

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ РЕЗА НА ОСЕВУЮ ПРОЕКЦИЮ СИЛЫ РЕЗАНИЯ

В.В. Аксенов^{1,3}, д.т.н., В.Ю. Садовец^{2,3}, к.т.н., доцент, Д.А. Пашков¹, аспирант

¹Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН

650610, Россия, г. Кемерово, Ленинградский, 10.

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

³Юргинский технологический институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

652052, Россия, г. Юрга, ул. Ленинградская, д. 26.

e-mail: vsadovec@yandex.ru

В статье обосновывается влияние ширины реза на проекцию составляющей силы резания на ось вращения геохода. Рассмотрена актуальность исследования. Для постановки цели и задач исследования определена проекция составляющей силы резания на ось вращения геохода. На основании проведенного исследования построена зависимость осевой проекции силы резанию ножевого исполнительного органа геохода ($P_{o.cb}$) от расстояния x на которое отдалена точка от оси вращения.

В настоящее время стремительно развиваются новые технологии в области роботизации. Однако менее освоенной является область создания устройств, которые могут образовывать полости в подземном пространстве [1-5].

В связи с этим встают задачи разработки новых подходов, технологий, и машин, которые позволяют роботизировано выполнять все процессы для образования полости в подземном пространстве [6-9].

Одним из направлений, позволяющим подземному роботу образовывать полости под землей является применение геовинчестерной технологии, базовым элементом которой является – геоход [10-13].

На существующем этапе разработки элементов геовинчестерной технологии остро стоит необходимость разработки конструктивных и технических решений исполнительных органов способных проводить образование полости в подземном пространстве по породам крепостью до 1 по шкале М.М. Протоद्याконова [14-18].

Из ранее проведенных исследований одной из характерных точек изгиба ножевого исполнительного органа геохода является точка при которой проекция составляющей силы сопротивления грунта резанию, зависящей от ширины среза, на ось вращения геохода ($P_{o.cb}$) в пределах от 0 до x , будет равна проекции составляющей силы сопротивления грунта резанию, зависящей от ширины среза, на плоскость, перпендикулярную оси вращения геохода ($R_{но.св}$) в пределах от x до R_r , т.е.

$$\int_0^x P_{c.cb} dx = \int_x^{R_c} R_{но.св} dx ; \quad (1)$$

Проекция составляющей силы сопротивления грунта резанию, зависящей от ширины среза, на ось вращения геохода ($P_{o.cb}$) в пределах от 0 до x будет равна [19-21]

$$P_{o.cb} = \frac{\varphi m_{св} h_г^2 + h_г n P_{изн}}{2\pi \cos \gamma} \cdot \left(\ln \frac{1}{\operatorname{tg} \left| \frac{\beta_x}{2} \right|} \right) - \frac{h_г}{2\pi} \left(\varphi m_{св} \frac{h_г}{n} \frac{\operatorname{ctg}(\delta + \varphi_{ГР})}{\cos \gamma} - \frac{\operatorname{ctg}(\delta_1 + \varphi_{ГР})}{\cos \gamma} P_{изн} \right) \frac{1 - \sin \beta_x}{\sin \beta_x} \quad (2)$$

Для того чтобы проследить влияние увеличения ширины реза в пределах от 0 до x на осевую проекцию силы резания, использовано выражения (2).

На основе горнотехнических условий проведения выработок геоходом с ножевым ИО представленным в таблице, по выражению (2) была посчитана осевая проекция силы резания ($P_{o.cb}$) в пределах от 0 до x , где переменная x изменяется от 0 до R_r с шагом 0,01 м.

На основании расчетов, был построен график (рисунок 1) изменения осевой проекции силы резания ($P_{o.cb}$) в пределах от 0 до x при отдаление от оси вращения точки на расстояние x .

По оси ординат, представленной зависимости, отложено значение осевой проекции силы резания ножевого исполнительного органа геохода (Н), а по оси абсцисс расстояние x на которое отдалена точка от оси вращения.

Таблица

Горнотехнические условия проведения выработки геоходом с ножевым ИО.

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Значение
Радиус геохода	r_z	м	0,9
Шаг винтовой лопасти	h_B	м	0,5
Коэффициент, учитывающий влияние угла резания [22]	φ		0,74
Удельная сила резания в лобовой части прорези при угле резания 45° [22]	m_{ce}	Н/м ²	300000
Угол наклона радиального ножа к плоскости, перпендикулярной оси вращения геохода	γ	град	0
Параметры, характеризующие сопротивление материала упругопластическому сжатию [22]	P_O	Н/м	11300
	P_{ysl}	Н/м	61900
	h_{ysl}	м	0,639
Угол резания	δ	град	35
Угол трения [23]	φ_{mp}	град	31,4

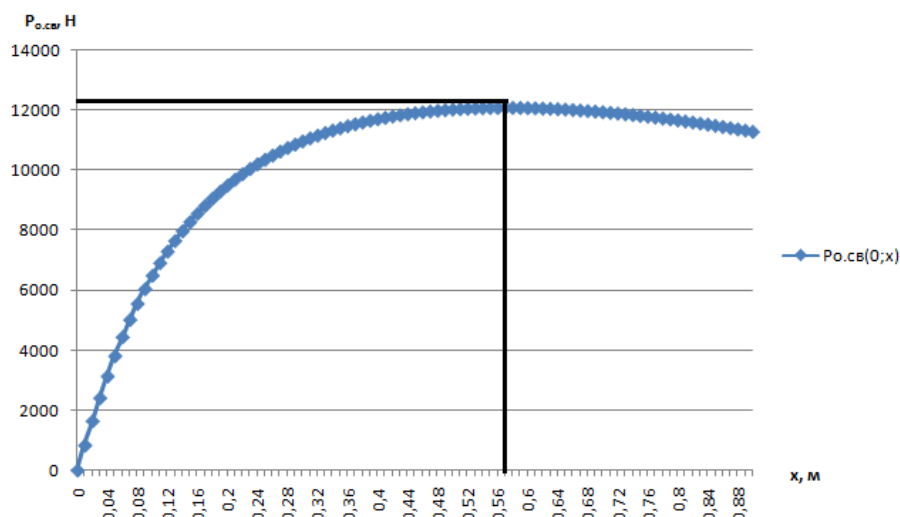


Рис. 1. Зависимость осевой проекции силы резанию ножевого исполнительного органа геохода ($P_{0,cb}$) от расстояния x на которое отдалена точка от оси вращения

Из графика изображенного на рисунке 1, видно что:

- значение проекции силы резания на ось вращения геохода резко возрастает при увеличении ширины реза от оси геохода до $x=0,25$ м;
- ширина резания от оси вращения геохода x ограничена радиусом геохода;
- максимальное значение проекции силы резания на ось вращения геохода будет в точке максимума при значении $x=0,57$ м;
- при увеличении ширины резания более 0,57 м от центра вращения, значение проекции силы резания на ось вращения геохода начинает уменьшаться. Это связано с изменением угла между вектором силы резания и направлением оси проецирования. Поэтому, можно говорить о том, что при достижении определенного значения ширины резания от оси вращения геохода x , исполнительный орган геохода будет самозарубаться.

Список литературы

1. [Sadovets V. Y., Beglyakov V. Y., Aksenov V. V.](#) Development of math model of geokhod bladed working body interaction with geo-environment//[IOP Conference Series: Materials Science and Engineering](#). 2015. Т. 91. С. 012085.
2. Садовец В.Ю., Пашков Д.М. Оценка необходимости создания крепевозводящего модуля геохода//В сборнике: Перспективы инновационного развития угольных регионов России Сборник трудов IV Международная научно-практическая конференция. Редакционная коллегия: Пудов Е.Ю. (ответственный редактор), Клаус О.А. (ответственный редактор), Бершполец С.И., Конопля А.А. 2014. С. 346-349.
3. Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Последовательность операций возведения крепи в условиях геовичестерной технологии//В сборнике: Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2014 Материалы XV международной научно-практической конференции. В.П. Тациенко (отв. редактор), В.А. Колмаков (зам. отв. редактора). 2014. С. 63.
4. [Аксенов В. В., Садовец В. Ю., Буялич Г. Д., Бегляков В. Ю.](#) Влияние уступа на НДС призабойной части горной выработки // [Горный информационно-аналитический бюллетень \(научно-технический журнал\)](#). -2011. -Отд. вып. 2: Горное машиностроение. -С. 55-67.
5. Горбунов В.Ф., Аксенов В.В., Садовец В.Ю. Структурная матрица горнопроходческих систем//«Служение делу»: -Кемерово, -2006. -С. 77-84.
6. [Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю.](#) Влияние динамических процессов, формирующихся в рабочих режимах, на силовые параметры ножевого исполнительного органа//[Горный информационно-аналитический бюллетень \(научно-технический журнал\) = Mining informational and analytical bulletin \(scientific and technical journal\)](#). 2009. Т. 10. № 12. С. 91-106.
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. 2017. Т. 15. С. 03015.
8. 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. 2017.
9. Садовец В.Ю. Разработка модели кинематических особенностей геохода. Иновационные технологии экономика в машиностроении /[В.Ю. Садовец, В.Ю. Бегляков, А.Б. Ефременков](#)//Сборник трудов V Международная научно-практическая конференция: в 2-х т. -Юргинский технологический институт. -Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. -Т.2. -С. 292-298.
10. Садовец В.Ю. Обоснование конструктивных и силовых параметров ножевых исполнительных органов геоходов//автореф. дисер. к.т.н. Кузбасс. гос. техн. ун-т. -Кемерово, 2007. с. 17.
11. Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Определение функции линии контакта ножа исполнительного органа геохода с поверхностью забоя // Технологии и материалы. - 2016. - №4. - С. 9-14.
12. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Обоснование необходимости создания исполнительного органа геохода для разрушения пород малой крепости // Вестник КузГТУ. - 2016. - №6. - С. 8-14.
13. Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Обоснование необходимости создания барового исполнительного органа геохода для разрушения пород крепостью до 1 по шкале профессора Протождяконова // В сборнике: Международной научно-практической конференции «Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте». КузГТУ. 2017. С. 381-385.
14. Пашков Д.А. Анализ существующих баровых исполнительных органов//В сборнике: IX Всероссийской, 62 научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая». С.Г. Костюк (отв. редактор). 2017. С. 35011.
15. 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.
16. Садовец В.Ю., Аксенов В.В., Бегляков В.Ю. Разработка модели взаимодействия ножевого исполнительного органа геохода с геосредой // Технологии и материалы. 2015. № 1. С. 36-41
17. Аксенов В.В., Садовец В.Ю. Моделирование особенностей движения геохода // Вестник КузГТУ. - 2007. - №1. - С. 20-122.
18. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Резанова Е.В. Синтез технических решений нового класса горнопроходческой техники // Известия вузов. Горный журнал / Екатеринбург, 2009-№ 8. С. 56-63.

19. Садовец В.Ю., Аксенов В.В. Ножевые исполнительные органы геогодов: монография / В.Ю. Садовец, В.В. Аксенов // Издательство: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Germany. 2011. -141 с.
20. Вальтер А.В., Аксенов В.В. Варианты обеспечения точности оболочек и собираемости корпусов геогода // Механики XXI века. 2015. № 14. С. 89-92.
21. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Определение силовых параметров ножевого исполнительного органа геогода для разрушения пород малой крепости // Вестник КузГТУ. - 2017. - №3. - С. 116-126.
22. Ветров Ю.А. Расчет сил резания и копания грунтов. – Киев: Изд-во Киев. Ун-та, 1985. 251 с.
23. Винтоповоротные проходческие агрегаты. А.Ф. Эллер, В.Ф. Горбунов, В.В. Аксенов. – Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1992 г.– 192 с.
24. [Горбунов В.Ф.](#), [Аксёнов В.В.](#), [Садовец В.Ю.](#) Экспертная оценка влияния особенностей нового класса горнопроходческой техники на методику расчета его параметров//[Вестник Кузбасского государственного технического университета](#). -2004. -№ 6.1. -С. 43-45.
25. Аксенов В.В., Садовец В.Ю. Синтез технических решений ножевого исполнительного модуля геогода//Вестник Кузбасского государственного технического университета/Кемерово, 2006-№ 6. С. 33-37.
26. Аксенов В.В., Садовец В.Ю. Структурная матрица геогодов//Служение делу. Кемерово, 2006. С. 90-99.
27. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю. Обоснования формы забоя выработки геогода//Сборник трудов Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодых ученых «Инновационные технологии и экономика в машиностроении». 20-21 мая, 2010 г./ЮТИ. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. -С.492-496.
28. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю. Обоснования формы забоя выработки геогода//Сборник трудов Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодых ученых «Инновационные технологии и экономика в машиностроении». 20-21 мая, 2010 г./ЮТИ. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. -С.492-496.
29. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Садовец В.Ю., Резанова Е.В. Создание инновационного инструментария для формирования подземного пространства//Вестник КузГТУ/Кемерово, 2010-№ 1. С. 42-46.
30. [Бегляков В.Ю.](#), [Аксенов В.В.](#) Поверхность забоя при проходке горной выработки геогодом. - Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. -139 с.

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ РЕЗА НА РАДИАЛЬНУЮ ПРОЕКЦИЮ СИЛЫ РЕЗАНИЯ

В.В. Аксенов^{1,3}, д.т.н., В.Ю. Садовец^{2,3}, к.т.н., доцент, Д.А. Пашков¹, аспирант

¹Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН

650610, Россия, г. Кемерово, Ленинградский, 10.

²Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28.

³Юргинский технологический институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский

Томский политехнический университет»

652052, Россия, г. Юрга, ул. Ленинградская, д. 26.

e-mail: vsadovec@yandex.ru

В статье обосновывается влияние ширины реза на проекцию составляющей силы резания на плоскость, перпендикулярную оси вращения геогода. Рассмотрена актуальность исследования. Для постановки цели и задач исследования определена проекция составляющей силы резания на плоскость, перпендикулярную оси вращения геогода. На основании проведенного исследования построена зависимость радиальной проекции силы резания ножевого исполнительного органа геогода (РИО.СВ) от α до π .

Одним из приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ является необходимость эффективного использования пространства, в том числе подземного. Однако проведение подземных выработок представляет собой трудоемкий и дорогостоящий процесс. Где наиболее остро стоят задачи повышения скорости проходки, производительности труда и безопасности, снижения стоимости работ [1-12].

Перспективным направлением, решающим данные вопросы является применение геовинчестеной технологии для образования полости в подземном пространстве, где базовым элементом является геогод [13-19].