

УДК 622.23.05

## **КОНСТРУКЦИЯ БАРОВЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ И ГОРНЫХ МАШИН**

Перелешин С.А., студент гр. РТм-191, II курс  
Научный руководитель: Садовец В.Ю., к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева

Одним из самых трудоемких видов работ по сооружению инженерных сооружений являются земляные [1-8]. От прокладки кабеля под землей до подготовки к строительству. Такие работы могут длиться длительное время, так как порой зависят от погодных условий [9-16].

Специализированная техника, как правило, направлена на извлечение большого объема грунта, она обладает ковшом или ковшами, цепью с закрепленными резами, которые определяют её назначение.

Интерес вызывает оборудование борового типа с цепным приводом [17-23]. Бар – оборудование навесное, либо установленное на машину вместо основного рабочего органа. Такое оборудование в любом случае является дополнительным.

Землеройные машины с цепным приводом относятся к машинам непрерывного действия, у которых цикл загрузки-разгрузки совмещён. Такие машины предназначены для рытья траншеи с прямоугольным профилем или с откосами (трапецеидальной формы). Эти виды земляных работ необходимы для прокладки кабеля и труб, подготовка для заливки ленточного фундамента, рыхления грунта для добычи полезных ископаемых и др.

Разработка грунта землеройной машиной с цепным приводом имеет существенные ограничения, такие как:

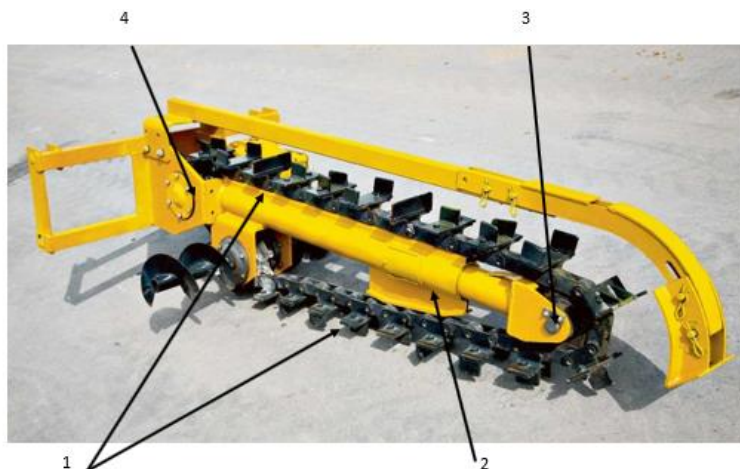
- Ширина рабочего органа имеет существенные ограничения;
- Работы проводятся в относительно однородном грунте;
- Для каждого вида грунта своя цепь;
- Сложность работы с влажными или водянистыми грунтами.

Конструкция землеройной машины с цепным приводом, независимо от вида оборудования, имеет общий вид на примере Рисунка 1.

Общий вид дает представление о конструкции исполнительного органа для специальной техники. Способов получения вращения на ведущий всего два - гидравлический и механический.

Гидравлический больше подходит для небольшой техники и считается более современным, так как способен развивать большее вращательное усилие при выполнении землеройных работ. Подключение оборудования заключается в подсоединении двух шлангов, прямой подачи и обратной к гидравлической системе машины, и от подключения зависит направление вращения цепи. Так

же закрепление оборудования на технике с помощью болтов. При данном способе крепления он легко меняется на другой исполнительный орган. При подключении нужно учитывать гидравлическое давление создаваемое гидромотором.



1 - цепь с режцами, 2 – рама, 3 ведомый вал(звездочка), 4 – ведущий вал (звездочка)  
Рисунок 1 – Общий вид баровой установки

Гидромотор представляет систему кольцевого типа, гидравлическая жидкость гоняется по кругу. Жидкость приводится в движение цилиндрами, приводящимися в движение от ведущего вала.

Основные преимущества гидропривода, это:

- Высокий КПД около 80%
- Простота обслуживания, не требует смазки, так как, гидравлическая жидкость играет роль смазки
- Низкие требования к качеству гидравлической жидкости
- Широкий диапазон регулирования скорости вращения вала

Принцип работы гидромотора заключается в том, что в данном гидравлическом механизме на вход под давлением подаётся рабочая жидкость, а на выходе, крутящий момент снимается с вала.

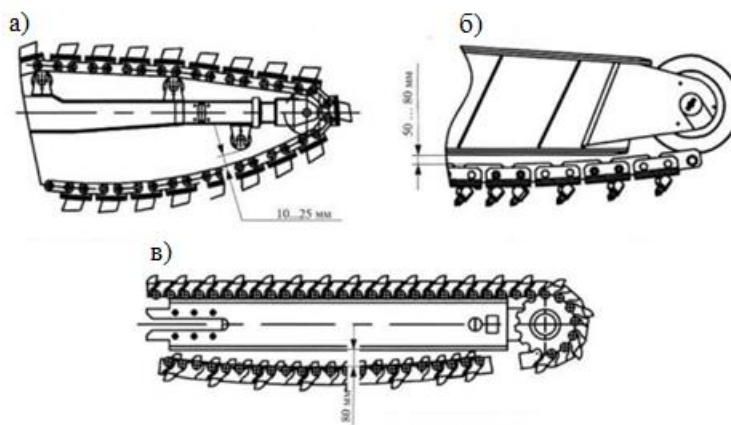
Еще одним из способов получения вращательного движения на цепь является механический, а именно через вал отбора мощности (ВОМ). В данном случае мощность для вращения будет идти непосредственно от ДВС трактора, через специальную передачу, направление вращения выбирает оператор. Как и скорость вращения ВОМ, в зависимости от техники количество передач и их передаточное число меняется.

Приводом независимым ВОМ связывается непосредственно с маховиком мотора. Это обеспечивает независимую от скорости движения трактора частоту вращения вала отбора мощности. Не влияет на чистоту вращения ВОМ и включенное либо выключенное сцепление.

Скорость вращения вала отбора мощности стандартизирована в определенных значениях (540, 1000 оборотов в минуту) специально для корректной работы с навесным оборудованием.

Следующее отличие исполнительного органа заключается в способе крепления цепи на него. Зависит от конструкции и модели. Различают два вида

- свободно с провисанием и жесткое (Рисунок 2).



а – свободное; б, в – жесткое

Рисунок 2 – Способы крепления цепи на баре

Жесткое крепление подразумевает, что рама представляет из себя не только силовую конструкцию, но и направляющую. В ней находятся специальные углубления для направляющих цепи, благодаря которым цепь имеет направление и позволяет рыть землю с нужным профилем и минимальными отклонениями.

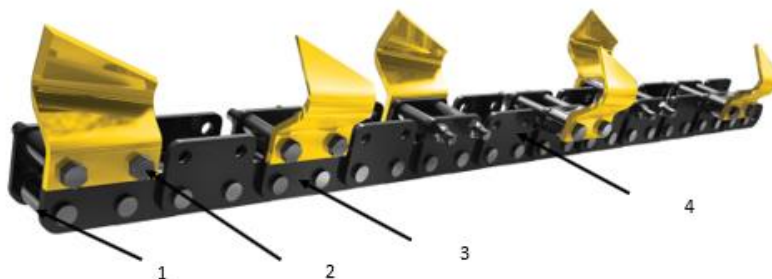
Свободное с провисанием цепи представляет собой следующее: на нижней и верхней части рамы крепятся ролики, по которым едет цепь. Это сделано для того, чтобы цепь могла немного отклониться от траектории при встрече с твердыми элементами в грунте.

В таблице 1 выделены преимущества и недостатки способов крепления цепи.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки способов крепления цепи

Способ крепления	Преимущества	Недостатки
Свободное провисание цепи	Позволяет работать в грунтах с твердыми элементами Низкая стоимость	Не позволяет делать ровный край при разработке грунта Не бывает с гидравлическим приводом Не надежная конструкция
Жесткое крепление цепи	Позволяет при разработке грунта задавать профиль траншеи Отсутствие направляющих роликов (Меньше вероятность поломки) Несущая рама, представляет из себя усиленную конструкцию Возможность применения на тракторах, погрузчиках или другой малой спец технике Большой диапазон длины баровых органов от 750 мм до 3000 Возможность проводить землеройные работы в твердых грунтах	Повышенное трение цепи об раму барового органа (дополнительное сопротивление) Высокая стоимость

Конструктивно цепи для различных назначений имеют один вид, представленный на Рисунке 3. Пластины внутренние и наружные, соединенные втулками и креплением резцов.



1 – внутренняя пластина, 2 – наружная пластина, 3 – втулка, 4 – крепление резцов на цепь  
Рисунок 3 – Конструкция цепи баровой установки

Назначение цепи в большей части определяют установленные на ней резцы. В зависимости от резцов, цепи бывают серповидные (ковшовые), универсальные и скребковые. Крепление резцов чаще всего бывает болтовое, так как резцы являются расходным материалом, но встречаются цепи, на которые зубья приварены.

Серповидная или ковшовая цепь (Рисунок 4) имеет резцы в виде формы серпа (Рисунок 5). Такая цепь предназначена для работы в летних легких, влажных, переувлажнённых грунтах. Данный вид резцов (ковшей) позволяет эффективно выгребать мягкий и мокрый грунт.

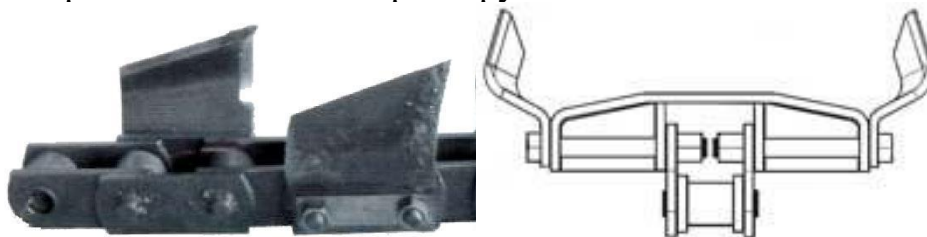
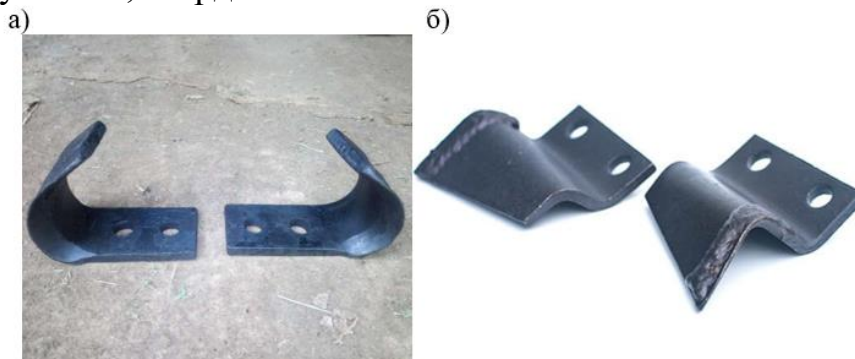


Рисунок 4 – Серповидная цепь с зубьями изогнутой формы – «Чаши»

Ковши выполнены из не твердосплавной стали и имеют не высокую стоимость, плохо сопротивляются износу и получают сильные повреждения при встрече с крупными, твердыми элементами.



а – резец серповидной цепи с одним изгибом, б) – резец серповидной цепи с двумя изгибами

Рисунок 5 – Ковши серповидной цепи

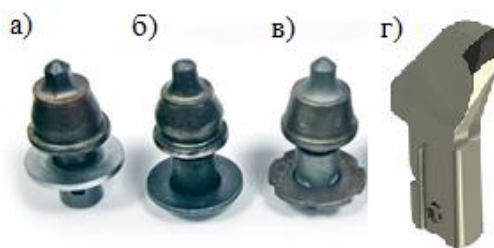
Следящий вид цепей наиболее распространен на специализированной землеройной техники с цепным приводом, это – универсальные цепи.



Рисунок 6 – Универсальная цепь для траншекопателя

Универсальная цепь используется в летних, талых грунтах, а также в грунтах сезонного промерзания. На такой цепи применяются резцы с твёрдосплавными наконечниками, для работы с твердым грунтом или твердыми включения в грунте. Одним из распространённых в Кузбассе типов резцов являются РД-16, 18 и 20 (цифры обозначают диаметр наконечника), аналоги импортных ВЕТЕК, WIRTGEN, SANDVIK.

На рисунке 7 представлены несколько исполнений резцов для универсальной цепи. Вариацией размеров и форм тела и наконечника множество.



а – РД 16, б – РД 18, в – РД 20 - А34, г – РП5

Рисунок 7 – Резцы

Наконечник выполнен из сплава с следующими физико-механическими свойствами: предел прочности при изгибе:  $1911 \text{ н/мм}^2$  или  $195 \text{ кгс/мм}^2$ ; плотность: твердость не менее 88,5 НРА.

ВК8КС с плоским дном с содержанием вольфрама и кобальда. Материал державки резцов – сталь марки 35ХГСА.

Еще один вид резцов имеет загнутую форму и представленными множеством разнообразных вариаций, одна из них резец РП5 (Рисунок 7, г).

Материалы, применяемые для его производства, соответствуют семейству РД, твёрдосплавный наконечник из ВК8КС, державка из 35ХГСА.

Самая не распространенная цепь – скребковая. Имеет значительные отличия в конструкции. Каждое звено является цельносварным, что усиливает прочность и ресурс использования, и увеличивает стоимость. Вся цепь представляет из себя практически непрерывное полотно, такая цепь может эффективно работать с мягкими, легкими и рыхлыми грунтами с низким содержанием влаги. Из-за узкой области применения она не получила популярности и практически не производится. Отдельные звенья цепи отсутствуют на рынке, только цепи целиком.

В таблице 2 представлены достоинства и недостатки, используемых резцов в цепях для траншеи копателей. Данные резцы применяются на спец техники и есть в наличии на рынке.

Таблица 2 – Преимущества и недостатки резцов буровых установок

Вид резца	Преимущества	Недостатки
Ковшовый ре- зец (Серповид- ный резец)	Позволяет эффективно удалять мягкий и влажный грунт	Низкая прочность, предназначен для работы только с мягкими грунтами, без твердых элементов
Резец грунто- рез (Дорожный резец)	Хорошо справляется с мерзлыми и твердым грунтами Некоторые виды резцов могут применять для снятия мягкого слоя асфальта (Резцы серии РД) Имеет не высокую стоимость Высокая износостойкость	Низкий КПД по изъятию грунта из траншеи Конструкция с средней жесткостью
Радиальный ре- зец (Резец бары)	Высокий КПД работы с почвенным слоем, глиной, угольными пластами и грунтов с твердыми породными включениями Хорошо себя показывает в условиях вечной мерзлоты Высокая износостойкость	Высокая стоимость резцы Конструкция с высокой жесткостью

Наибольшее распространение получили универсальные цепи, потому что они имеют наибольшую зону применения, большой выбор резцов на рынке для различных задач в большом ценовом диапазоне.

Серповидная цепь тоже получила широкое применение, но из-за чуть более узкой области применения и низкой износостойкости цепи распространена не столь широко, как универсальная. На рынке уже значительно меньше вариантов резцов для траншекопателя, что тоже ограничивает возможность его использования, при этом цена за один резец практически равна дорогому импортному резцу для универсальной цепи с твердосплавной наплавкой. Но такая цепь значительно эффективнее в мягких и мокрых грунтах.

Скребковая цепь практически отсутствует на рынке и не получила массового распространения из-за узкой области специализации.

### Список литературы

1. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A., Efremenkov V.A. Classifications of schematic solutions of the geokhod knife operating body and the interaction surface of the geokhod operating body with bottom rock // В сборнике: IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING. The conference proceedings ISPCIET'2020. 2020. С. 012002.

2. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A., Efremenkov V.A. Determining the interaction surface parameters of the geokhod knife operating body with the face rock // В сборнике: IOP conference series: materials science and engineering. The conference proceedings ISPCIET'2020. 2020. С. 012003.

3. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A., Efremenkov V.A. Influence of the knife shape on the operating body cutting force // В

сборнике: IOP conference series: materials science and engineering. The conference proceedings ISPCIET'2020. 2020. С. 012004.

4. Aksenov V.V., Efremkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A., Sadovets R.V., Rezanova E.V., Efremkov V.A. Development of a methodology for modeling complex shaped geokhod operating body in solidworks // В сборнике: IOP conference series: materials science and engineering. The conference proceedings ISPCIET'2020. 2020. С. 012005.

5. Aksenov V.V., Khoreshok A.A., Efremkov A.B., Beglyakov V.Yu., Koperchuk A.V., Blaschuk M.Yu., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Areas of research on the construction of tunneling underground machines of the geokhod class // В сборнике: IOP conference series: materials science and engineering. The conference proceedings ISPCIET'2020. 2020. С. 012006.

6. Aksenov V.V., Magazov S.V., Khoreshok A.A., Efremkov A.B., Beglyakov V.Yu., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Research areas of the scientific specialty "geodynamics of underground machines" // В сборнике: IOP conference series: materials science and engineering. The conference proceedings ISPCIET'2020. 2020. С. 012007.

7. Аксенов В.В., Магазов С.В., Хорешок А.А., Бегляков В.Ю., Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Геодинамика подземных аппаратов. Формула специальности, области исследований // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2020. № 2 (138). С. 31-41.

8. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Коперчук А.В., Блащук М.Ю., Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Создание проходческих подземных аппаратов, взаимодействующих с геосредой. Области исследований // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 2 (148). С. 3-12.

9. Аксенов В.В., Магазов С.В., Хорешок А.А., Бегляков В.Ю., Коперчук А.В., Пашков Д.А. Центр испытаний проходческих подземных аппаратов, взаимодействующих с геосредой. Области исследований // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 4 (150). С. 65-70.

10. Aksenov V.V., Efremkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Substantiation of characteristic bending points of the blade operating body of the geokhod // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. electronic edition. 2018. С. 012005.

11. Aksenov V., Sadovets V., Pashkov D. Reasoning of the model sizes in modeling the interaction between tool and rock // В сборнике: E3S Web of Conferences. 3rd International Innovative Mining Symposium, IIMS 2018: Electronic edition. 2018.

12. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А., Резанова Е.В. Граничные условия определения характерных точек ножевого исполнительного органа геодохода // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018. № 2 (126). С. 166-173.

13. 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.

14. Пашков Д.А. Анализ существующих баровых исполнительных органов // В сборнике: Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием "Россия молодая". Конференция проходит при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Ответственный редактор Костюк Светлана Георгиевна. 2017. С. 35011.

15. Nesterov V., Aksenov V., Sadovets V., Pashkov D. Solution for the location of rock cutting elements relative to the rotation center of geohod // В сборнике: E3S Web of Conferences. IVth International Innovative Mining Symposium. 2019. С. 03001.

16. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Прейс Е.В., Пашков Д.А. Совершенствование математической модели определения силовых параметров ножевого исполнительного органа геохода // Горное оборудование и электромеханика. 2018. № 5 (139). С. 16-22.

17. Nesterov V., Aksenov V., Sadovets V., Pashkov D., Beysabayeva Zh. Determination of the energy capacity of face rock breaking by the geokhod's knife operating element and its dependence on the external propeller's pitch // В сборнике: E3S Web of Conferences. IVth International Innovative Mining Symposium. 2019. С. 03024.

18. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Разработка методики определения энергоемкости разрушения горной породы ножевым исполнительным органом геохода // Горное оборудование и электромеханика. 2019. № 2 (142). С. 30-38.

19. 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.

20. 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. № S2. С. 55-67.

21. Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Влияние параметров образующей геликоида на форму ножевого исполнительного органа геохода // В сборнике: ПРИРОДНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ. СИБРЕСУРС 2016. сборник материалов XVI международной научно-практической конференции. 2016. С. 51.

22. Аксенов В.В., Садовец В.Ю. Оценка необходимости создания крепевозводящего модуля геохода и его функциональных устройств // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № S3. С. 9-14.

23. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю. Влияние динамических процессов, формирующихся в рабочих режимах, на силовые параметры ножевого исполнительного органа геохода // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № S10. С. 91-106.