

Закономерности изнашивания резцедержателей поворотных резцов угледобывающих комбайнов

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-1-30-33>

ЛИННИК Ю.Н.

Доктор техн. наук, профессор, профессор кафедры экономики и управления в топливно-энергетическом комплексе ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», 109542, г. Москва, Россия, e-mail: ylinnik@rambler.ru

ЛИННИК В.Ю.

Доктор экон. наук, доцент, профессор кафедры экономики и управления в топливно-энергетическом комплексе ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», 109542, г. Москва, Россия, e-mail: vy_linnik@guu.ru

ЦИХ А.

Доктор техн. наук, профессор Фрайбургской академии, консультант по вопросам энергоэффективности MS QF GmbH, 02791, г. Одервиц, Германия, e-mail: alexej.zich@freenet.de

В настоящее время подавляющее большинство угледобывающих комбайнов оснащаются тангенциальными поворотными резцами РГ401 и РГ501, износ резцедержателей которых имеет свои принципиальные особенности. Особенностью таких резцов является то, что для обеспечения их вращения в резцедержателе они устанавливаются на лопастях исполнительного органа с различной ориентацией относительно груди забоя вектора скорости подачи комбайна. При износе гнезд резцедержателей поворотных резцов изменяются геометрические параметры инструмента в процессе разрушения угольного массива, что снижает эффективность вращения резцов и увеличивает их расход.

На основании выполненных экспериментальных исследований установлены расчетные зависимости величины износа гнезд резцедержателей в функции от наработки и приращения толщины стружки в зависимости от величины износа. Установлено, что интенсивность изнашивания резцедержателей для поворотных резцов зависит от режимных параметров процесса разрушения угольного массива и характеристик разрушаемости последнего. Приведены расчетные зависимости интенсивности изнашивания в функции от этих показателей. Установленные закономерности необходимо учитывать при эксплуатации комбайнов, оснащенных поворотными резцами.

Ключевые слова: уголь, угледобывающий комбайн, тангенциальный поворотный резец, резцедержатель, износ, угол установки, толщина стружки, скорость подачи и вращения, характеристики разрушаемости пласта.

Для цитирования: Линник Ю.Н., Линник В.Ю., Цих А. Закономерности изнашивания резцедержателей поворотных резцов угледобывающих комбайнов // Уголь. 2021. № 1. С. 30-33. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-1-30-33.

ВВЕДЕНИЕ

Особенностью тангенциальных поворотных резцов типов РГ401 и РГ501 является то, что для обеспечения их вращения в резцедержателе они устанавливаются на лопастях исполнительного органа с ориентацией в двух плоскостях – с наклоном θ в сторону торца лопасти относительно груди забоя и разворотом β_p относительно вектора скорости подачи комбайна (см. рисунок). В связи с такой установкой, механизм изнашивания резцедержателей для поворотных резцов имеет свои

специфические особенности, оказывающие существенное влияние на изменение геометрических параметров инструмента в процессе разрушения угольного массива, что снижает эффективность вращения резцов и увеличивает их расход [1, 2, 3].

ОСОБЕННОСТИ ИЗНОСА РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЕЙ ПОВОРОТНЫХ РЕЗЦОВ

За критерии износа резцедержателей поворотных резцов приняты: Δ_a, Δ_o – приращение диаметра отверстия резцедержателя в горизонтальной (в направлении действия боковых сил X) и вертикальной (в направлении действия сил резания Z и отжимающих резец сил Y со стороны забоя) плоскостях соответственно, мм; Δ_x – величина износа в плоскости упора хвостовика резца, мм; S – величина износа максимально выступающей поверхности резцедержателя, мм (см. рисунок).

При анализе износостойкости резцедержателей очистных комбайнов их характеристики целесообразно определять в функции наработки T_L , выраженной через путь резания исполнительным органом [4, 5]. В данном случае это связано с тем, что при одинаковых объемах добычи, наработка в пути резания T_L напрямую зависит от режимных параметров комбайнов V_n и $n_{об}$, что позволяет анализировать надежность шнеков и их элементов в функции от этих факторов.

Экспериментально значения величины износа резцедержателей, полученные при наработке $T_L = 645$ км, показали, что для забойных резцедержателей характерно превышение величины износа отверстий гнезд в вертикальной плоскости Δ_b по отношению к износу в горизонтальной плоскости Δ_a .

Соотношение величин износа гнезд в течение практически всего срока службы исполнительного органа комбайна не меняется и составляет $\Delta_a/\Delta_b \cong 0,84$. Такое соотношение, как показал анализ, связано с превышением уровня равнодействующей усилий резания Z и подачи Y по отношению к боковым усилиям слева $X_{лн}$ и справа $X_{рн}$ от резца.

Установлено, что по мере увеличения угла наклона резцедержателя θ это соотношение увеличивается, и для крайней кубковой линии резания ($\theta = 45^\circ$) оно составляет $\Delta_a/\Delta_b = 1,1$. Увеличение износа гнезд резцедержателей в горизонтальной плоскости обусловлено ростом боковых усилий, действующих на кубковые резцы в условиях полублокированного резания [6, 7, 8].

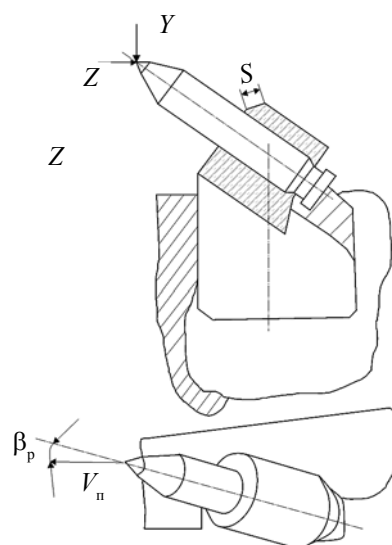
В зависимости от наработки T_L величина износа гнезд резцедержателей поворотных резцов с достаточной для инженерных расчетов точностью (индекс корреляции равен 0,92) описывается зависимостями вида:

$$\Delta_a = 3,1T_L^2 \cdot 10^{-6}, \text{ мм} \quad (1)$$

$$\Delta_b = 3,7T_L^2 \cdot 10^{-6}, \text{ мм.} \quad (2)$$

Для условий выемки угольного пласта на полную мощность предельная наработка, которой соответствует предельная величина износа резцедержателя $\Delta_b = 2,5\text{-}3$ мм, составляет $T_L = 850\text{-}900$ км.

При резании поворотными резцами типа РГ из-за превышения усилия подачи над усилиями резания и боковыми силами наиболее интенсивно изнашиваются



Продольный разрез соединения «резец – резцедержатель» и его разворот β_p , относительно скорости подачи V_n

Fig. Axial profile of the cutter – holder interface and its rotation β_p relative to the feed rate V_n

нижняя и правая (в направлении груди забоя) части гнезда резцедержателя, что приводит к смещению оси резца от своего проектного положения и соответствующему уменьшению углов резания и разворота β_p относительно вектора скорости подачи.

Уменьшение среднего значения угла установки поворотного резца в процессе наработки может быть рассчитано по формуле:

$$\delta_\theta = 1,6T_L / 10^3 - 0,16, \text{ градус} \quad (3)$$

Уменьшение среднего значения угла разворота резца определяется по формуле:

$$\delta_{\beta_p} = 5,9^{(7 \cdot 10^{-4} \cdot T_L)} - 1,0, \text{ градус.} \quad (4)$$

Уменьшение угла разворота снижает эффективность вращения резца в резцедержателе, что является причиной уменьшения износостойкости режущего инструмента.

При перерезании твердых включений и породных прослоев, возникающие на резцах максимальные усилия резания Z существенно превышают усилия подачи Y и боковые справа $X_{рн}$ и слева $X_{лн}$ от резца [9, 10]. Это является причиной отклонения резца в изношенном гнезде резцедержателя в сторону неразрушенного массива на величину соответствующего приращения толщины стружки и шага резания, что в свою очередь приводит к кратковременным перегрузкам и преждевременным поломкам режущего инструмента. Причем, чем больше величина износа, тем сильнее отклоняется резец и тем выше вероятность поломки. Приращение толщины стружки Δh в функции от величины износа гнезд резцедержателей по его вертикальной плоскости определяется по выражению:

$$\Delta_h = 2,0 + 0,7\Delta_b + 0,15\Delta_b^2, \text{ мм.} \quad (5)$$

Анализ показал, что при достижении резцедержателями предельного износа Δ_b и Δ_a , равного 3-4 мм, мгновенные

приращения толщины стружки и шага резания могут достигать $\Delta_n = 5-7$ мм и шага резания $\Delta_r = 4-6$ мм соответственно.

Исследованиями установлено, что, как и при износе гнезд, износ корпуса резцедержателей поворотных резцов типа РГ описывается уравнением прямой:

$$S = i_s T_{L'} \quad (6)$$

где i_s – интенсивность изнашивания корпуса (мм/км), зависящая от характеристик разрушаемости угольного массива, оцениваемых показателем A_3 [11, 12, 13], и режимных параметров комбайнов, которая может быть рассчитана по формуле:

$$i_s = 0,1 k_{m_p} A_3^2 \left(\frac{V_{II}}{n_{об}}\right)^{0,6} \cdot 10^{-4}, \text{ мм/км.} \quad (7)$$

Подставляя последнее выражение для i_s в уравнение (6), имеем:

$$i_s = 0,1 k_{m_p} A_3^2 \left(\frac{V_{II}}{n_{об}}\right)^{0,6} T_L \cdot 10^{-4}, \text{ мм.} \quad (8)$$

Тогда наработка до отказа резцедержателя в пути резания при известных предельных допустимых значениях износа корпуса $S_{пред}$:

$$T_{L_k} = \frac{S_{пред} 10^4}{0,1 k_{m_p} A_3^2} \left(\frac{n_{об}}{V_{II}}\right)^{0,6} \cdot 10^4, \text{ км,} \quad (9)$$

или в объемах добычи:

$$T_{Q_k} = 2 \frac{S_{пред} B_3 \gamma_{уг}}{0,1 k_{m_p} \pi A_3^2} \left(\frac{n_{об}}{V_{II}}\right)^{0,4} \cdot 10^4, \text{ тыс. т.} \quad (10)$$

В выражениях (7)–(10): k_{m_p} – коэффициент, учитывающий влияние на интенсивность изнашивания числа резцов в линии резания; A_3 – показатель эквивалентной сопротивляемости пласта резанию, Н/мм; V_{II} – скорость подачи, м/мин; $n_{об}$ – частота вращения исполнительного органа, об./мин; $S_{пред}$ – предельная величина износа резцедержателя, см; B_3 – ширина захвата исполнительного органа, м; $\gamma_{уг}$ – удельный вес угля, т/м³.

Коэффициент k_{m_p} принимает следующие значения: 1,5; 1,0; 0,7 при одном, двух и трех резцах в линии резания соответственно.

В таблице приведены предельно допустимые значения величины износа корпуса резцедержателей поворотных резцов, имеющие место при эксплуатации исполнительных органов в различных условиях по показателю A_3 .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, резюмируя вышеизложенное относительно износа резцедержателей, можно сделать следующие выводы:

– при работе очистных комбайнов, оснащенных исполнительными органами с поворотными тангенциальными резцами РГ401 и РГ501, износ гнезд резцедержателей

вследствие превышения усилий подачи над усилиями резания и боковыми приводит к уменьшению углов резания и разворота относительно вектора скорости подачи комбайна, что отрицательно сказывается на эффективности вращения резцов. Износ гнезд в вертикальной плоскости Δ_v является причиной приращения толщины стружки, что в моменты перерезания твердых включений и крепких породных прослоек приводит к кратковременным перегрузкам режущего инструмента и преждевременному выходу его из строя. Эти обстоятельства необходимо учитывать при эксплуатации комбайнов, оснащенных поворотными резцами;

– интенсивность изнашивания резцедержателей зависит от характеристик разрушаемости угольного массива. С увеличением показателя эквивалентной сопротивляемости пласта резанию A_3 интенсивность изнашивания возрастает.

Список литературы

1. Талеров М.П. Повышение эффективности применения поворотных резцов проходческих комбайнов выбором рациональных геометрических параметров инструментов: дис... канд. техн. наук: Талеров Михаил Павлович. СПб., 2012.
2. Хорешок А.А., Маметьев Л.Е., Цехин А.М. Производство и эксплуатация разрушающего инструмента горных машин. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. 296 с.
3. Прокопенко С.А. Повышение ресурсоэффективности при изготовлении и использовании горно-режущего инструмента // Современные научные исследования и инновации. [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/50499> (дата обращения: 15.12.2020).
4. Zich A., Linnik Yu.N., Linnik V.Yu. Verlängerung der Betriebsdauer von Meiselhalterungen an schneidenden Kohlegewinnungsmaschinen // MINING REPORT 5. Gluckauf. 2017. N 153. P. 474-479.
5. Линник Ю.Н., Линник В.Ю., Гарифуллин Ф.Ф. Нагруженность и долговечность средств крепления резцов при износе гнезд резцедержателей угледобывающих комбайнов // Уголь. 2018. № 11. С. 24-29. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-11-24-29.
6. Прокопенко С.А. Повышение срока службы комбайновых резцов в угольных шахтах // Горное оборудование и электромеханика. 2014. № 1. С. 24-28.
7. Романович А.С. Определение оптимального соотношения износостойкостей державки и вставки энергоэффективного тангенциального резца // Горное оборудование и электромеханика. 2017. № 1. С. 24–29.
8. Выбор формы армирующих вставок для тангенциальных поворотных резцов горных машин / П.Д. Крестовоздвиженский, В.И. Клишин, С.М. Никитенко и др. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2014. № 6. С. 107-115.

Предельно-допустимый износ резцедержателей поворотных

Показатель A_3 , Н/мм	140-180	181-250	251-300
Предельно допустимый износ $S_{пред}$, мм	40-30	34-29	28-20

9. Study of conical bit rotation using full-scale rotary cutting experiments / E. Kim, J. Rostami, C. Swope et al. // *Journal of Mining Science*. 2012. N 48. P. 717–731.

10. A theoretical model for predicting the peak cutting force of conical picks / K.D. Gao, C.L. Du, H.X. Jiang et al. // *Fratt Integr Strutt*. 2014. N 8. P. 43–52.

11. Линник Ю.Н., Шерсткин В.В., Линник В.Ю. Интегральный показатель оценки разрушаемости угольных пластов // *Горный журнал*. 2015. № 8. С. 16-18.

12. Комплексная оценка прочностных свойств угольных пластов сложного строения / Ю.Н. Линник, В.Ю. Линник, А.Б. Жабин и др. // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2019. № 8. С. 33-42.

13. Классификация угольных пластов по особенностям геологического строения и разрушаемости / В.Н. Захаров, Ю.Н. Линник, В.Ю. Линник и др. // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2019. № 5. С. 5-12.

Original Paper

UDC 622.232.72.054.54 © Yu.N. Linnik, V.Yu. Linnik, A. Zich, 2021

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2021, № 1, pp. 30-33

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-1-30-33>

Title

WEAR PATTERNS OF TOOL HOLDERS OF ROTARY CUTTERS OF COAL MINING COMBINES

Authors

Linnik Yu.N.¹, Linnik V.Yu.¹, Zich A.²

¹ State University of Management, Moscow, 109542, Russian Federation

² MS QF GmbH, Oderwitz, 02791, Germany

Authors' Information

Linnik Yu.N., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of Economy and management in fuel and energy complex department, e-mail: ylinnik@rambler.ru

Linnik V.Yu., Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of Economy and management in fuel and energy complex department, e-mail: vy_linnik@guu.ru

Zich A., Doctor of Engineering Sciences, Professor at the Freiburg Academy, consultant in the field of energy efficiency, e-mail: alexej.zich@freenet.de

Abstract

Currently, most of coal mining combines are equipped with tangential rotary cutters RG401 and RG501, the wear of the tool holders of which has its own fundamental features. The peculiarity of such cutters is that to ensure their rotation in the tool holder, they are installed on the blades of the Executive body with different orientation relative to the bottom of the face of the feed speed vector of the combine. When the nests of the tool holders of rotary cutters are worn out, the geometric parameters of the tool change during the destruction of the coal mass, which reduces the efficiency of rotation of the cutters and increases their consumption.

Based on the performed experimental studies, the calculated dependences of the wear value of the tool holder sockets as a function of the operating time and the chip thickness increment as a function of the wear value are established. It is established that the wear rate of tool holders for rotary cutters depends on the operating parameters of the coal mass destruction process and the characteristics of the latter's destructibility. The calculated dependences of the wear intensity as a function of these indicators are given. The established regularities must be taken into account when operating combines equipped with rotary cutters.

Keywords

Coal, Coal mining combine, Tangential rotary cutter, Tool holder, Wear, Installation angle, Chip thickness, Feed and rotation speed, Reservoir fracture characteristics.

References

1. Talerov M.P. Enhancing the rotary cutters application efficiency for continuous-mining and tunneling machines by selecting rational geometrical parameters of the tools. PhD (Engineering) diss. St. Petersburg, 2012. (In Russ.).
2. Khoreshok A.A., Mametev L.E. & Tsekhin A.M. Production and operation of rock breaking tools for mining machines. Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publ., 2013, 296 p. (In Russ.).

3. Prokopenko S.A. Increasing resource efficiency in manufacturing and application of mining cutting tools. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii*. [Electronic resource]. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/50499> (accessed 15.12.2020). (In Russ.).

4. Zich A., Linnik Yu.N. & Linnik V.Yu. Verlängerung der Betriebsdauer von Meißelhalterungen an schneidenden Kohlegewinnungsmaschinen. *MINING REPORT 5. Gluckauf*, 2017, (153), pp. 474-479.

5. Linnik Yu.N., Linnik V.Yu. & Garifullin F.F. Loading and durability of cutter holders in case of wear of coal production combine cutter slots. *Ugol'*, 2018, (11), pp. 24-29. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-11-24-29.

6. Prokopenko S.A. Increasing cutters service life for cutter-loaders in coal mines. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*, 2014, (1), pp. 24-28. (In Russ.).

7. Romanovich A.S. Determination of the optimal wear resistance ratio of the toolholder and the insert for the energy efficient tangential cutter. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*, 2017, (1), 24-29. (In Russ.).

8. Krestovozdvizhensky P.D., Klislin V.I., Nikitenko S.M. et al. Selection of reinforcement inserts geometry for tangential rotary cutters of mining machines. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, 2014, (6), pp. 107-115. (In Russ.).

9. Kim E., Rostami J., Swope C. et al. Study of conical bit rotation using full-scale rotary cutting experiments. *Journal of Mining Science*, 2012, (48), pp. 717–731.

10. Gao K.D., Du C.L., Jiang H.X. et al. A theoretical model for predicting the peak cutting force of conical picks. *Fratt Integr Strutt*, 2014, (8), pp. 43–52.

11. Linnik Yu.N., Sherstkin V.V. & Linnik V.Yu. Integral indicator for assessment of coal seams breaking characteristics. *Gornyi Zhurnal*, 2015, (8), pp. 16-18. (In Russ.).

12. Linnik Yu.N., Linnik V.Yu., Zhabin A.B. et al. Complex assessment of strength properties of coal seams characterized with complex structures. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2019, (8), pp. 33-42. (In Russ.).

13. Zakharov V.N., Linnik Yu.N., Linnik V.Yu. et al. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2019, (5), pp. 5-12. (In Russ.).

For citation

Linnik Yu.N., Linnik V.Yu. & Zich A. Wear patterns of tool holders of rotary cutters of coal mining combines. *Ugol'*, 2021, (1), pp. 30-33. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-1-30-33.

Paper info

Received November 3, 2020

Reviewed November 26, 2020

Accepted December 11, 2020

MINING EQUIPMENT