

Аксенов Владимир Валерьевич¹, доктор техн. наук, Садовец Владимир Юрьевич², кандидат техн. наук, доцент, Пашков Дмитрий Алексеевич³, аспирант, Захаров Александр Юрьевич², доктор техн. наук, профессор

¹ Научно-исследовательский центр ООО «Сибирское НПО» 650002, Россия, г. Кемерово, Советский проспект, 56.

² Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28.

³ Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН
650610, Россия, г. Кемерово, Ленинградский, 10.

E-mail: vsadovec@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ НА СИЛУ РЕЗАНИЯ НОЖЕВЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ

Аннотация: Основным устройством горнопроходческой машины для образования полости в подземном пространстве является исполнительный орган, разрушающий массив горных пород. Силовые и геометрические параметры исполнительных органов являются основополагающими при разработке и проектировании систем горнопроходческих машин. При проведении выработок по мягким и сыпучим породам в геолодической технологии применяется ножевой исполнительный орган. При определении силовых параметров ножевого исполнительного органа геолода учитываются только два геометрических показателя формы ножа: геликоидность и угол его наклона относительно оси геолода. Кроме этих геометрических показателей существует еще один – это форма режущей кромки ножа исполнительного органа. Разработанная ранее методика расчета ножевого исполнительного органа геолода не учитывает этот показатель. Цель работы – определить влияние формы режущей кромки ножевого исполнительного органа геолода при разрушении мягких пород, на величину силы при заблокированном резании. Из проведенных в статье исследований следует, что форма режущей кромки ножа исполнительного органа геолода оказывает влияние только на силы для преодоления лобовой составляющей сопротивления грунта резанию на передней грани ножа. Этот вывод позволил определить влияние формы ножа исполнительного органа на силу заблокированного резания. В результате исследования было выявлено, что при врезании ножа на всю глубину резания и формировании поверхности забоя, соответствующей форме ножа исполнительного органа геолода, форма режущей кромки не влияет на силы заблокированного резания. В дальнейших исследованиях необходимо определить влияние формы режущей кромки исполнительного органа на силу заблокированного резания при несоответствии формы ножа и формы поверхности забоя. Такая ситуация возникает при зарубке ножевого исполнительного органа геолода.

Ключевые слова: горные машины, геолод, геолодная технология, исполнительный орган, нож.

Информация о статье: принята 17 марта 2020 г.
DOI: 10.26730/1816-4528-2020-1-30-36

Введение.

Увеличение объемов и масштабов эффективного использования и развития инфраструктуры в подземном пространстве больших городов наблюдается сегодня во всем мире. Это связано с увеличивающимся количеством и концентрацией населения в больших городах, а также с непрерывным увеличением количества автомобильного транспорта, которые являются причинами острых проблем современного городского строительства – территориальных, транспортных, экологических, энергетических. На данном этапе развития городской инфраструктуры, как отмечается во многих источниках, комфортная глубина освоения подземного пространства 20-50 м [1-6].

Для всей территории Кузбасса на глубине 20-50 м характерны такие грунты, как суглинки и глины. Глубина залегания их в указанном районе достигает 95 м [7]. Данные грунты относятся к мягким породам по шкале профессора Протодяконова [8-11].

Перспективным и эффективным направлением технологии строительства подземных сооружений, которое поможет решить транспортные, экологические, территориальные проблемы, является применение геолодической технологии для образования полости в подземном пространстве, где базовым элементом является геолод [12-18].

При образовании полости в массиве горных пород основным устройством для их разрушения



Рис. 1. Нож прямоугольной формы
Fig. 1. The knife is rectangular in shape

является исполнительный орган горнопроходческой машины. Силовые и геометрические параметры исполнительного органа при разработке и проектировании оказывают огромное влияние на параметры всей горнопроходческой машины в целом. [19-23]. Вследствие этого научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, направленные на совершенствование методики расчета ножевого исполнительного органа геолода, являются актуальной задачей.

Целью представленной работы является определение влияния формы ножа исполнительного органа на силу заблокированного резания.

Методика исследования.

Разработанная ранее методика определения сил резания, возникающих при разрушении мягких пород ножевым исполнительным органом геолода, основана на определении сил резания по опытным коэффициентам методики, предложенной Ветровым Ю.А. [24-26]. Методика Ветрова Ю.А. основывается на закономерностях процесса резания грунтов простыми ножами, отделяющими стружку. Под простым ножом горной машины понимается нож прямоугольной формы

землеройной машины, обладающий прямой режущей кромкой и представленный на рис. 1.

При разрушении мягких горных пород одним прямым ножом с прямой режущей кромкой исполнительного органа геолода общую силу заблокированного резания представляют три составляющими силами (рис. 2):

1. Силы для преодоления лобового сопротивления грунта передней гранью ножа $P_{св}$, пропорциональной площади сечения прорези перед передней гранью ножа и зависящей от угла резания и крепости грунта;

2. Силы для преодоления сопротивлений грунта разрушению в боковых расширениях прорези $P_{бок}$, пропорциональной площади этих частей прорези, зависящей от крепости грунта и не зависящей от угла резания и ширины среза;

3. Силы для преодоления сопротивлений грунта срезу боковыми ребрами ножа у дна прорези $P_{бок. ср}$, пропорциональной толщине среза, зависящей от крепости грунта и не зависящей от ширины среза и угла резания.

Для определения влияния формы режущей кромки ножа исполнительного органа геолода на всю силу заблокированного резания мягких пород примем допущение, что углубление ножа в массив происходит на всю глубину резания и нож формирует поверхность забоя, соответствующую своей форме и форме режущей кромки.

При разрушении мягких пород одним ножом, имеющим круглую режущую кромку и соответственно сферическую форму всего исполнительного органа геолода, общую силу заблокированного резания, возникающую при резании, также представим в виде суммы трех составляющих сил (рис. 3).

Из рис. 2 и 3 видно, что форма режущей кромки ножа оказывает влияние только на силы для преодоления лобовой составляющей сопротивления ножу резания (на рис. 2 и 3 обозначено $P_{св}$).

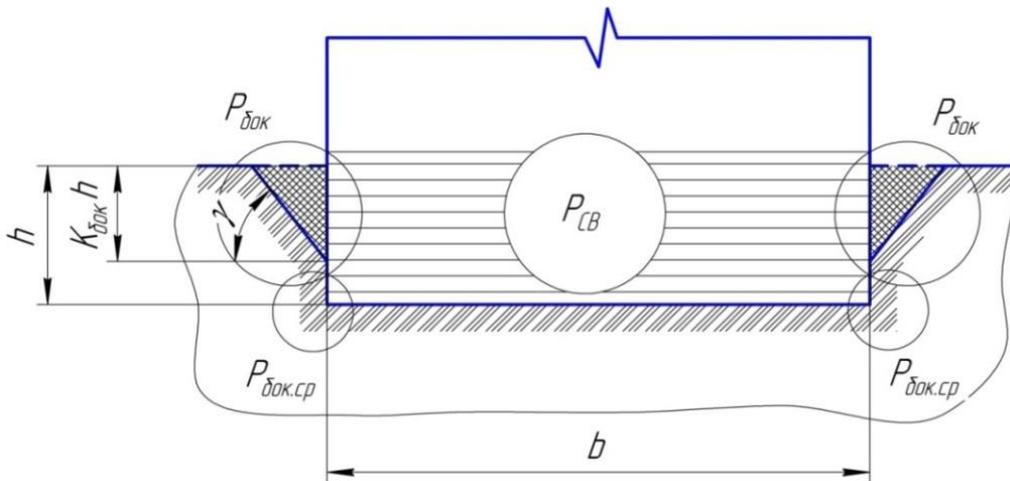


Рис. 2. Зоны возникновения составляющих силы резания ножом с прямой режущей кромкой
Fig. 2. Areas of occurrence of components of the cutting force with a straight cutting edge knife

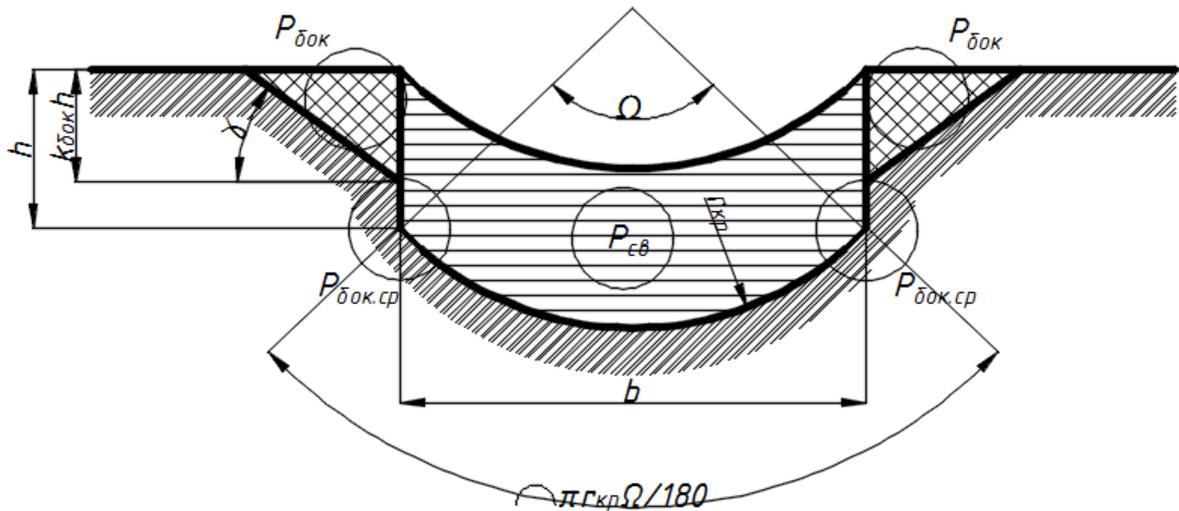


Рис. 3. Зоны действия составляющих силы резания острым ножом с режущей кромкой сферической формы
 Fig. 3. Areas of action of the components of the cutting force with a sharp knife having a spherical cutting edge

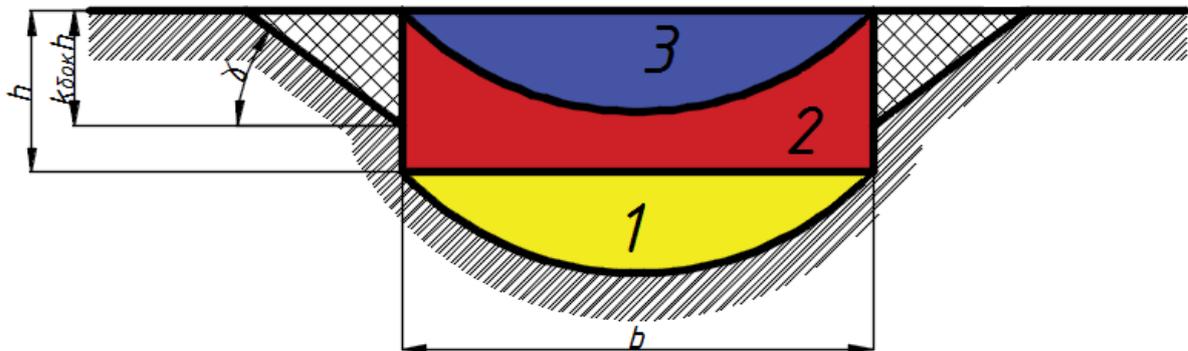


Рис. 4. Элементарные фигуры, образующие срез сферической формы
 Fig. 4. Elementary shapes that form a spherical slice

Вся сила заблокированного резания прямым острым ножом [22-26]:

$$P_{ср} = \varphi m_{св} b h + 2m_{бок} h^2 + 2m_{бок.ср} h, \quad (1)$$

где $\varphi m_{св} b h$ – силы преодоления лобовых сопротивлений ножу (на рис. 2 обозначено $P_{св}$), Н;

$2m_{бок} h^2$ – вся сила разрушения грунта в боковых расширениях прорези ($P_{бок}$ на рис.2), Н;

$2m_{бок.ср} h$ – силы бокового среза ($P_{бок.ср}$ на рис. 2), Н;

φ – коэффициент, учитывающий влияние угла резания;

$m_{св}$ – удельная сила резания для преодоления сопротивлений грунта передней гранью при угле резания 45° , Па;

b – ширина ножа, м;

h – глубина резания, м;

$m_{бок}$ – коэффициент, характеризующий силу разрушения грунта в боковых частях прорези, Па;

$m_{бок.ср}$ – коэффициент, характеризующий удельную силу среза одним из боковых ребер ножа, Н/м.

Так как $\varphi m_{св} b h$ – это параметры среды, умноженные на площадь среза (S) в лоб ножа (рис. 2), то при сферической форме ножа необходимо определить площадь среза ($S_{сф}$) в лоб ножа, изображенного на рис. 3.

Из рис. 3 фигура является сложной сферической формой, для нахождения площади необходимо разбить фигуру на элементарные фигуры (рис. 4).

Из рис. 4 фигуры 1 и 3 – круговые сегменты, а фигура 2 и 3 образуют вместе прямоугольник со сторонами b и h . Фигуры 1 и 3 являются одинаковыми и имеют одинаковую площадь, так как фигура 3 представляет собой фигуру 1 при предыдущем срезе.

С учетом вышесказанного площадь среза в лоб ножа сферической форме будет равна

$$S_{сф} = b h, \quad (2)$$

где b – ширина среза, м;
 h – глубина резания, м.

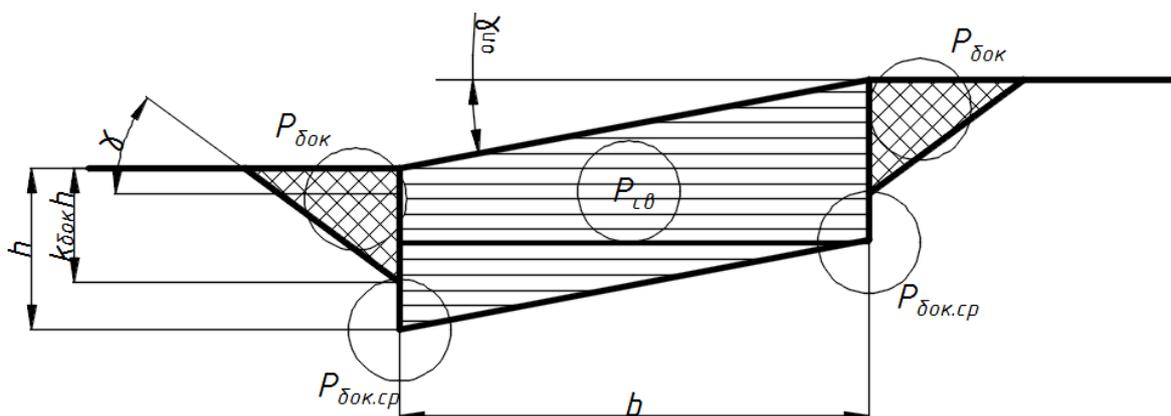


Рис. 5. Зоны возникновения составляющих силы резания острым ножом при наклоне ножа на угол $\gamma_{но}$.
Fig. 5. Areas of occurrence of components of the cutting force with a sharp knife when the knife is tilted at the angle of $\gamma_{но}$.

Так как ширина ножа и ширина среза равны, то силы преодоления лобовых сопротивлений ножу $P_{св}$ будут одинаковыми как для ножа прямой формы, так и для ножа сферической формы при равных значениях b и h .

Следовательно, вся сила заблокированного резания не будет зависеть от сферической формы ножа и формы режущей кромки.

При резании мягких пород одним ножом с прямой кромкой с углом наклона ножа на величину $\gamma_{но}$ всю силу заблокированного резания представим в виде суммы трех составляющих сил (рис. 5).

Так как φ $m_{св}$ bh – это параметры среды (опытные коэффициенты полученные Ветровым Ю.А.) умноженные на площадь среза в лоб ножа (рис. 2), то при наклоне ножа на угол $\gamma_{но}$ необходимо определить площадь среза в лоб ножа, изображенного на рис. 5.

Из рис. 5, понятно, что площадь среза в лоб ножа будет равна площади параллелограмма.

С учетом вышесказанного площадь среза в лоб ножа при наклоне ножа на угол $\gamma_{но}$ форме будет равна

$$S_{нак} = bh, \quad (3)$$

где b – высота параллелограмма или ширина реза, м;

h – сторона параллелограмма или глубина резания, м.

Отсюда силы преодоления лобовых сопротивлений ножу $P_{св}$ будут одинаковыми как для ножа прямой формы, так и для ножа, наклоненного на угол $\gamma_{но}$ при равных значениях b и h .

Следовательно, сила заблокированного резания не будет зависеть от формы режущей кромки.

Выводы

1. Проведено исследование влияния формы режущей кромки ножевого исполнительного органа на силу заблокированного резания.

2. При углублении ножа на всю глубину резания и разрушении ножом забоя соответствующей своей форме, форма режущей кромки не влияет на силу заблокированного резания.

3. В дальнейшем необходимо определить влияние формы режущей кромки ножевого исполнительного органа на силу заблокированного резания при несоответствии формы ножа и формы поверхности забоя, ситуация при зарубке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шашкин А.Г., Зенцов В.Н., Улицкий В.М. Развитие подземного пространства мегаполиса / Жилищное строительство. 2018. № 9. С. 30-36.
2. S. Nishi, T. Seiki Planning and design of underground space use. // Mem. Sch. Eng. Nagoya Univ. 1 (1997)
3. B. Maidl, L. Schmid, W. Ritz, M. Herrenknecht. Berlin: Ernst&Sohn, 2008. – 343 p.
4. T. Wighman, ENR: News – Rec. 4 (1998).
5. G.Brierley, WorldTunnel. Andsubsurface Excav, 9(1998)
6. Aksenov V., Sadovets V., Pashkov D. The influence of parameters on the generatrix of the helicoid form guide of geokhod bar working body // В сборнике: E3S Web of Conferences The Second International Innovative Mining Symposium. 2017.
7. Штумпф Г. Г. Механические свойства горных пород Кузнецкого угольного бассейна и закономерности их изменения // Физические проблемы разработки полезных ископаемых, 1994-№4. С. 43-50.
8. Shtumpf G.G. Mechanical properties of rock in the Kuznetsk coal field // Journal of Mining Science. 1994. Т. 30. № 4. С. 363-369.
9. Shtumpf G.G. Aqueous-physical properties of coal-measure rocks // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 1993. № 6. С. 59-66.
10. Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю., Пашков Д.А. Физико-механические свойства горных пород малой крепости // В сборнике: Перспективы инновационного развития угольных регионов

России Сборник трудов V Международной научно-практической конференции. Ответственные редакторы Пудов Е. Ю., Клаус О. А.. 2016. С. 142-147.

11. Khoreshok A.A., Mametev L.E., Borisov A.Yu., Vorobev A.V. Finite element models of disk tools with attachment points on triangular prisms. *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 770. С. 429–433.

12. V.Y.Begljakov, V.Y.Timofeev, M.V.Dokhnenko, *Appl.Mech.Mater.* 682,282(2014).

13. Бегляков В.Ю. Обоснование параметров поверхности взаимодействия исполнительного органа геолода с породой забоя // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кузбасский государственный технический университет. Юрга, 2012.

14. Chernukhin R.V., Blaschuk M.Y., Blumenstein V.Yu., Chazov P.A. Objectivation of the necessity of structural and parametric synthesis of the hydraulic drive of geokhod // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering electronic edition. National Research Tomsk Polytechnic University. 2016. С. 12003.

15. Blaschuk M.Yu., Dronov A.A., Miheev D.A. Geokhod propel effort mathematical model // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 770. С. 391-396.

16. M.Y.Blashchuk, A.A.Kazantsev, R.V.Chernukhin, *Appl. Mech. Mater.* 682,418 (2014).

17. Садовец В.Ю. Обоснование конструктивных и силовых параметров ножевых исполнительных органов геолодов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева. Кемерово, 2007.

18. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Тимофеев В.Ю., Блащук М.Ю. Разработка и анализ возможных вариантов гидропривода в трансмиссии геолода // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. № S3. С. 184-193.

19. Малевич, Н.А. Горнопроходческие машины и комплексы: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. / Н.А. Малевич. – М.: Недра, 1980. – 384 с.

20. Проходческие комбайны со стреловидным исполнительным органом. Часть 1. Опыт производства и развития : монография / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин, Б.Л. Герики, Г.Д. Буялич, А.Б. Ефременков, А.Ю. Борисов; Юргинский технологический институт, Кузбасский государственный технический университет. – Томск

: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 213 с.

21. Бреннер, В.А. Щитовые проходческие комплексы: Учебное пособие / В.А. Бреннер, А.Б. Жабин, М.М. Щеголевский, Ал.В. Поляков, Ан.В. Поляков. – М.: Горная книга, МГГУ, 2009. – 447 с.

22. Khoreshok A.A., Mametev L.E., Borisov A.Yu., Vorobev A.V. Stress state of disk tool attachment points on tetrahedral prisms between axial bits. *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 770. С. 434–438.

23. Khoreshok A, Mametyev L, Borisov A, Vorobiev A. Stress-deformed state knots fastening of a disk tool on the crowns of roadheaders. *Mining 2014. Taishan academic forum - project on mine disaster prevention and control. Chi-nese coal in the XXI century: Mining, green and safety.* – Qingdao, China, October 17-20, 2014, Atlantis press, Amsterdam-Paris-Beijing, 2014. pp. 177–183.

24. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю. Синтез конструктивных решений исполнительных органов геолодов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. № S3. С. 49-54.

25. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Обоснование величины прикладываемых к забою нагрузок при моделировании взаимодействия инструмента и породы // Техника и технология горного дела. 2018. № 1 (1). С. 11-19.

26. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Бегляков В.Ю., Бурков П.В., Блащук М.Ю., Сапожкова А.В. Компонентные решения машин проведения горных выработок на основе геовинчестерной технологии // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 1. С. 251-259.

27. Алексеева Т.В., Артемьев К.А., Бромберт А.А. и др. Дорожные машины. Часть I. Машины для земляных работ. Изд. 3-е, переработ. и доп. М., «Машиностроение», 1972. 504 с.

28. Зеленин А.М., Баловнев В.И., Керов И.П. Машины для земляных работ // Учебное пособие для вузов – М.: «Машиностроение», 1975. 424 с.

29. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. – Москва : Машиностроение, 1971. – 360 с.

30. Ветров Ю.А. Расчет сил резания и копания грунтов. – Киев: Изд-во Киев. Ун-та, 1985. 251 с.

31. Ветров Ю.А., Баладинский В.Л. Машины для специальных земляных работ. – Киев: Изд-во Киев. ун-та, 1980. 308 с.

Vladimir V. Aksenov¹, Dr. Sc. in Engineering, **Vladimir Yu. Sadovets**², Candidate Sc.in Engineering, **Dmitry A. Pashkov**³, graduate student, **Alexander Yu. Zakharov**², Dr. Sc.in Engineering, Professor

¹ Research Center "Siberian NPO", 650000, Russia, Kemerovo, Sovetsky Avenue, 56.

²T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 650000, 28, street Vesennyaya, Kemerovo, Russia

INFLUENCE OF THE SHAPE OF THE CUTTING EDGE ON THE CUTTING FORCE OF THE KNIFE EXECUTIVE BODY

Abstract: *The main device of the mining machine for the formation of a cavity in the underground space is the executive body that destroys the rock mass. The power and geometric parameters of the Executive bodies are fundamental in the development and design of mining machine systems. During the excavation in soft and loose rocks, the knife executive body is used in Geokhod technology. When determining the power parameters of the knife executive body of the geokhod, only two geometric indicators of the shape of the knife are taken into account: the helicoid and the angle of its inclination relative to the axis of the geokhod. In addition to these geometric indicators, there is another one – the shape of the cutting edge of the knife of the executive body. The previously developed method for calculating the knife executive body of the geokhod does not take this indicator into account. The purpose of this work is to determine the influence of the shape of the cutting edge of the knife executive body of the geokhod when soft rocks are destroyed on the value of the force when cutting is blocked. The studies shown in the article suggest that the shape of geokhod executive body knife affects only the power required to overcome frontal component of ground resistance to cutting on the front face of the knife. This conclusion allowed us to determine the effect of the shape of the executive body knife on the force of the blocked cutting. As a result of the study, it was found that when the knife cut into the entire depth of cut and the face surface was formed according to the shape of the knife of the geokhod executive body, the shape of the cutting edge does not affect the forces of the blocked cutting. In further studies, it is necessary to determine the effect of the shape of the cutting edge of the executive body on the force of blocked cutting when the shape of the knife and the shape of the face surface do not match. This situation occurs when the knife of geokhod executive body is notched.*

Keywords: *mining machine, geokhod, technology of geokhod, executive body, knife.*

Article info: received March 17, 2020

DOI: 10.26730/1816-4528-2020-1-30-36

REFERENCES

1. Shashkin A.G., Zentsov V.N., Ulitskiy V.M. Razvitiye podzemnogo prostranstva megapolisa / Zhilishchnoye stroitel'stvo. 2018. № 9. S. 30-36.
2. S. Nishi, T. Seiki Planning and design of underground space use. // Mem. Sch. Eng. Nagoya Univ. 1 (1997)
3. B. Maidl, L. Schmid, W. Ritz, M. Herrenknecht. Berlin: Ernst&Sohn, 2008. – 343 p.
4. T. Wighman, ENR: News – Rec. 4 (1998).
5. G.Brierley, WorldTunnel. Andsubsurface Excav., 9(1998)
6. Aksenov V., Sadovets V., Pashkov D. The influence of parameters on the generatrix of the helicoid form guide of geokhod bar working body // V sbornike: E3S Web of Conferences The Second International Innovative Mining Symposium. 2017.
7. Shtumpf G. G. Mekhanicheskiye svoystva gornyykh porod Kuznetskogo ugol'nogo bas-seyna i zakonomernosti ikh izmeneniya // Fizicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopyayemykh, 1994-№4. S. 43-50.
8. Shtumpf G.G. Mechanical properties of rock in the Kuznetsk coal field // Journal of Mining Science. 1994. T. 30. № 4. S. 363-369.
9. Shtumpf G.G. Aqueous-physical properties of coal-measure rocks // Fiziko-tehnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopyayemykh. 1993. № 6. S. 59-66.
10. Sadovets V.YU., Beglyakov V.YU., Pashkov D.A. Fiziko-mekhanicheskiye svoystva gornyykh porod maloy kreposti // V sbornike: Perspektivy inno-vatsionnogo razvitiya ugol'nykh regionov Rossii Sbornik trudov V Me-zhdunarodnoy nauch-no-prakticheskoy konferentsii. Otvetstvennyye redaktory Pudov Ye. YU., Klaus O. A.. 2016. S. 142-147.
11. Khoreshok A.A., Mametev L.E., Borisov A.Yu., Vorobev A.V. Finite element models of disk tools with attachment points on triangular prisms. Applied Mechanics and Materials. 2015. T. 770. S. 429-433.
12. V.Y. Beglyakov, V.Y. Timofeev, M.V. Dokhnenko, Appl.Mech.Mater.682,282(2014).
13. Beglyakov V. Yu. Obosnovaniye parametrov poverkhnosti vzaimo-deystviya ispolnitel'nogo organa geokhoda s porodoy zaboya // Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet. Yurga, 2012.
14. Chernukhin R.V., Blaschuk M.Y., Blumenstein V.Yu., Chazov P.A. Objectivation of the necessity of structural and parametric synthesis of the hydraulic drive of geokhod // V sbornike: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering

electronic edition. National Research Tomsk Polytechnic University. 2016. S. 12003.

15. Blaschuk M.Yu., Dronov A.A., Miheev D.A. GEOKHOD PROPEL EFFORT MA-THEMATICAL MODEL // Applied Mechanics and Materials. 2015. T. 770. S. 391-396.

16. M.Y.Blashchuk, A.A.Kazantsev, R.V.Chernukhin, Appl. Mech. Mater.682,418 (2014).

17. Sadovets V.Yu. Obosnovaniye konstruktivnykh i silovykh para-metrov nozhevykh ispolnitel'nykh organov geokhodov // Disser-tatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Kuzbasskiy gosudar-stvennyy tekhnicheskiiy universitet im. T.F. Gorbacheva. Kemerovo, 2007.

18. Aksenov V.V., Yefremenkov A.B., Timofeyev V. Yu., Blashchuk M. Yu. Razrabot-ka i analiz vozmozhnykh variantov gidroprivoda v transmis-sii geokhoda // Gornyy informatsionno-analiticheskiiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiiy zhurnal). 2010. № S3. S. 184-193.

19. Malevich, N.A. Gornoprophodcheskiye mashiny i komplekсы: Uchebnik dlya vuzov. 2-ye izd., pererab. i dop. / N.A. Malevich. – M.: Nedra, 1980. – 384 s.

20. Prokhodcheskiye kombayny so strelovidnym ispolnitel'nyim organom. Chast' 1. Opyt pro-izvodstva i razvitiya : monografiya / A.A. Khoreshok, L.Ye. Mamet'yev, A.M. Tsekhin, B.L. Gerike, G.D. Buyalich, A.B. Yefremenkov, A.YU. Borisov; Yurgin-skiy tekhnologicheskiiy institut, Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet. – Tomsk : Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2015. – 213 s.

21. Brenner, V.A. Shchitovyie prokhodcheskiye komplekсы: Uchebnoye posobiye / V.A. Brenner, A.B. Zhabin, M.M. Shchegolevskiy, A.I.V. Polyakov, An.V. Polyakov. – M.: Gorna-ya kniga, MGGU, 2009. – 447 s.

22. Khoreshok A.A., Mametev L.E., Borisov A.Yu., Vorobev A.V. Stress state of disk tool attachment points on tetrahedral prisms between axial bits.

Applied Mechanics and Materials. 2015. T. 770. S. 434–438.

23. Khoreshok A, Mametyev L, Borisov A, Vorobiev A. Stress-deformed state knots fas-tening of a disk tool on the crowns of roadheaders. Mining 2014. Taishan academic fo-rum - project on mine disaster prevention and control. Chi-nese coal in the XXI cen-tury: Mining, green and safety. – Qingdao, China, October 17-20, 2014, Atlantis press, Amsterdam-Paris-Beijing, 2014. pp. 177–183.

24. Aksenov V.V., Sadovets V.Yu., Beglyakov V.Yu. Sintez konstruktivnykh resheniy ispolnitel'nykh organov geokhodov // Gornyy informa-tсионno-analiticheskiiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiiy zhurnal). 2010. № S3. S. 49-54.

25. Aksenov V.V., Sadovets V. Yu., Pashkov D.A. Obosnovaniye velichiny pri-kladyvayemykh k zaboyu nagruzok pri modelirovanii vzai-modeystviya instrumenta i porody // Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela. 2018. № 1 (1). S. 11-19.

26. Aksenov V.V., Yefremenkov A.B., Beglyakov V.Yu., Burkov P.V., Blashchuk M.Yu., Sapozhkova A.V. Komponovochnyye resheniya mashin provedeniya gornyx vyrabotok na osnove geovinchesternoy tekhnologii // Gornyy informa-tсионno-analiticheskiiy byulleten'. 2009. № 1. S. 251-259.

27. Alekseyeva T.V., Artem'yev K.A., Brombert A.A. i dr. Dorozhnyye mashiny. Chast' I. Mashiny dlya zemlyanykh rabot. Izd. 3-ye, pererabot. i dop. M., «Mashinostroye-niye», 1972. 504 s.

28. Zelenin A.M., Balovnev V.I., Kerov I.P. Mashiny dlya zemlyanykh rabot // Ucheb-noye posobiye dlya vuzov – M.: «Mashinostroyeniye», 1975. 424 s.

29. Vetrov, Yu.A. Rezaniye gruntov zemleroynymi mashinami. - Moskva : Mashinostroyeniye, 1971. - 360 s.

30. Vetrov Yu.A. Raschet sil rezaniya i kopaniya gruntov. – Kiyev: Izd-vo Kiyev. Un-ta, 1985. 251 s.

31. Vetrov Yu.A., Baladinskiy V.L. Mashiny dlya spetsial'nykh zemlyanykh rabot. – Kiyev: Izd-vo Kiyev. un-ta, 1980. 308 s.

Библиографическое описание статьи

Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А., Захаров А.Ю. Влияние формы режущей кромки на силу резания ножевымисполнительным органом // Горное оборудование и электромеханика – 2020. – № 1 (147). – С. 30-36.

Reference to article

Aksenov V.V., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A., Zakharov A.Yu. Influence of the shape of the cutting edge on the cutting force of the knife executive body. Mining Equipment and Electromechanics, 2020, no.1 (147), pp. 30-36.