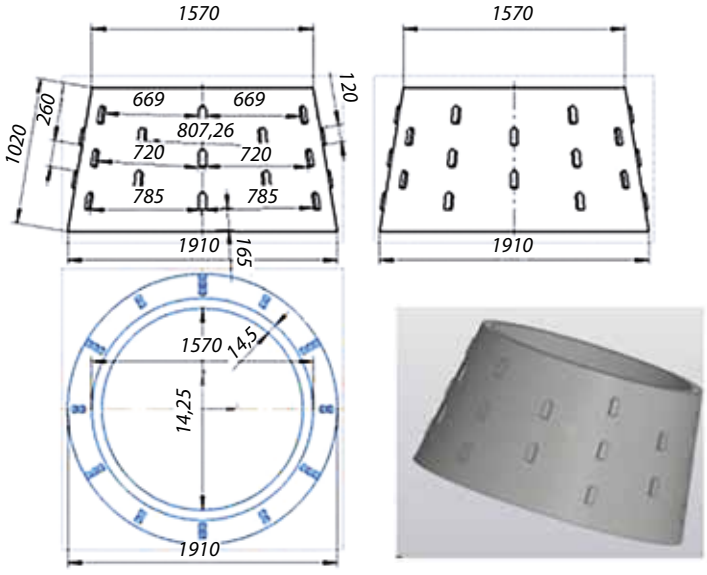

Рис. 3. Установленное положение металлических пластин размером 200×100×20 мм на поверхности футеровки конусной дробилки типа КСД

Fig. 3. Installed position of 200×100×20 mm metal plates on the lining surface of the KSD-type cone crusher

Навоийского государственного горно-технологического университета была разработана усовершенствованная модель футеровки новой конструкции. Разработан способ установки и закрепления 30 металлических пластин размером 200×100×20 мм в шахматном порядке по внешней поверхности брони базовой футеровки конусной дробилки (*рис. 3*).

Металлические пластины размером 200×100×20мм изготовлены из того же материала, что и футеровка конусной дробилки. Масса одной металлической пластины составляет от 2,5 до 26 кг.

Межосевые расстояния размещения металлических пластин на футеровке конусной дробилки приведены на *рис. 3,* указанные размеры относятся только к футеровке конусной дробилки с малым диаметром 1570 мм и большим диаметром 1910 мм.

В зависимости от изменения малого и большого диаметров футеровки конусной дробилки изменяются и расстояния между металлическими пластинами.

Три различных формы металлических пластин представлены на *рис. 4*.

ПРОГРАММА ИСПЫТАНИЙ

Установка или размещение металлических пластин на футеровке конусной дробилки осуществлялась двумя способами.

Первый способ был реализован в литейном цехе АО «НГМК» путем изготовления новых форм для футеровок и последующего производства новых футеровок. Второй способ является более простым и осуществлялся преимущественно методом сварки с использованием нержавеющих электродов. Общая масса 30 металлических пластин размером 200×100×20 мм составила 75-80 кг. Данная масса не создает дополнительной нагрузки на электродвигатель, вращающий эксцентриковый вал конусной дробилки. Поскольку масса футеровки конусной дробилки в жидком состоянии при литье составляет 4,5-4,8 т, а после охлаждения 3,8-4,1 т, среднюю массу футеровки можно принять равной около 4 т. Следовательно, допустимо увеличение массы на 3-4%, что составляет 120-160 кг. Мощность электродвигателя составляет 400 кВт.

Основная функция металлических пластин заключается в дроблении горной массы и снижении износа футеровок. Геометрические параметры футеровки конусной дробилки представлены на *рис. 3* [6, 9]. Новая футеровка, изготовленная в литейном цехе, обладает более высокой прочностью по сравнению с футеровкой, изготовленной методом сварки, поскольку формируется совместно с литейной формой. В то же время модернизированная футеровка, изготовленная методом сварки, в процессе эксплуатации под воздействием высоких ударных нагрузок и трения при дроблении горных пород может привести к отрыву отдельных металлических пластин. Однако стоимость футеровки, изготовленной в литейном цехе, может быть выше по срав-

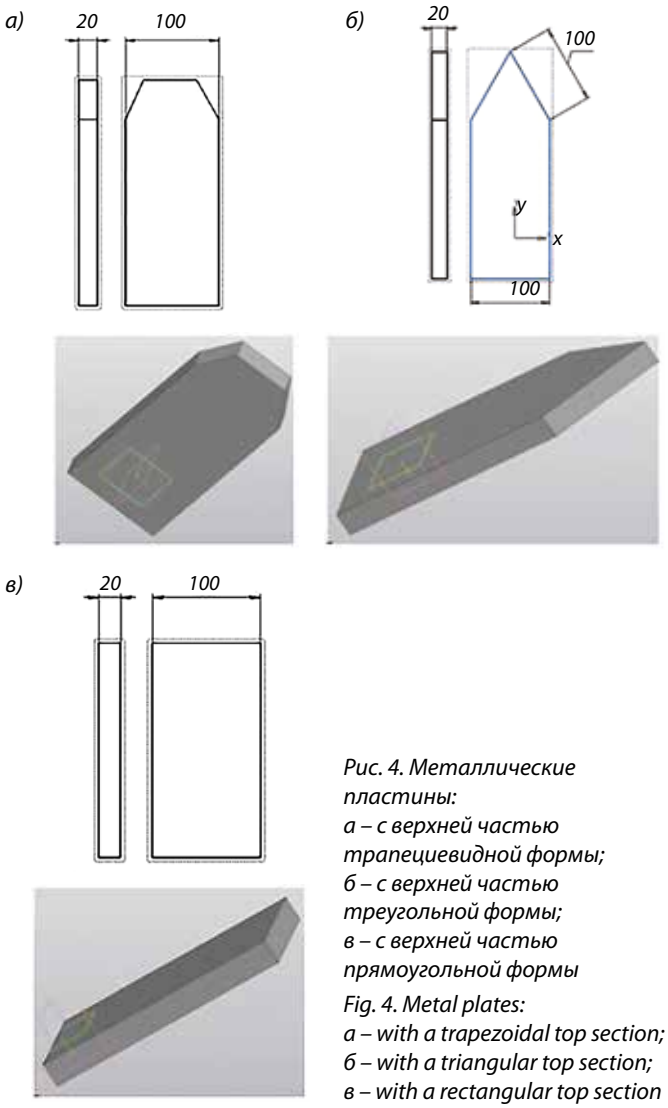

Рис. 4. Металлические пластины:
а – с верхней частью трапециевидной формы;
б – с верхней частью треугольной формы;
в – с верхней частью прямоугольной формы

Fig. 4. Metal plates:
а – with a trapezoidal top section;
б – with a triangular top section;
в – with a rectangular top section

нению со сварочным способом [8, 9]. Следовательно, для предотвращения износа новой футеровки целесообразно ее изготовление в литейном цехе по новой форме.

В Российской Федерации футеровки конусных дробилок преимущественно изготавливаются из стали марки 110Г13Л. В Республике Узбекистан также применяется сталь марки 110Г13Л. В настоящее время с учетом развития науки и техники в данной работе использована сталь марки 120Г17ХрЛ. Сталь марки 120Г17ХрЛ была разработана в АО «Навоийский машиностроительный завод» Бободустовым Зафаром Маджидовичем и защищена патентом и диссертацией.

В процессе работы конусной дробилки дробимая руда воздействует не непосредственно на футеровку, а на вновь установленные металлические пластины, в результате чего срок службы футеровки увеличивается на 30-50%, а износ снижается на 30-40%. Затраты на ремонт футеровок конусных дробилок уменьшаются на 15-25%, что обеспечивает рост экономической эффективности на 25-35%.

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

Испытания модернизированного экспериментального образца футеровки конусной дробилки проводились с октября 2025 г. по март 2026 г. В период испытаний в карьере «Мурунтау» Центрального горного управления дробление горной массы осуществлялось с производительностью от 250 до 1000 м^3/ч.

Применение металлических пластин размером 200×100×20 мм, размещенных в шахматном порядке на наружной поверхности футеровки конусной дробилки, привело к следующим результатам:

– основные механизмы износа футеровок конусных дробилок связаны с ударными нагрузками, скользящим трением и локальными зонами повышенного давления. В традиционных футеровках данные процессы концентрируются в определенных зонах поверхности конуса, что приводит к неравномерному и ускоренному износу;

– предлагаемое конструктивное решение, предусматривающее размещение 30 металлических пластин размером 200×100×20 мм в шахматном порядке на поверхности футеровки, обеспечивает перераспределение нагрузки по поверхности конуса. В результате снижаются максимальные контактные напряжения и уменьшается интенсивность износа [1, 2, 9];

Шахматное расположение металлических пластин оказывает существенное влияние на кинематику про-

Рис. 5. Дробление горных пород в футеровках конусных дробилок: а – в базовом состоянии; б – в усовершенствованном состоянии

Fig. 5. Rock crushing in the linings of a cone crushers: a – in the baseline design; б – in the improved design

цесса дробления. Такое размещение ограничивает скольжение частиц руды по поверхности футеровки и увеличивает долю трения и сжатия в процессе разрушения (*рис. 5, а, б*).

В результате уменьшается удельный расход энергии, необходимой для дробления.

Снижение интенсивности износа приводит к увеличению общего срока службы футеровки (*рис. 5, б*).

Металлические пластины выполняют функцию сменных элементов, воспринимающих основную нагрузку износа, что снижает необходимость частой замены всей футеровки. Экономическая эффективность предлагаемого технического решения достигается за счет энергосбережения, увеличения срока службы и снижения затрат на ремонт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных научных исследований специалистами Навоийского государственного горно-технологического университета и АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» на основе результатов промышленных испытаний усовершенствованных конусных дробилок типа КСД была рекомендована к применению в производственных условиях новая разработанная конструкция футеровки.

В результате внедрения усовершенствованных футеровок конусных дробилок типа КСД затраты на ремонт были снижены на 20-30%.

Список литературы • References

1. Повышение долговечности и диагностика состояния броней конусных дробилок большой единичной мощности / П.Ф. Бойко, Е.М. Титиевский, В.А. Тимирязев и др. // Горный журнал. 2019. № 4. С. 65-69. DOI:10.17580/gzh.2019.04.14
   Boyko P.F., Titievsky E.M., Timiryazev V.A., Mnatsakanyan V.U. Life improvement and diagnostics of high unit capacity cone crusher lining. *Gornyi Zhurnal*. 2019;(4):65-69. (In Russ.). DOI:10.17580/gzh.2019.04.14.
2. Обеспечение долговечности броней дробилок путем применения новых технологий их изготовления и диагностирования износа / П.Ф. Бойко, Е.М. Титиевский, В.А. Тимирязев и др. // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2019. № 5. С. 42-47. DOI: 10.33285/1999-6934-2019-5(113)-42-47.
   Boyko P.F., Titievsky E.M., Timiryazev V.A., Mnatsakanyan V.U., Khostikoev M.Z. Provision of operational life-time period of crushers liners by applying new technologies of their manufacturing and wear-out diagnosing. *Equipment and technologies for oil and gas complex*. 2019;(5):42-47. (In Russ.). DOI: 10.33285/1999-6934-2019-5(113)-42-47.
3. Терехин Е.П., Тулинов Р.А. Модернизация футеровочных броней конусных дробилок мелкого дробления. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 2. С. 146-155. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-02-0-146-155.
   Terekhin E.P., Tulinov R.A. Modernization of lining armors for short-head cone crushers. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2019;(2):146-155. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2019-02-0-146-155.
4. Ruzibaev A., Toshov B., Muminov R., Tukhtaev B., Kadirov X., Namozova Z. Methods for increasing wear resistance of working bodies of single-bucket excavators. *E3S Web of Conferences*. 2025;(627):05005. GEOTECH-2025. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562705005.
5. Sazankova E.S., Berdyugin I.A. Aramid conveyor belts as an alternative of steel cord rubber belts. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull*. 2023;(12): 111-122. DOI: 10. 25018/0236_1493_2023_12_0_111.
6. Гончаров А.Б., Тулинов А.Б., Иванов В.А. Восстановление износа опорной чаши конусной дробилки // Горный информационно-аналитический бюллетень(научно-технический журнал). 2016. № 9. С. 22-28.
   Goncharov A.B., Tulinov A.B., Ivanov V.A. Restoration of wear in the support bowl of a cone crusher. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2016;(9):22-28. (In Russ.).
7. Kahraman S., Balci C., Yazici S., Bilgin N. Prediction of the penetration rate of rotary blast hole drills using a new drillability index. *Int J Rock Mech Min*. 2000;(37):729-743.
8. Muminov R., Tukhtaev B., Qayumov B., Ruzibaev A., Kushimov F., Namozova F. Analysis and theory of the prospects for the development of anchor support technology in gold and coal mines in foreign countries. *E3S Web of Conferences*. 2025;(627):01005. GEOTECH-2025. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562701005.
9. Разработка мероприятий по совершенствованию вращательно-падающего механизма бурового станка / Р.О. Муминов, А.Н. Рузибаев, Н.Н. Жураев и др. // Уголь. 2024;(1):94-99. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-1-94-99.
   Muminov R.O., Ruzibaev A.N., Juraev N.N., Ravshanov J.R., Kuziev D.A. Development of measures to enhance the rotation and feed mechanism of a drill rig. *Ugol'*. 2024;(1):94-99. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790– 2024-1-94-99.

Authors Information

Muminov R.O. – Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Engineering Mechanics, Navoi State Mining and Technology University, Navoi, 210100, Republic of Uzbekistan, e-mail: rashid_81@mail.ru

Yakhshiev S.N. – Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering Technology, Navoi State Mining and Technology University, Navoi, 210100, Republic of Uzbekistan, e-mail: sheraliyaxshiyev1978@mail.ru

Toshov B.R. – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Mechanical Engineering Mechanics, Navoi State Mining and Technology University, Navoi, 210100, Republic of Uzbekistan, e-mail: b_toshov@mail.ru

Kuziev D.A. – PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Mining Equipment, Transport and Mechanical Engineering, Mining Institute of the National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: da.kuziev@misis.ru

Jurayev N.N. – PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering Technology, Navoi State Mining and Technology University, Navoi, 210100, Republic of Uzbekistan, e-mail: Nodirjura@mail.ru

Mahmudova M.F. – PhD, Student of the Department of Engineering Mechanics, Navoi State Mining and Technology University, Navoi, 210100, Republic of Uzbekistan, e-mail: ravshanov.zhamshib@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 13.04.2026
Поступила после рецензирования: 17.08.2026
Принята к публикации: 31.08.2026

Paper info

Received April 13, 2026
Reviewed August 17, 2026
Accepted August 31, 2026