

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

Научная статья

УДК 621.9.06

DOI: 10.26730/1999-4125-2026-2-17-27

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ НОЖЕВЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ГЕОХОДА НА ЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Нозирзода Шодмон Салохидин^{1*}, Пашков Дмитрий Алексеевич²,
Ананьев Кирилл Алексеевич²

¹ Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

² Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

* e-mail: shoni_1997@mail.ru



Информация о статье

Поступила:

24 декабря 2025 г.

Одобрена после

рецензирования:

15 мая 2026 г.

Принята к публикации:

11 июня 2026 г.

Опубликована:

29 июня 2026 г.

Ключевые слова:

геоход, ножевой
исполнительный орган, отвал
геликоидной формы,
технологичность
конструкции, коэффициент
использования материала,
технологическая
себестоимость

Аннотация.

В условиях цифровизации горного машиностроения особую актуальность приобретает задача обеспечения технологичности конструкции малосерийных изделий, таких как геоход. Оптимизация его ножевых исполнительных органов требует выбора решений, обеспечивающих как высокие эксплуатационные параметры, так и экономическую эффективность изготовления. В данной работе исследовано влияние различных конструктивных форм отвала ножевого исполнительного органа геохода на ключевые технологические и экономические показатели его производства. Для проведения анализа были разработаны 3D-модели основных форм отвалов с геликоидной поверхностью (прямая, полувыпуклая, с воронкой, выпуклая) и рассчитаны параметры их изготовления по различным технологиям: литье в земляные и оболочковые формы, горячая штамповка, прокат и селективное лазерное сплавление. Количественная оценка выполнена на основе двух критериев: коэффициента использования материала и технологической себестоимости заготовки отвалов. В результате установлены закономерности влияния радиуса геохода на выбор рациональной технологии для каждой формы отвала. Показано, что для большинства типоразмеров полувыпуклая геликоидная форма, изготавливаемая методами селективного лазерного сплавления или литья в оболочковые формы, показывает наилучшее сочетание эффективности использования материалов и технологической стоимости, обеспечивая основу для рационального производства ножевого исполнительного органа геохода.

Для цитирования: Нозирзода Ш.С., Пашков Д.А., Ананьев К.А. Влияние конструктивных решений ножевых исполнительных органов геохода на его технологические параметры // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2026. № 2 (174). С. 17-27. DOI: 10.26730/1999-4125-2026-2-17-27, EDN: ICTWOV

Благодарность: работа выполнена при финансовой поддержке АО «Альфа-Банк» в рамках программы «Альфа-Будущее Гранты преподавателям».

Введение

Разработка и совершенствование горнопроходческих машин, к которым относится и геоход [1–7], представляют собой сложную инженерную задачу. Ее успешное решение требует не только достижения требуемых

функциональных характеристик (производительности, усилия резания, управляемости), но и обеспечения высокой технологичности конструкции на всех этапах жизненного цикла [8]. Понятие технологичности конструкции изделия является комплексным и

напрямую влияет на трудоемкость изготовления, материалоемкость, стоимость и сроки подготовки производства [9].

Традиционные методы оценки технологичности конструкции, основанные на анализе чертежной документации, зачастую являются трудоемкими и отстают от темпов современного проектирования [10]. В условиях цифровизации производства ключевым трендом становится переход к оценке технологичности на основе электронных 3D-моделей изделия, что позволяет интегрировать процессы конструкторской и технологической подготовки, ускорить принятие решений и визуализировать рекомендации для производства изделия [10, 11]. Такой подход требует формализации как самой модели изделия, так и базы знаний о технологических ограничениях [10, 12].

Особую актуальность задача обеспечения

технологичности приобретает для малосерийных изделий, каким является геоход с ножевыми исполнительными органами (ИО). Конструктивные решения ножевых ИО (геометрия, материалы, способы крепления, компоновка) напрямую влияют на технологические параметры процесса резания горной породы: удельные энергозатраты, вибрационную нагрузку, стойкость инструмента и в итоге на общую производительность геохода.

Таким образом, существует научно-практическая задача, заключающаяся в необходимости выбора таких конструктивных решений для ножевых ИО геохода, которые, с одной стороны, обеспечивали бы оптимальные технологические параметры работы, а с другой – отвечали бы критериям высокой производственной технологичности, оцениваемой на основе современных цифровых

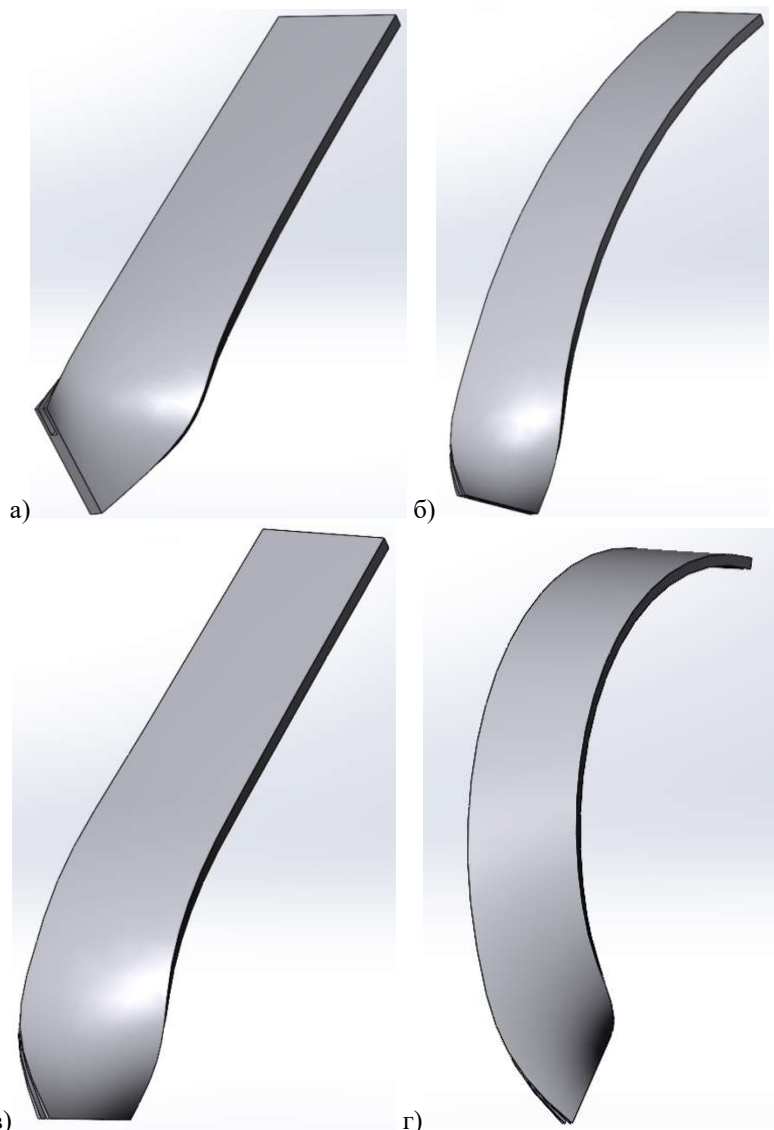


Рис. 1. Основные формы отвала ножевого ИО геохода (а – прямая геликоидная, б – полувыпуклая геликоидная, в – геликоидная форма с воронкой, г – выпуклая геликоидная)

Fig. 1. The main forms of the blade of the bladed executive body of the geokhod (a – straight helicoid, b – semi-convex helicoid, c – helicoid with a crown, d – convex helicoid)

методов.

Цель работы: исследование влияния конструктивных решений ножевых исполнительных органов геолода на его технологические параметры.

Методы исследования

В основу настоящего анализа положены результаты исследования [13, 14], в котором систематизированы ключевые конструктивные решения и предложены типовые формы режущих кромок для ножевого ИО геолода с учетом технологических требований. На базе данных решений и в соответствии с методологией построения геометрии, изложенной в работах [14–19], были определены и спроектированы геликоидные формы элементов ножевого ИО геолода.

В рамках данной работы основное внимание уделено анализу геометрии отвала – критически важного элемента конструкции, непосредственно влияющего на процесс отделения и транспортировки горной массы. На Рис. 1 представлены основные формы отвала ножевого ИО, каждая из которых характеризуется

уникальной геликоидной поверхностью.

Проектирование ножевых ИО геолода должно соответствовать комплексу эксплуатационных требований [13, 14, 20], среди которых ключевыми являются обеспечение надежности, эффективности резания, ремонтпригодности и технологичности изготовления. Эти требования транслируются в конкретные условия к геометрии деталей, методам получения заготовок (литье, штамповка) и качеству обрабатываемых поверхностей.

Для количественной сравнительной оценки различных конструктивных решений и методов изготовления геликоидных отвалов в данной работе используются два критерия:

1. Металлоемкость, оцениваемая через коэффициент использования материала $K_{им}$:

$$K_{им} = \frac{m_d}{m_{заг}}, \quad (1)$$

где m_d – масса изделия, $m_{заг}$ – масса заготовки.

2. Технологическая себестоимость заготовки (T_c), рассчитываемая по формуле:

$$T_c = \frac{m_d}{K_{им}} \cdot (C_{заг} + C_c \cdot (1 - K_{им})), \quad (2)$$

где $C_{заг}$ – стоимость 1 кг материала заготовки, C_c – стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке в среднем по горному машиностроению.

Данные критерии позволяют комплексно оценить экономическую и производственную эффективность рассматриваемых вариантов, учитывая как расход материала, так и совокупные затраты на его приобретение и последующую механическую обработку для получения финальной геликоидной формы. В дальнейшем анализе представленные формы отвала ИО будут сопоставлены именно по этим показателям.

Критерии оценки конструктивных решений для ножевого ИО геолода формируются на основе его ключевых параметров [13, 14] и

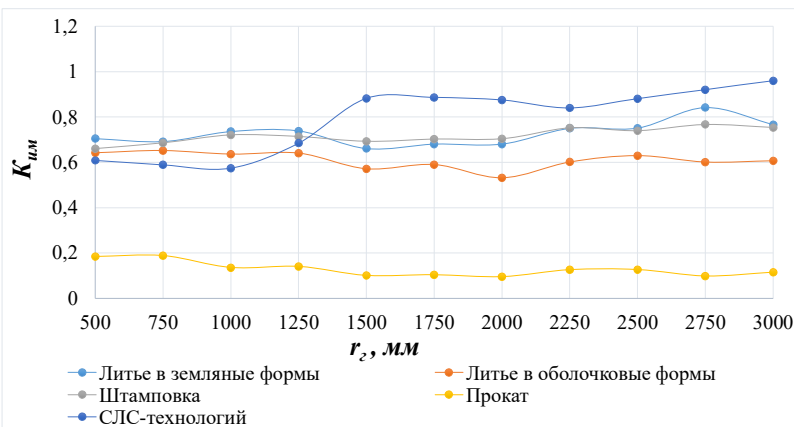


Рис. 2. Зависимость $K_{им}$ от r_2 для отвалов ИО прямой геликоидной формы

Fig. 2. Dependence of the $K_{им}$ on the r_2 for the dumps of the executive body of a straight helicoid shape

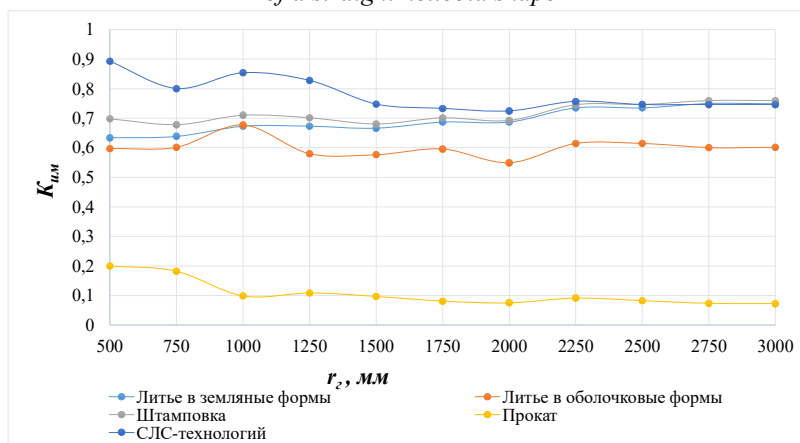


Рис. 3. Зависимость $K_{им}$ от r_2 для отвала ИО полувыпуклой геликоидной формы

Fig. 3. Dependence of the $K_{им}$ on the r_2 for the dumps of the executive body of a semi-convex helicoid shape

известных технологических подходов к созданию основных узлов геогодов [21].

В ходе исследования была определена масса заготовок для различных типоразмеров отвалов. Расчеты выполнялись на базе 3D-моделей, учитывающих технологию литья и обработку давлением. Для заготовки, изготавливаемой методом селективного лазерного спекания (СЛС), использовалась специализированная программная платформа [14], позволившая установить такие технологические характеристики, как масса и объем детали, объем поддерживающих структур, а также продолжительность печати.

Результаты

С использованием формулы (1) и полученных исходных данных был определен коэффициент использования материала ($K_{им}$). Расчет

выполнялся для отвалов ножевого ИО геогода, различающихся как типоразмерами, так и геометрической формой. Графическая интерпретация зависимости $K_{им}$ от радиуса геогода (r_z) для отвалов прямого геликоидного профиля представлена на Рис. 2, где также показано влияние различных технологий изготовления заготовки.

Сравнительный анализ технологий показал, что технология СЛС является наиболее предпочтительной при величине радиуса геогода свыше 1500 мм, обеспечивая коэффициент использования материала на уровне 0,85. В диапазоне $r_z < 1500$ мм лидирующие позиции занимает литье в земляные формы. Наименее эффективной является технология проката, показывающая минимальные значения $K_{им}$, что свидетельствует о ее экономической

нецелесообразности для производства отвалов ножевого ИО прямой геликоидной формы.

Рис. 3 показывает зависимость коэффициента $K_{им}$ от радиуса геогода r_z для отвалов полувыпуклой геликоидной формы при различных технологических процессах изготовления заготовки.

Анализ эффективности изготовления отвалов полувыпуклой геликоидной формы показывает, что технология СЛС является доминирующей во всем исследуемом интервале радиусов, достигая значений $K_{им} = 0,9$. При том, что литье в оболочковые формы уступает технологии СЛС по величине коэффициента использования материала (0,7), данный способ относится к категории рациональных технологических решений вследствие достаточно высокой эффективности использования материала.

График, приведенный на Рис. 4, демонстрирует зависимость $K_{им} = f(r_z)$ для геликоидных отвалов с воронкой при различных вариантах технологического процесса получения заготовки.

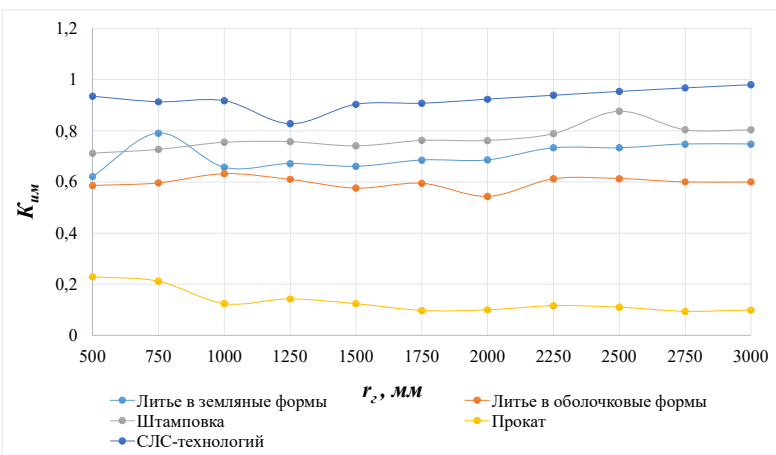


Рис. 4. Зависимость $K_{им}$ от r_z для отвалов ИО геликоидной формы с воронкой

Fig. 4. Dependence of the $K_{им}$ on the r_z for the dumps of the executive body a helicoid shape with a funnel

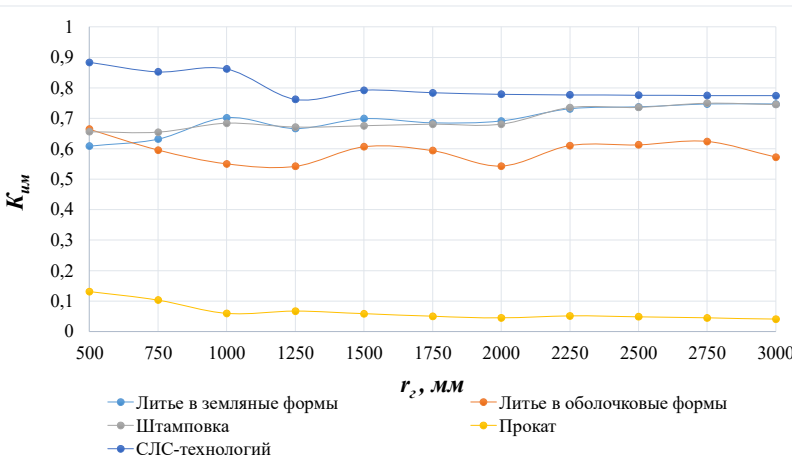


Рис. 5. Зависимость $K_{им}$ от r_z для отвалов ИО выпуклой геликоидной формы

Fig. 5. Dependence of the $K_{им}$ on the r_z for the dumps of the executive body dumps of convex helicoid shape

Технология СЛС обеспечивает предельное значение коэффициента использования материала (0,9) для отвалов геликоидной формы с воронкой, что является наиболее эффективным методом производства. Литье в оболочковые формы, характеризующееся $K_{им}=0,6$, сохраняет свою актуальность как технологически и экономически обоснованная альтернатива.

График, приведенный на Рис. 5, демонстрирует характер влияния радиуса геохода r_z на величину $K_{им}$ для отвалов выпуклой геликоидной формы в условиях применения

различных технологических способов формообразования заготовки.

Исследование зависимостей $K_{им}=f(r_z)$ показало, что технология СЛС является рациональным вариантом для отвалов выпуклой геликоидной формы, обеспечивая коэффициент использования материала на уровне 0,95.

В отличие от рассмотренных выше технологий, литье в земляные формы демонстрирует низкую эффективность ($K_{им}\approx 0,6$), что в 1,6 раза уступает показателям альтернативных технологий.

Сравнительный анализ геометрических форм отвалов позволил оценивать их по степени рациональности использования материала. Наилучшие показатели получены для полувыпуклой геликоидной формы: в точке $r_z=3000$ мм при СЛС-технологии $K_{им}$ достигает 0,85-0,90. Прямая форма и геликоидная форма с воронкой характеризуются более низкой эффективностью использования материала: соответствующие показатели на 15–20% уступают значениям, достигнутым для рациональной формы, что наглядно подтверждается графическими зависимостями.

Расчет технологической себестоимости, выполненный по формуле (2) на основе выбранных данных, охватил все исследуемые типоразмеры и формы отвалов ножевого ИО геохода. Полученные результаты в графической форме представлены на Рис. 6, где отражено влияние радиуса геохода r_z на величину T_c для отвалов прямой геликоидной формы при различных технологиях изготовления заготовки.

Анализ экономической эффективности технологий изготовления отвалов прямой геликоидной формы позволил выявить

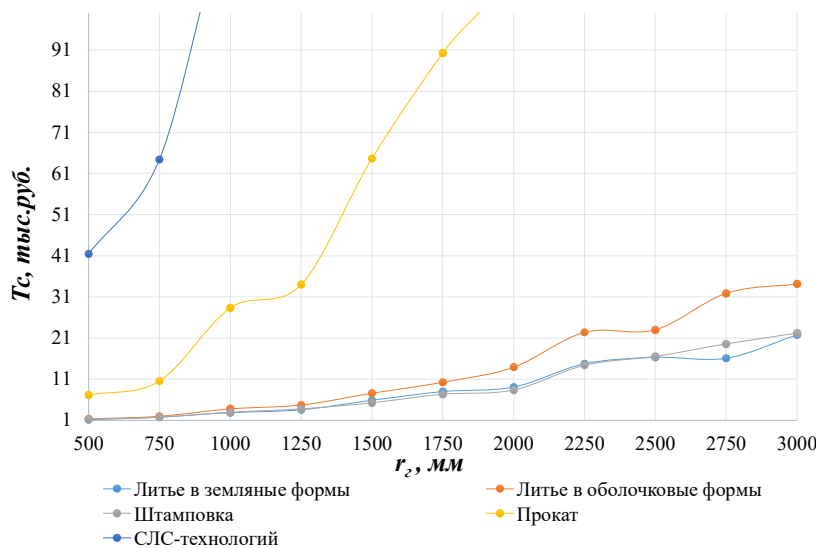


Рис. 6. Зависимость T_c от r_z для отвала ИО прямой геликоидной формы

Fig. 6. Dependence of T_c on r_z for the blade of the executive body of a straight helicoid shape

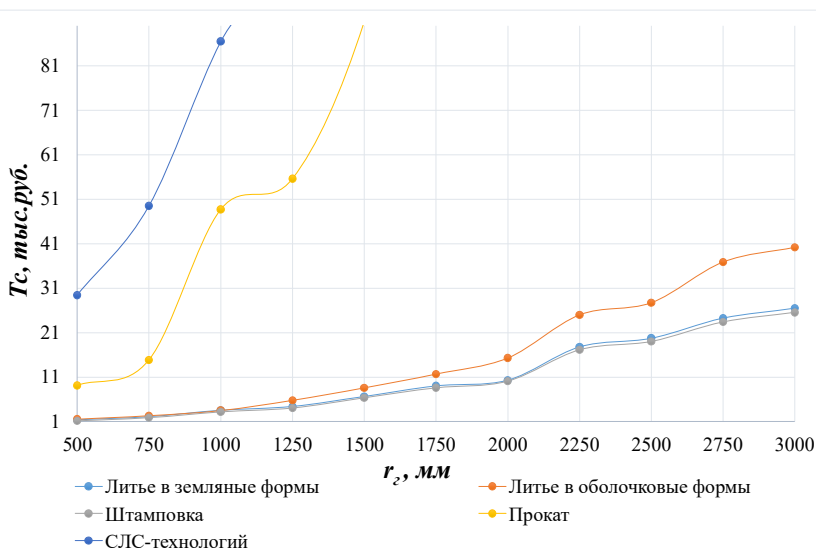


Рис. 7. Зависимость T_c от r_z для отвала ИО полувыпуклой геликоидной формы

Fig. 7. Dependence of T_c on r_z for the blade of the executive body of a semi-convex helicoid shape

предельные значения радиуса геохода, при которых происходят изменения рационального метода производства. При $r_z=1000$ мм минимальную себестоимость обеспечивает штамповка (на 35% ниже литья в земляные формы), при $r_z=2500$ мм наиболее эффективным становится прокат, превосходящий штамповку по экономическим показателям на 12%.

На Рис. 7 приведена зависимость $K_{им}=f(T_c)$ для отвалов полувыпуклой геликоидной формы, позволяющая оценить динамику изменения T_c

при увеличении радиуса геохода и технологии получения заготовки.

Количественный анализ технологической себестоимости для полувыпуклой геликоидной формы показал, что при $r_z=750$ мм литье в оболочковые формы уступает методу проката по экономическим показателям с разрывом в 28%. При увеличении радиуса до 2000 мм изменение затрат становится еще более выраженным: СЛС-технология оказывается дороже штамповки более чем в 4 раза, что позволяет

классифицировать ее как экономически неэффективную в данном диапазоне.

На Рис. 8 показан характер изменения технологической себестоимости в зависимости от радиуса геохода для отвалов геликоидной формы с воронкой при различных технологических способах получения заготовки.

Для геликоидной формы с воронкой при $r_z=1500$ мм штамповка и прокат, находясь в одной ценовой категории, опережают литье на 40%. При достижении радиуса 3000 мм разрыв между наиболее и наименее эффективными технологиями достигает 60% – литье в земляные формы становится в 1,6 раза дороже проката.

Рис. 9 показывает характер изменения технологической себестоимости в зависимости от радиуса геохода для отвалов выпуклой геликоидной формы при различных технологических способах получения заготовки.

Для отвалов выпуклой геликоидной формы установлена существенная зависимость соотношения технологической себестоимости от радиуса геохода. При минимальном значении $r_z=500$ мм литейное производство демонстрирует преимущество перед СЛС-

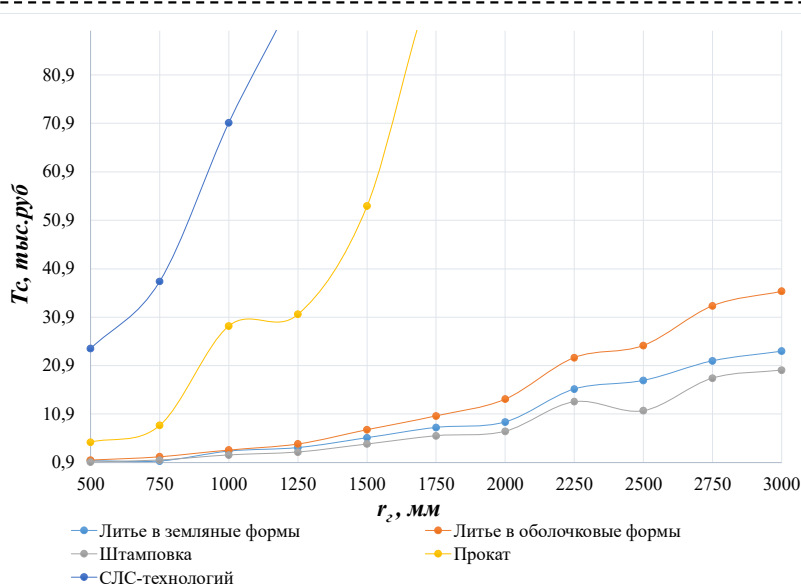


Рис. 8. Зависимость T_c от r_z для отвала ИО геликоидной формы с воронкой

Fig. 8. Dependence of T_c on r_z for the blade of the executive body of a helicoid shape with a funnel

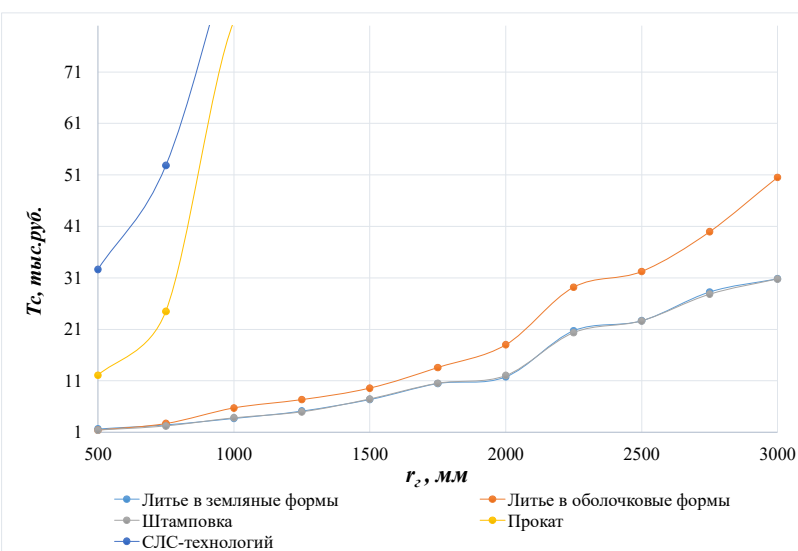


Рис. 9. Зависимость T_c от r_z для отвала ИО выпуклой геликоидной формы

Fig. 9. Dependence of T_c on r_z for the blade of the executive body of a convex helicoid shape

Таблица 1. Сравнительный анализ эффективности форм отвала ножевого ИО геохода
Table 1. Comparative analysis of the effectiveness of the blade shapes of the knife-type IO geokhod

Форма отвала	Радиус геохода, r_z (мм)	Технология	Коэфф. использ. материала, $K_{им}$	Технологическая себестоимость, T_c
Прямая геликоидная	< 1500	Литье в земляные формы	Средний (до 0.6)	Низкая
	> 1500	СЛС	Высокий (0.85)	Средняя
Полувыпуклая геликоидная	Весь диапазон	СЛС	Очень высокий (0.9)	Высокая (для СЛС)
	Весь диапазон	Литье в оболочковые формы	Высокий (0.7)	Средняя
Геликоидная с воронкой	Весь диапазон	СЛС	Высокий (0.9)	Высокая
	Весь диапазон	Литье в оболочковые формы	Средний (0.6)	Средняя
Выпуклая геликоидная	< 1000	Литье	Средний (0.6)	Очень низкая
	> 2000	Штамповка	Средний (0.6)	Низкая
	Весь диапазон	СЛС	Очень высокий (0.95)	Очень высокая

технологиями по критерию стоимости. С увеличением радиуса до 2000 мм штамповка становится на 25% экономически эффективнее литья в оболочковые формы.

В результате выполненного исследования установлены закономерности влияния конструктивной формы отвала ножевого исполнительного органа геохода и технологии его изготовления на ключевые показатели технологичности – коэффициент использования материала ($K_{им}$) и технологическую себестоимость заготовки (T_c). Полученные данные приведены в сводной Таблице 1.

Анализ сводных данных подтверждает, что технология селективного лазерного сплавления обеспечивает максимальный коэффициент использования материала для всех форм отвала. В то же время традиционные методы (литье, штамповка) сохраняют экономическую целесообразность при производстве малогабаритных геоходов. Полувыпуклая форма выделяется как наиболее технологичная, сочетая высокий $K_{им}$ с широкими возможностями изготовления.

Выводы

В результате работы:

– **установлена** зависимость технологической эффективности изготовления отвалов ножевого ИО геохода от их геликоидной формы и радиуса геохода. Показано, что оптимальный выбор технологии производства определяется конкретным сочетанием этих двух факторов.

– для всех исследуемых форм отвалов наивысший коэффициент использования материала ($K_{им} = 0,85-0,95$) обеспечивает технология селективного лазерного сплавления (СЛС), что делает ее предпочтительной с точки

зрения минимизации расхода металла, особенно для крупногабаритных изделий ($r_z > 1500$ мм).

– **выявлено**, что полувыпуклая геликоидная форма отвала является наиболее технологичной, демонстрируя стабильно высокий $K_{им}$ (до 0.9 при СЛС) для всего диапазона радиусов геохода, в то время как для прямой формы и формы с воронкой этот показатель на 15–20% ниже.

– **показано**, что с точки зрения технологической себестоимости (T_c) универсально оптимальной технологии не существует, для малых радиусов геохода ($r_z < 1000$ мм) часто более выгодны традиционные методы обработки давлением (штамповка, прокат), тогда как для средних и крупных радиусов экономическая целесообразность СЛС возрастает, несмотря на высокую стоимость оборудования, за счет резкого снижения затрат на последующую механическую обработку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов В. В., Магазов С. В., Хорешок А. А. [и др.] Создание проходческих подземных аппаратов, взаимодействующих с геосредой. Области исследований // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции, Прокопьевск, 30 апреля 2020 года. Прокопьевск : Филиал ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева» в г. Прокопьевске, 2020. С. 110–116. EDN TFWVWX.
2. Аксенов В. В., Магазов С. В., Хорешок А. А. [и др.] Геодинамика подземных аппаратов // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции, Прокопьевск, 30 апреля 2020 года.

Прокопьевск : Филиал ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева» в г. Прокопьевске, 2020. С. 92–98. EDN OUVMBH.

3. Аксенов В. В., Бегляков В. Ю., Коперчук А. В. [и др.] Создание проходческих подземных аппаратов, взаимодействующих с геосредой. Области исследований // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 2(148). С. 3–12. DOI: 10.26730/1816-4528-2020-2-3-12. EDN WOIPFO.

4. 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.

5. 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. Кемерово : Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева, 2017. С. 381–385. EDN YMKNXL.

6. 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.

7. 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.

8. Подрез Н. В., Говорков А. С. Оценка технологичности конструкции изделия на современном производстве и ее проблемы // Молодежный вестник ИргТУ. 2022. Т. 12. № 4. С. 707–711. EDN AFSGSJ.

9. Троицкий А. А. Метод оценки технологичности конструкции изделия до технологической подготовки производства // Машины, технологии и материалы для современного машиностроения: сборник тезисов докладов конференции, посвященной 85-летию Института машиноведения им. А. А. Благоднарова РАН, Москва, 23 ноября 2023 года. Москва : Типография ИМАШ РАН, 2023. С. 151. EDN TVNPDR.

10. Подрез Н. В., Говорков А. С. Разработка методики оценки технологичности конструкции изделия на основе 3D-модели изделия

машиностроения // Вестник Московского авиационного института. 2023. Т. 30. № 1. С. 198–207. DOI: 10.34759/vst-2023-1-198-207. EDN DDUUKP.

11. Ахатов Р. Х., Говорков А. С., Жилиев А. С. Разработка и внедрение программного комплекса «Система анализа технологичности конструкции изделий» при запуске в производство изделий // Системы управления жизненным циклом изделий авиационной техники: актуальные проблемы, исследования, опыт внедрения и перспективы развития : Статьи и тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 16–17 октября 2014 года. Ульяновск : Ульяновский государственный университет, 2014. С. 13–14. EDN UAZNOR.

12. Шалагин Н. И., Щелоков Ю. А., Цымбалов Е. А., Давтян А. Ю. Разработка и оценки технологичности конструкций изделий машиностроения // Наука сегодня: сборник научных трудов по материалам VII международной научно-практической конференции: в 4 частях, Вологда, 28 октября 2015 года. Научный центр «Диспут». Часть 1. Вологда : ООО «Маркер», 2015. С. 43–44. EDN UOCZAX.

13. Нозирзода Ш. С., Ефременков А. Б., Пашков Д. А. Разработка конструктивных решений ножевого исполнительного органа геохода с учетом технологических особенностей // Устойчивое развитие горных территорий. 2025. Т. 17. № 1(63). С. 161–172. DOI: 10.21177/1998-4502-2025-17-1-161-172. EDN IFIGJL.

14. Нозирзода Ш. С. Обоснование рациональных параметров ножевых исполнительных органов с учетом эксплуатационных требований при создании геохода: специальность 2.8.8: диссертация ... кандидата технических наук / Нозирзода Шодмон Салохидин. Великий Новгород, 2025. 168 с.

15. Садовец Р. В., Резанова Е. В. Разработка методики построения ножа геликоидной формы исполнительного органа геохода в SOLIDWORKS // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: сборник материалов III Международной научно-практической конференции, Кемерово, 14–17 октября 2019 года. Кемерово : Кузбасский государственный технический университет, 2019. С. 143–147.

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

17. Садовец Р. В., Резанова Е. В. Методика построения твердотельной модели ножевого исполнительного органа геохода // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: сборник материалов III

Международной научно-практической конференции, Кемерово, 14–17 октября 2019 года. Кемерово : Кузбасский государственный технический университет, 2019. С. 148–151.

18. Козлов И. В. Выбор профиля сечения ножа исполнительного органа геохода в зависимости от угла резания // Россия молодая: сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 19–21 апреля 2022 года. Кемерово : Кузбасский государственный технический университет, 2022. С. 420051–420056.

19. 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. Кемерово : Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева, 2017. С. 381–385. EDN YMKXNL.

20. Аксенов В. В., Вальтер А. В. Специфика геохода как предмета производства // Научное обозрение. 2014. № 8–3. С. 945–950. EDN TCVMNR.

21. Нозирзода Ш. С., Ефременков А. Б. Обоснование технологии получения заготовки для ножа исполнительного органа геохода // Устойчивое развитие горных территорий. 2024. Т. 16. № 2. С. 503–517. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-2-503-517.

© 2026 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, старший преподаватель кафедры промышленных технологий Политехнического института Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого, e-mail: shoni_1997@mail.ru

Пашков Дмитрий Алексеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, e-mail: pashkovda@kuzstu.ru

Ананьев Кирилл Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, зав. каф. горных машин и комплексов, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, e-mail: aka.kgmik@kuzstu.ru

Заявленный вклад авторов:

Нозирзода Шодмон Салохидин – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, анализ данных, подведение итогов, написание текста, обзор актуальной литературы, сбор данных.

Пашков Дмитрий Алексеевич – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, анализ данных, подведение итогов, написание текста, обзор актуальной литературы, сбор данных.

Ананьев Кирилл Алексеевич – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, анализ данных, подведение итогов, написание текста, обзор актуальной литературы, сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

THE INFLUENCE OF CONSTRUCTIVE SOLUTIONS OF BLADED EXECUTIVE BODIES OF THE GEOKHOD ON ITS TECHNOLOGICAL PARAMETERS

Shodmon S. Nozirezoda^{1*}, Dmitry A. Pashkov², Kirill A. Ananyev²

¹ Yaroslav the Wise Novgorod State University

² T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

* for correspondence: shoni_1997@mail.ru



Article info

Abstract.

The article discusses the process of developing a mathematical model for the formation of a semi-convex helicoid shape of the blade of the executive body of the geokhod. The relevance of the development is given, which consists in

Received:
24 December 2025

Accepted for publication:
15 May 2026

Accepted:
11 June 2026

Published:
29 June 2026

Keywords: geokhod, bladed executive body, helicoid-shaped blade, manufacturability of the structure, material utilization factor, technological cost

the need to determine the trajectory of the tool in the manufacture of a semi-convex helicoid blade. To develop a mathematical model for the formation of a semi-convex helicoid shape of the blade of the executive body of the geokhod, a scheme for the formation of a semi-convex shape of the blade executive body of the geokhod is considered. It is noted that it is necessary to take into account geometric parameters such as the radius of the circle, the angle of inclination of the section and the thickness of the blade. A technique for constructing a three-dimensional model of a semi-convex shape of a blade used in the executive bodies of a geokhod is considered. Mathematical modeling and 3D modeling methods were used to achieve the goal. Based on the specified parameters of the cross-section of a semi-convex blade, a system of equations has been developed that makes it possible, depending on the rational geometric characteristics of the cutting edge, to determine the trajectory of points on it. To solve this system of equations, a specialized program was created in the MATLAB environment. The results of the program are presented in the form of a graph showing the trajectory of the points of the cutting edges for a blade with a semi-convex helicoid shape. This development is of practical importance, namely, the possibility of using control programs for the manufacture and processing of complex surfaces of the semi-convex shape of the blade of the executive body of the geokhod, which ensure high manufacturing accuracy and surface treatment quality. This, in turn, increases the efficiency of the geokhod, and can also be used to optimize the design of cutting tools in other areas

For citation: Nozirezoda Sh.S., Pashkov D.A., Ananyev K.A. The influence of constructive solutions of bladed executive bodies of the geokhod on its technological parameters. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2026; 2(174):17-27. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2026-2-17-27, EDN: ICTWOV

Acknowledgements: the work was carried out with the financial support of the «Alfa-Bank» Accelerator Society within the framework of the Alfa-Future Grants to Teachers program

REFERENCES

1. Aksenov V.V., Magazov S.V., Khoreshok A.A. [et al.] Creation of underground tunneling devices that interact with the geo-environment. Areas of research. *Prospects of innovative development of the coal regions of Russia: Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference*. Prokopyevsk, April 30, 2020. Prokopyevsk: Branch of the FGBOU VO "Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev" in Prokopyevsk; 2020. Pp. 110–116. EDN TFWVX.
2. Aksenov V.V., Magazov S.V., Khoreshok A.A. [et al.] Geodynamics of underground apparatuses. *Prospects of innovative development of coal regions of Russia: Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference*. Prokopyevsk, April 30, 2020. Prokopyevsk: Branch of the FGBOU VO "Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev" in Prokopyevsk; 2020. Pp. 92–98. EDN OUV GMBH.
3. Aksenov V.V., Beglyakov V.Yu., Koperchuk A.V. [et al.] Creation of underground tunneling devices interacting with the geo-environment. Areas of research. *Mining equipment and electromechanics*. 2020; 2(148):3–12. DOI: 10.26730/1816-4528-2020-2-3-12. EDN WOIPFO.
4. Experience of participation in a project on the organization of high-tech production / Aksenov V.V., Beglyakov V.Yu., Kazantsev A.A. [et al.] // *Mining equipment and electromechanics*. 2016. № 8(126). Pp. 8–15. EDN WWDBRT.
5. Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Innovations in information technologies, mechanical engineering and motor transport: proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Kemerovo, November 29-30, 2017. Kuzbass State Technical University T.F. Gorbachev University. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev; 2017. Pp. 381–385. EDN YMKXNL.
6. 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.
7. 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.
8. Podrez N.V., Govorkov A.S. Assessment of the manufacturability of product design in modern production and its problems. *Youth Bulletin of IrSTU*. 2022; 12(4):707–711. EDN AFSGSJ.
9. Troitsky, A.A. A method for assessing the manufacturability of a product design before technological preparation of production. *Machines, technologies and materials for modern mechanical engineering: a collection of abstracts of a conference dedicated to the 85th anniversary of the Blagonravov Institute of Machine Science of the Russian Academy of Sciences*. Moscow, November 23, 2023. Moscow: IMASH RAS Printing House; 2023. P. 151. EDN TVNPDR.
10. Podrez N.V., Govorkov A.S. Development of a methodology for assessing the manufacturability of a product design based on a 3D model of a machine-building product.

Bulletin of the Moscow Aviation Institute. 2023; 30(1):198–207. DOI: 10.34759/vst-2023-1-198-207. EDN DDUUKP.

11. Akhatov R.H., Govorkov A.S., Zhilyaev A.S. Development and implementation of the software package "Product design analysis system" when launching products. *Life cycle management systems for aviation equipment products: current problems, research, implementation experience and development prospects: Articles and abstracts of the IV International Scientific and Practical Conference*. Ulyanovsk, October 16–17, 2014. Ulyanovsk: Ulyanovsk State University; 2014. Pp. 13–14. EDN UAZNOR.

12. Shalagin N.I., Shchelokov Yu.A., Tsymbalov E.A., Davtyan A.Yu. Development and evaluation of the manufacturability of machine-building products. *Science today: a collection of scientific papers based on the materials of the VII International scientific and practical conference: in 4 parts*. Vologda, October 28, 2015. Scientific Center "Disput". Part 1. Vologda: Marker LLC; 2015. Pp. 43–44. EDN UOCZAX.

13. Nozirezoda Sh.S., Efremkov A.B., Pashkov D.A. Development of constructive solutions for the blade executive body of the geokhod, taking into account technological features. *Sustainable development of mountainous territories*. 2025; 17(163):161–172. DOI: 10.21177/1998-4502-2025-17-1-161-172. EDN IFIGJL.

14. Nozirezoda Sh.S. Justification of rational parameters of blade executive bodies taking into account operational requirements when creating a geokhod: specialty 2.8.8: dissertation ... of a candidate of technical sciences / Nozirezoda Shodmon Salokhidin. Veliky Novgorod, 2025. 168 p.

15. Sadovets R.V., Rezanova E.V. Development of a technique for constructing a blade of the helical shape of the executive body of a geokhod in SOLIDWORKS. *Innovations in information technology, mechanical engineering and motor transport: proceedings of the III International Scientific and Practical Conference*. Kemerovo, October 14–17, 2019.

Kemerovo: Kuzbass State Technical University; 2019. Pp. 143–147.

16. Kozlov I.V., Sadovets V.Yu., Sadovets R.V. Development of a methodology for constructing a solid-state model of the body of a blade executive body of a geokhod. *Mining engineering and technology*. 2022; 2(17):67–86. DOI: 10.26730/2618-7434-2022-2-67-86.

17. Sadovets R.V., Rezanova E.V. Methodology for constructing a solid-state model of a blade executive body of a geokhod. *Innovations in information technology, mechanical engineering and motor transport: collection of materials of the III International Scientific and Practical Conference*. Kemerovo, October 14–17, 2019. Kemerovo: Kuzbass State Technical University; 2019. Pp. 148–151.

18. Kozlov I.V. Selection of the cross-section profile of the blade of the executive body of the geokhod depending on the cutting angle. *Young Russia: collection of materials of the XIV All-Russian Scientific and Practical Conference with International participation*. Kemerovo, April 19–21, 2022. Kemerovo: Kuzbass State Technical University; 2022. Pp. 420051–420056.

19. Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Innovations in information technologies, mechanical engineering and motor transport: proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Kemerovo, November 29–30, 2017. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev; 2017. Pp. 381–385. EDN YMKXNL.

20. Aksenov V.V., Walter A.V. The specificity of geokhod as an object of production. *Scientific review*. 2014; 8–3:945–950. EDN TCVMNR.

21. Nozirezoda Sh.S., Efremkov A.B. Substantiation of the technology for obtaining blanks for the blade of the executive body of the geokhod. *Sustainable development of mountainous territories*. 2024; 16(2):503–517. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-2-503-517.

© 2026 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:

Shodmon S. Nozirezoda, Senior Lecturer of the Department of Industrial Technologies of the Polytechnic Institute, Yaroslav the Wise Novgorod State University, e-mail: shoni_1997@mail.ru

Dmitry A. Pashkov, Candidate of Sciences in Technology, Senior Researcher, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, e-mail: pashkovda@kuzstu.ru

Kirill A. Ananyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mining Machinery and Complexes, Kuzbass State Technical University, e-mail: aka.kgmik@kuzstu.ru

Contribution of the authors:

Shodmon S. Nozirezoda – formulation of a research problem, conceptualization of research, data analysis, summing up, writing a text, reviewing relevant literature, data collection.

Dmitry A. Pashkov – formulation of a research problem, conceptualization of research, data analysis, summing up, writing a text, reviewing relevant literature, data collection.

Kirill A. Ananyev – formulation of a research problem, conceptualization of research, data analysis, summing up, writing a text, review of relevant literature, data collection.

All authors have read and approved the final manuscript.

