

**ГЕОТЕХНОЛОГИЯ, ГОРНЫЕ МАШИНЫ  
GEOTECHNOLOGY, MINING MACHINES**

Научная статья

УДК 622.23.05

DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-84-93

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕЛИКОИДНОЙ ФОРМЫ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ НОЖА  
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ГЕОХОДА****Нозирзода Шодмон Салохидин,  
Никитин Евгений Иванович**

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

\*для корреспонденции: shoni\_1997@mail.ru

**Информация о статье**

Поступила:

25 ноября 2023 г.

Одобрена после  
рецензирования:

10 декабря 2023 г.

Принята к публикации:

12 декабря 2023 г.

Опубликована:

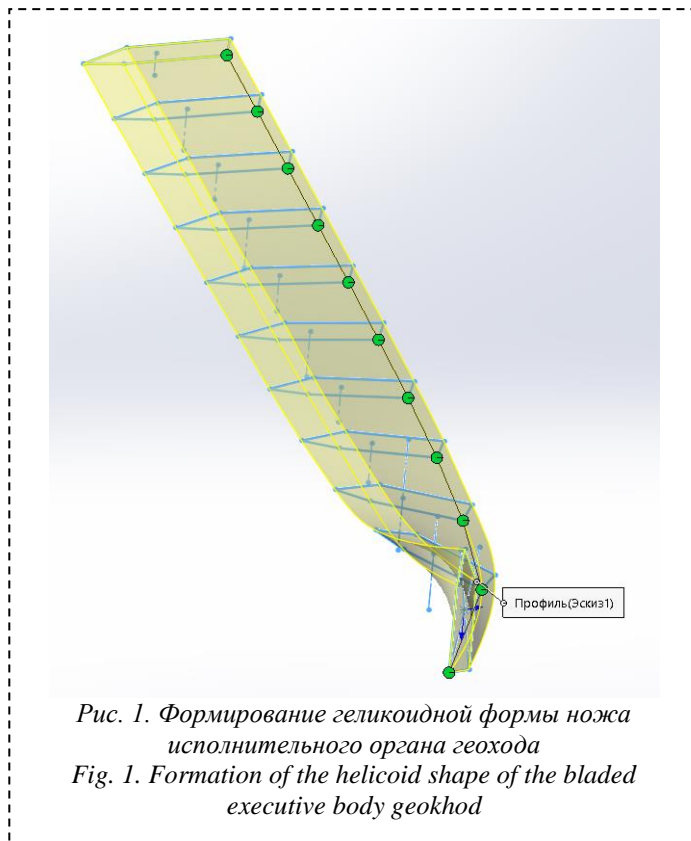
21 декабря 2023 г.

**Ключевые слова:**геоход, ножевой  
исполнительный орган,  
режущая кромка,  
координаты, геометрические  
параметры**Аннотация.**

В разработке конструкторско-технологических решений по изготовлению ножа исполнительного органа проходческого подземного агрегата – геохода важно определить взаимосвязь между параметрами поперечного сечения ножа с параметрами точек режущих кромок. Для моделирования процесса формообразования ножа проанализирован профиль ножа геликоидной формы. Рассматривается изменение положения сечения ножа исполнительного органа геохода для разрушения мягкой горной массы, которое меняется относительно неподвижной пространственной системы координат. Для получения траектории изменения точек режущей кромки был применен матричный метод преобразования координат. В результате моделирования получены системы уравнений для крайних точек режущих кромок, выявлена зависимость угла поворота сечения -  $\beta$  от положения сечения вдоль длины ножа. По заданным параметрам поперечного сечения ножа получена система уравнений, которая позволяет в зависимости от оптимальных геометрических характеристик режущей кромки ножа, получить траекторию изменения его точек. Разработана специальная программа в среде MATLAB для решения системы уравнений, по результатам которой получен график траектории точек режущих кромок. Результаты исследований могут быть полезными при формировании технологии изготовления основных элементов ножевого исполнительного органа геохода для разработки управляющих программ обработки рабочих поверхностей ножа, которые требуют высокую точность и качество обработки.

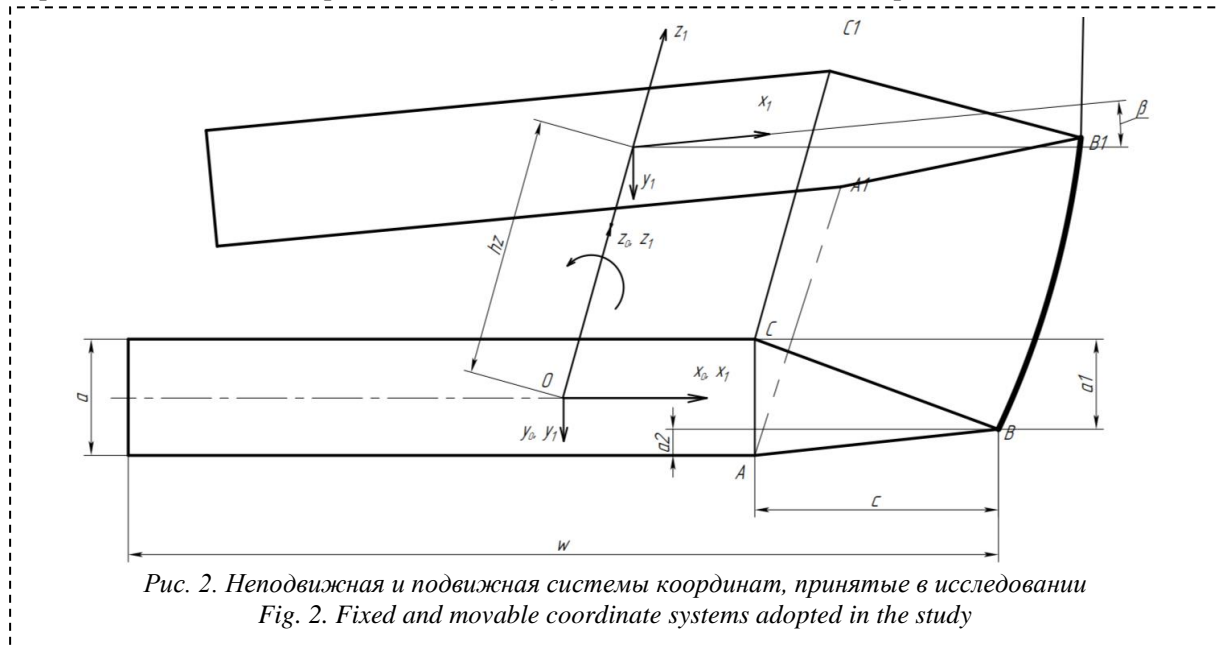
**Для цитирования:** Нозирзода Ш.С., Никитин Е.И. Моделирование геликоидной формы режущей кромки ножа исполнительного органа геохода // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 6 (160). С. 84-93. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-84-93, EDN: DIJDBS

**Актуальность работы.**



В результате проведенного ряда исследований [1-6] авторами предложен новый класс горных машин для разрушения породы и формирования подземного пространства. В конструкции геохода одним из основных элементов является исполнительный орган, в котором для разрушения мягких пород предлагаются ножи геликоидной формы в качестве режущей части. В качестве рационального варианта конструкции в работах [7-9] изучаются и предлагаются различные конфигурации ножа исполнительного органа геохода. По определённой методике [10-11] разработаны сложные формы для разрушения мягких пород. В работах [12-13] разрабатывается параметрическая модель контура режущей кромки и определяется функция линии контакта ножа исполнительного органа геохода с поверхностью забоя.

Следовательно, для разработки технологии изготовления и обоснования технологических возможностей получения таких сложных криволинейных форм, необходимо разработать математическую модель геликоидной формы режущей кромки ножа исполнительного органа геохода. Моделирование режущей кромки геликоидной формы ножа исполнительного органа может применяться в разработке управляющих программ для обработки сложных поверхностей, для получения высокой точности при изготовлении ножа.



**Цель работы:** моделирование геликоидной формы режущей кромки ножа исполнительного органа геохода, исходя из геометрических параметров сечения ножа.

**Методы исследования.** Для моделирования режущей кромки геликоидной формы ножа исполнительного органа геохода в качестве исходных данных рассматриваем форму ножа

прямого геликоида, где при изменении положения сечения на один шаг по длине ножа поперечное сечение ножа поворачивается на угол  $\beta$  (рисунок 1). В качестве примера рассматриваем нож геликоидной формы длиной 900 мм с углом поворота  $\beta$  от  $5,05^\circ$  и до  $90^\circ$  с шагом вдоль длины ножа 90 мм. Методики построения геликоидной формы ножа предлагается авторами в различных источниках [10-12].

Рассмотрим положения сечения ножа, которые приведены на рисунке 2. На нем показаны две декартовы прямоугольные системы координат. Система координат  $x_0y_0z_0$  – неподвижная жестко связана с исходным положением сечения ножа при  $\beta$  равным нулю, вторая – подвижная система координат  $x_1y_1z_1$  связана с сечением ножа, положение которого меняется с поворотом на угол  $\beta$  по мере перемещения сечения по длине ножа на расстояние  $h_z$  от неподвижной системы координат.

Оси  $z_0$  и  $z_1$  обеих систем направлены вдоль длины ножа и совпадают. Оси  $x_0$  и  $x_1$  направлены вдоль продольной оси сечения. При  $\beta=0$  оси двух систем совпадают. Для формирования режущей кромки ножа рассмотрим точки сечения  $A, B, C$ . При перемещении сечения на один шаг  $h_z$  сечение поворачивается на угол  $\beta$ . На рисунке 2 изображено новое положение этих точек  $A1, B1, C1$ .

Для определения уравнений движения точек используем матричный метод преобразований координат [14-17]. Для преобразований используем матрицу размером 4x4, которая позволяет учитывать выше названное движение сечения по отношению неподвижной системы координат. Матрица преобразований координат от подвижной системы (с индексом 1) к неподвижной (с индексом 0) имеет вид:

$$M_{01} = \begin{pmatrix} \cos \beta & \sin \beta & 0 & 0 \\ -\sin \beta & \cos \beta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & h_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Вектор, составленный из координат каждой точки в системах  $x_1y_1z_1$  и  $x_0y_0z_0$  имеет вид соответственно:

$$\vec{r}_1 = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\vec{r}_0 = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Преобразование координат точки можно записать в виде:

$$\vec{r}_0 = M_{01} \cdot \vec{r}_1 \quad (4)$$

Подставляя (1), (2), (3) в выражение (4), получим:

$$\vec{r}_0 = \begin{pmatrix} \cos \beta & \sin \beta & 0 & 0 \\ -\sin \beta & \cos \beta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & h_z \cdot \beta \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \cdot \cos \beta + y_1 \cdot \sin \beta \\ -x_1 \cdot \sin \beta + y_1 \cdot \cos \beta \\ h_z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Следовательно, уравнения координат точек сечения ножа имеет вид:

$$\begin{cases} x_0 = x_1 \cdot \cos \beta + y_1 \cdot \sin \beta \\ y_0 = -x_1 \cdot \sin \beta + y_1 \cdot \cos \beta \\ z_0 = h_z \end{cases} \quad (6)$$

Полученная система уравнения (6) является исходной системой уравнений для получения координат точек  $A, B, C$  ножа исполнительного органа прямого геликоида.

В данной системе существует две переменные, то есть координаты точек будут зависеть от  $h_z$ , перемещения по оси  $z$  и угла поворота  $\beta$ . Для дальнейшего упрощения системы уравнений используем формулу, которая связывает расстояние от каждой точки ножа до оси вращения геохода при его перемещении на забой с углом поворота сечения  $\beta$  [4-8]:

$$tg \beta = \frac{h_B}{2 \cdot \pi \cdot x} \quad (7)$$

где,  $h_B$  – величина хода геохода,  $x$  – расстояние от оси вращения геохода до точки на его режущей кромке.

Для решения системы уравнений (6) воспользуемся следующими очевидными выражениями:

$$\cos\beta = \frac{1}{\sqrt{1+tg^2\beta}} = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{h_B}{2\pi x})^2}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{4\pi^2 x^2 + h_B^2}{4\pi^2 x^2}}} = \frac{2\pi x}{\sqrt{h_B^2 + 4\pi^2 x^2}} \quad (8)$$

$$\sin\beta = \frac{1}{\sqrt{1+ctg^2\beta}} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{tg^2\beta}}} = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{2\pi x}{h_B})^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{h_B^2 + 4\pi^2 x^2}{h_B^2}}} = \frac{h_B}{\sqrt{h_B^2 + 4\pi^2 x^2}} \quad (9)$$

Расстояние от оси вращения геохода до текущей точки на его режущей кромке:

$$X = r_{max} - h_z \quad (10)$$

где,  $r_{max}$  – расстояние от оси вращения геохода до крайней точки на его режущей кромке – радиус геохода,

Подставляя полученные выражения (8), (9) и (10) в систему уравнений точек (6), получим следующие уравнения:

$$\begin{cases} x_0 = x_1 \cdot \frac{2\pi x}{\sqrt{h_B^2 + 4\pi^2 \cdot (r_{max} - h_z)^2}} + y_1 \cdot \frac{h_B}{\sqrt{h_B^2 + 4\pi^2 \cdot (r_{max} - h_z)^2}} \\ y_0 = -x_1 \cdot \frac{h_B}{\sqrt{h_B^2 + 4\pi^2 \cdot (r_{max} - h_z)^2}} + y_1 \cdot \frac{2\pi x}{\sqrt{h_B^2 + 4\pi^2 \cdot (r_{max} - h_z)^2}} \\ z_0 = h_z \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} x_0 = \frac{1}{\sqrt{h_B^2 + 4\pi^2 \cdot (r_{max} - h_z)^2}} (x_1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot (r_{max} - h_z) + y_1 \cdot h_B) \\ y_0 = \frac{1}{\sqrt{h_B^2 + 4\pi^2 \cdot (r_{max} - h_z)^2}} (-x_1 \cdot h_B + y_1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot (r_{max} - h_z)) \\ z_0 = h_z \end{cases} \quad (12)$$

Система уравнений определяет в системе  $x_0 y_0 z_0$  координаты точек сечения ножа, которое поворачивается под углом  $\beta$  и при этом совершает прямолинейное движение по оси ножа в зависимости от  $h_z$ .

Далее для моделирования режущей кромки рассмотрим поперечное сечение ножа исполнительного органа (рис.3).

Исходя из параметров сечения ножа исполнительного органа, необходимо определить

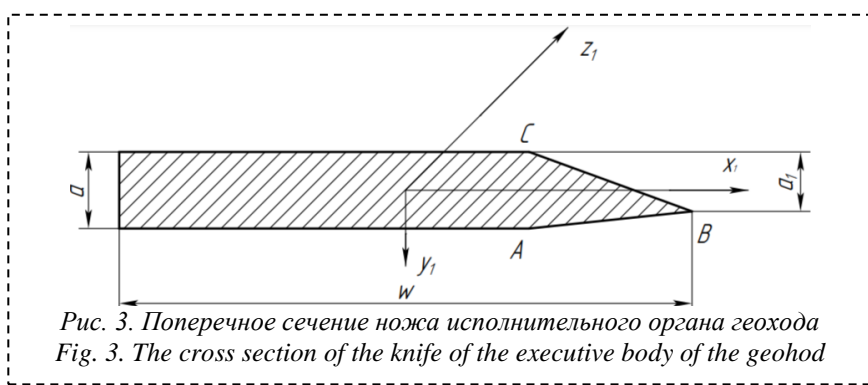


Рис. 3. Поперечное сечение ножа исполнительного органа геохода  
Fig. 3. The cross section of the knife of the executive body of the geohod

начальные координаты для крайних точек режущей кромки. В качестве исходных данных для решения полученной системы уравнения принимаем, определенные ранее геометрические параметры режущей кромки ножа исполнительного органа

[18].

**Результаты.** Для определения взаимосвязи между координатами точек режущей кромки и формирования режущей кромки с параметрами сечения поперечного сечения ножа, определяем начальные координаты точек через параметры сечения  $w$  и  $a$ . Для точки  $B$  начальные координаты будут равны:

$$x_1 = \frac{w}{2} \quad (13)$$

$$y_1 = a_1 - \frac{a}{2} \quad (14)$$

Подставляя полученное выражение в систему уравнений, получаем следующее:

$$\begin{cases} x_0 = \frac{1}{\sqrt{h_B^2 + 4 \cdot \pi^2 \cdot (r_{max} - h_z)^2}} \left( \frac{w}{2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot (r_{max} - h_z) + (a_1 - \frac{a}{2}) \cdot h_B \right) \\ y_0 = \frac{1}{\sqrt{h_B^2 + 4 \cdot \pi^2 \cdot (r_{max} - h_z)^2}} \left( -\frac{w}{2} \cdot h_B + (a_1 - \frac{a}{2}) \cdot 2 \cdot \pi \cdot (r_{max} - h_z) \right) \\ z_0 = h_z \end{cases} \quad (15)$$

Для точки  $C$  начальные координаты в неподвижной пространственной системе будут равны:

$$x_1 = \frac{w}{2} - c \quad (16)$$

$$y_1 = -\frac{a}{2} \quad (17)$$

Подставляя полученное выражение в систему уравнений, получаем следующее:

$$\begin{cases} x_0 = \frac{1}{\sqrt{h_B^2 + 4 \cdot \pi^2 \cdot (r_{max} - h_z)^2}} \left( (\frac{w}{2} - c) \cdot 2 \cdot \pi \cdot (r_{max} - h_z) - \frac{a}{2} \cdot h_B \right) \\ y_0 = \frac{1}{\sqrt{h_B^2 + 4 \cdot \pi^2 \cdot (r_{max} - h_z)^2}} \left( (c - \frac{w}{2}) \cdot h_B - \frac{a}{2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot (r_{max} - h_z) \right) \\ z_0 = h_z \end{cases} \quad (18)$$

Для точки  $A$  начальные координаты в неподвижной пространственной системе будут равны:

$$x_1 = \frac{w}{2} - c \quad (19)$$

$$y_1 = \frac{a}{2} \quad (20)$$

Подставляя полученное выражение в систему уравнений, получаем следующее:

$$\begin{cases} x_0 = \frac{1}{\sqrt{h_B^2 + 4 \cdot \pi^2 \cdot (r_{max} - h_z)^2}} \left( (\frac{w}{2} - c) \cdot 2 \cdot \pi \cdot (r_{max} - h_z) + \frac{a}{2} \cdot h_B \right) \\ y_0 = \frac{1}{\sqrt{h_B^2 + 4 \cdot \pi^2 \cdot (r_{max} - h_z)^2}} \left( (c - \frac{w}{2}) \cdot h_B + \frac{a}{2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot (r_{max} - h_z) \right) \\ z_0 = h_z \end{cases} \quad (21)$$

По заданным параметрам поперечного сечения ножа были получены начальные координаты точек для решение системы уравнений, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1. Значение параметров и начальные координаты точек режущей кромки ножа

Table 1. The value of the parameters and the initial coordinates of the points of the cutting edge of the bladed

Параметры сечения ножа				Точки в режущей кромки ножа	Координаты	
w, мм	c, мм	a, мм	a1, мм		x <sub>1</sub>	y <sub>1</sub>
150	42,65	20	14,48	B	75	4,48
				C	32,25	-10
				A	32,35	10

По полученным значениям параметров и координат точек была разработана специальная программа в среде MATLAB для решения данной системы. В результате решения данной системы была получена траектория изменения точки  $B$  относительно неподвижной пространственной системы координат и для трех точек  $A$ ,  $B$  и  $C$  (рис.4). В данной системе точка  $B$  является вершиной режущей кромки, точки  $A$  и  $C$  являются крайними точками, по которым будет затачиваться нож.

Для проверки правильного решения системы уравнений и полученным траекториям движения точек в режущей кромке были заданы определенные параметры в программе: начальные и конечные положения точки режущей кромки.

В результате моделирования движения точек режущих кромок ножа исполнительного органа была получена система уравнений движения этих точек, которые определяют в неподвижной пространственной системе координат матричным методом преобразований. Полученные уравнения можно использовать для определения траектории движения любой точки сечения ножа исполнительного органа прямой геликоидной формы. Данные результаты могут применяться при разработке управляющих программ для обработки рабочих поверхностей ножа, которые требуют высокой точности и качества обработки. Также данные

результаты будут применяться в разработке технологии изготовления ножа геликоидной формы исполнительного органа методом аддитивных технологий для формирования траектории сопла и подачи металлического порошка в зону обработки.

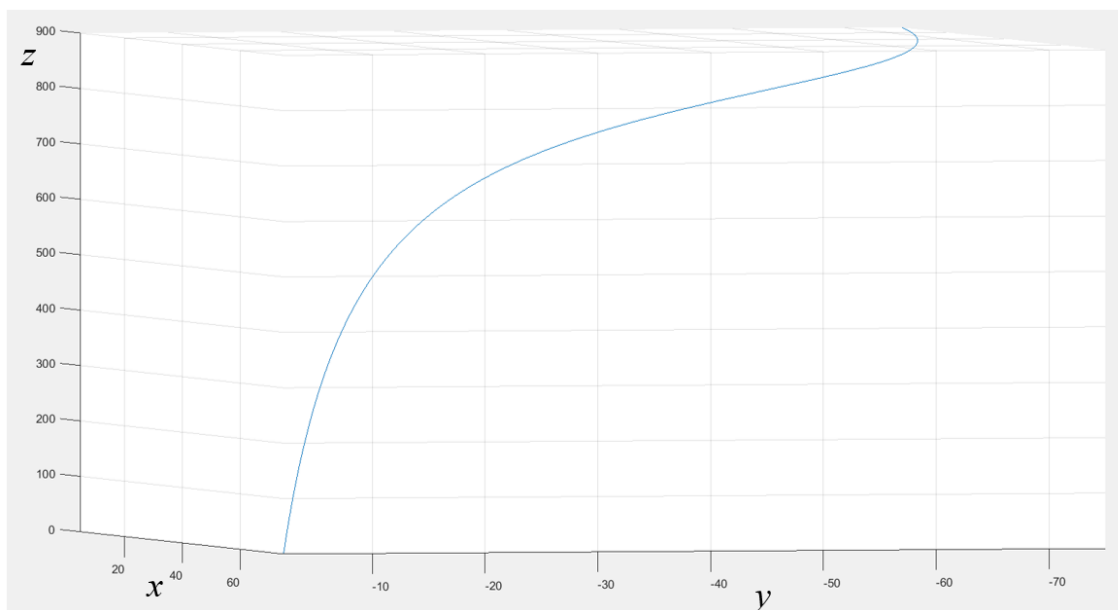


Рис. 4. График траектории изменения координат точек режущих кромок  
Fig. 4. Graph of the trajectory of changing the coordinates of the points of the cutting edges

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Обоснование необходимости создания исполнительного органа геохода для разрушения пород малой крепости // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2016. – № 6(118). – С. 8–15. – EDN XVKMRL.
2. Кобылянский Д. М. Винтовой перегружатель проходческого комплекса // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сборник научных статей, Новокузнецк, 07 октября – 10 ноября 2011 года / Под общей редакцией В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2011. – С. 79-83. – EDN RVEATN.
3. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Казанцев А.А. Опыт участия в проекте по организации высокотехнологичного производства // Горное оборудование и электромеханика. – 2016. – № 8(126). – С. 8–15. – EDN WWDBRT.
4. Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Обоснование необходимости создания барового исполнительного органа геохода для разрушения пород крепостью до 1 по шкале профессора Протодяконова // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Кемерово, 29–30 ноября 2017 года / Кузбасский государственный технический университет им Т.Ф. Горбачева, 2017. – С. 381-385. – EDN YMKXNL.
5. Aksenov V., Sadovets V., Pashkov D. The Influence of Parameters on the Generatrix of the Helicoid Form Guide of Geokhod Bar Working Body // E3S Web of Conferences: The Second International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 20–22 ноября 2017 года. Vol. 21. – Kemerovo: EDP Sciences, 2017. – DOI 10.1051/e3sconf/20172103008. – EDN ZRRZCX.
6. Aksenov V., Sadovets V., Rezanova E., Pashkov D. Impact of the number of blades of the geokhod cutting body on cutting forces // E3S Web of conferences, Kemerovo, Russian Federation, 24–26 апреля 2017 года. Vol. 15. – Kemerovo, Russian Federation: EDP Sciences, 2017. – P. 03015. – DOI 10.1051/e3sconf/20171503015. – EDN YNHUSR.
7. Аксенов В. В., Садовец В. Ю. Синтез технических решений исполнительных органов геоходов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2006. – № 6–1(57). – С. 64–68. – EDN YTNXCD.
8. Аксенов В. В., Садовец В. Ю. Синтез технических решений ножевого исполнительного модуля геохода // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2006. – № 6–2(58). – С. 33–37. – EDN KXGTZB.
9. Пашков Д. А. Обоснование силовых и энергетических параметров исполнительных органов геохода

для разрушения мягких пород // Развитие – 2021: Научное электронное издание, Кемерово, 11–13 мая 2021 года. – Кемерово: Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, 2021. – С. 42-55. – DOI 10.53650/9785902305620\_42. – EDN POJAYX.

10. Козлов И. В., Садовец В. Ю., Садовец Р. В. Разработка методики построения твердотельной модели тела ножевого исполнительного органа геолода // Техника и технология горного дела. – 2022. – № 2(17). – С. 67-86. – DOI 10.26730/2618-7434-2022-2-67-86. – EDN SXRDEM.

11. Пашков Д.А., Садовец В.Ю. Влияние геликоидности исполнительного органа на силовые параметры взаимодействия его с породой забоя // Перспективы инновационного развития угольных регионов России : Сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции, Прокопьевск, 13–14 апреля 2022 года. – Прокопьевск: Филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева" в г. Прокопьевске, 2022. – С. 58-62. – EDN VAOLAB.

12. Садовец В. Ю., Садовец Р. В., Резанова Е. В. Разработка параметрической модели контура режущей кромки ножа исполнительного органа геолода // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2023. – № 1. – С. 16-24. – DOI 10.21440/0536-1028-2023-1-16-24. – EDN TMYDQG.

13. Аксенов В. В., Бегляков В. Ю., Садовец В. Ю. Модель взаимодействия геолода и его систем с геосредой. Необходимость реформатирования // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 1(17). – С. 19-28. – DOI 10.46573/2658-5030-2023-1-19-28. – EDN DMDIZF.

14. Родин С.П., Урмаев М.С. Определение параметров преобразования геодезических прямоугольных пространственных координат при произвольных значениях параметров // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1998. – № 4-5. – С. 3-14. – EDN WHSTOJ.

15. Соловьев Н. В. Методы коррекции пространственных искажений изображений плоских объектов в условиях действия полной аффинной группы преобразований // Информационно-управляющие системы. – 2003. – № 6(7). – С. 7-11. – EDN KYRLOX.

16. Живаго Э.Я., Фаренбрух Д.С., Борисова Л.Б. Постановка задачи кинематического анализа механизмов, звенья которых связаны одноконтными кинематическими парами // МашиноСтроение. – 2006. – № 16. – С. 71-77. – EDN ORQVDD.

17. Юнусов Ф.С., Абдреев М.М. Методика аналитического моделирования процесса формообразования винтовых поверхностей дисковым инструментом // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2004. – № 4. – С. 10-12. – EDN HRLXOR.

18. Нозирзода Ш. С. Обеспечение эксплуатационных свойств тела ножа геликоидной формы исполнительного органа геолода // Горное оборудование и электромеханика. – 2023. – № 3(167). – С. 49-58. – DOI 10.26730/1816-4528-2023-3-49-58. – EDN NDWGIW.

© 2023 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

**Нозирзода Шодмон Салохидин**, аспирант, ассистент, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, (173003, Россия, г. Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41), e-mail: shoni\_1997@mail.ru

**Никитин Евгений Иванович**, к.т.н., доцент, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, (173003, Россия, г. Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41), e-mail: eugeny.nikitin@novsu.ru

Заявленный вклад авторов:

Нозирзода Шодмон Салохидин - концептуализация исследования, сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы, выводы, написание текста.

Никитин Евгений Иванович - постановка научной задачи, научный менеджмент, анализ полученных результатов, выводы, написание текста

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.



## Original article

MODELING OF THE HELICOID SHAPE OF THE CUTTING EDGE OF THE  
BLADED EXECUTIVE BODY OF THE GEOKHODShodmon S. Nozirezoda,  
Evgeny I. Nikitin

Yaroslav the Wise Novgorod State University

\*for correspondence: shoni\_1997@mail.ru



## Article info

Received:

25 November 2023

Accepted for publication:

10 December 2023

Accepted:

12 December 2023

Published:

21 December 2023

**Keywords:** geokhod, bladed executive body, cutting edge, coordinates, geometric parameters

**Abstract.**

*In the development of design and technological solutions for the manufacture of the bladed executive body tunneling underground geokhod unit, it is important to determine the relationship between the parameters of the cross-section of the bladed with the kinematic parameters of the points of the cutting edges. to simulate the process of forming a bladed executive body, the profile of a helicoid-shaped bladed is analyzed. the kinematic changes in the cross-section of the blade of the executive body of the geokhod for the destruction of a soft rock mass, which changes relative to a stationary spatial system, are considered. to obtain the trajectory of changing the points of the cutting edge, a matrix transformation method was applied. as a result of modeling, systems of equations of the extreme points of the cutting edges with one variable are obtained, the dependence of the angle of rotation  $\beta$  on the coordinates along the  $z$  axis is revealed. according to the given parameters of the bladed cross-section, a system of equations is obtained, which allows, depending on the optimal geometric characteristics of the cutting edge of the bladed, to obtain the trajectory of the change of points. a special program has been developed in the MATLAB environment for solving a system of equations, the results of which are a graph of the trajectory of the points of cutting edges. the results of the research can be useful in the formation of manufacturing technology of the main elements bladed executive body of the geokhod for the development of control programs for processing the working surfaces of the bladed, which require high accuracy and quality of processing.*

**For citation:** Nozirezoda S.S., Nikitin E.I. Modeling of the helicoid shape of the cutting edge of the bladed executive body of the geokhod. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 6(160):84-93. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-84-93, EDN: DIJDBS

## REFERENCES

1. Aksenov V.V., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Substantiation of the need to create an executive body of a geokhod for the destruction of rocks of a small fortress // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. – 2016. – № 6(118). – Pp. 8-15. – EDN XVKMRL.
2. Kobylansky D.M. Screw loader of the tunneling complex // High-tech technologies for the development and use of mineral resources: collection of scientific articles, Novokuznetsk, October 07 – 10, 2011 / Under the general editorship of V.N. Fryanov. Novokuznetsk: Siberian State Industrial University, 2011. – pp. 79-83. – EDN RVEATN.
3. Aksenov V.V., Beglyakov V.Yu., Kazantsev A.A. Experience of participation in the project on the organization of high-tech production // Mining equipment and electromechanics. – 2016. – № 8(126). – Pp. 8-15. – EDN WWDBRT.
4. Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Justification of the need to create a bar executive geokhod body for the destruction of rocks with a fortress of up to 1 on the scale of Professor Protodyakonov // Innovations in information technologies, mechanical engineering and motor transport: collection of materials of the International Scientific and Practical Conference, Kemerovo, November 29-30, 2017 / Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev. – Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, 2017. – pp. 381-385. – EDN YMKXNL.
5. Aksenov V., Sadovets V., Pashkov D. The Influence of Parameters on the Generatrix of the Helicoid Form Guide of Geokhod Bar Working Body // E3S Web of Conferences: The Second International Innovative Mining



Symposium, Kemerovo, November 20-22, 2017. Vol. 21. – Kemerovo: EDP Sciences, 2017. – DOI 10.1051/e3sconf/20172103008. – EDN ZRRZCX.

6. Aksenov V., Sadovets V., Rezanova E., Pashkov D. Impact of the number of blades of the geokhod cutting body on cutting forces // E3S Web of conferences, Kemerovo, Russian Federation, April 24-26, 2017. Vol. 15. – Kemerovo, Russian Federation: EDP Sciences, 2017. – P. 03015. – DOI 10.1051/e3sconf/20171503015. – EDN YNHUSR.

7. Aksenov V. V., Sadovets V. Yu. Synthesis of technical solutions of executive bodies of geohods // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. – 2006. – № 6-1(57). – Pp. 64-68. – EDN YTNCXD.

8. Aksenov V. V., Sadovets V. Yu. Synthesis of technical solutions for the bladed executive module of the geohod // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. – 2006. – № 6-2(58). – Pp. 33-37. – EDN KXGTZB.

9. Pashkov D. A. Substantiation of power and energy parameters of the geohod's executive organs for the destruction of soft rocks // Razvitie – 2021: Scientific electronic edition, Kemerovo, May 11-13, 2021. – Kemerovo: Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2021. – pp. 42-55. – DOI 10.53650/9785902305620\_42. – EDN POJAYX.

10. Kozlov I.V., Sadovets V.Yu., Sadovets R.V. Development of a methodology for constructing a solid-state model of a bladed executive body of a geohod // Technique and technology of mining. – 2022. – № 2(17). – Pp. 67-86. – DOI 10.26730/2618-7434-2022-2-67-86. – EDN SXRDEM.

11. Pashkov D.A., Sadovets V.Yu. The influence of the helicoidity of the executive body on the power parameters of its interaction with the rock face // Prospects of innovative development of coal regions of Russia : Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference, Prokopyevsk, April 13-14, 2022. – Prokopyevsk: Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev" in Prokopyevsk, 2022. – pp. 58-62. – EDN VAOLAB.

12. Sadovets V.Yu., Sadovets R.V., Rezanova E.V. Development of a parametric model of the contour of the cutting edge of the bladed of the executive body of the geohod // News of higher educational institutions. Mining Journal. – 2023. – No. 1. – pp. 16-24. – DOI 10.21440/0536-1028-2023-1-16-24. – EDN TMYDQG.

13. Aksenov V.V., Beglyakov V.Yu., Sadovets V.Yu. The model of interaction of the geohod and its systems with the geo-environment. The necessity of reformatting // Bulletin of the Tver State Technical University. Series: Technical Sciences. – 2023. – № 1(17). – Pp. 19-28. – DOI 10.46573/2658-5030-2023-1-19-28. – EDN DMDIZF.

14. Rodin S.P., Urmaev M.S. Determination of transformation parameters of geodesic rectangular spatial coordinates in arbitrary parameter values // News of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography. – 1998. – No. 4-5. – PP. 3-14. – EDN WHSTOJ.

15. Solovyov N. V. Methods of correction of spatial distortions of images of flat objects under conditions of action of a complete affine group of transformations // Information and control systems. – 2003. – № 6(7). – Pp. 7-11. – EDN KYRLOX.

16. Zhivago E.Ya., Farenbruch D.S., Borisova L.B. Statement of the problem of kinematic analysis of mechanisms whose links are connected by single-contact kinematic pairs // Mashinostroenie. – 2006. – No. 16. – PP. 71-77. – EDN ORQVDD.

17. Yunusov F.S., Abdreev M.M. Methodology of analytical modeling of the formation of screw surfaces with a disk tool // Bulletin of Kazan State Technical University named after A.N. Tupolev. – 2004. – No. 4. – PP. 10-12. – EDN HRLXOR.

18. Nozirezoda S. S. Ensuring the operational properties of the bladed body of the geoid form of the executive body of the geohod // Mining equipment and electromechanics. – 2023. – № 3(167). – Pp. 49-58. – DOI 10.26730/1816-4528-2023-3-49-58. – EDN NDWGIW.

© 2023 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

*The authors declare no conflict of interest.*

*About the authors:*

**Nozirezoda Shodmon S.**, Postgraduate, Assistant, Yaroslav the Wise Novgorod State University, (41 Bolshaya St. Petersburg str., Veliky Novgorod, 173003, Russia), e-mail: shoni\_1997@mail.ru

**Nikitin Evgeny I.**, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, Yaroslav the Wise Novgorod State University, (41 Bolshaya St. Petersburg str., Veliky Novgorod, 173003, Russia), e-mail: eugeny.nikitin@novsu.ru

*Contribution of the authors:*

Nozirzoda Shodmon Salohiddin - conceptualization of research, data collection and analysis, review of relevant literature, conclusions, writing a text.

Nikitin Evgeny Ivanovich - setting a scientific task, scientific management, analysis of the results, conclusions, writing a text

*All authors have read and approved the final manuscript.*

