

УДК 622.23.05

## ЗВЕЗДОЧКИ БАРОВЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ

Чурина Д.С. – магистрант гр. МРМ-191,  
Научный руководитель – Садовец В.Ю. к.т.н., доц.,  
Кузбасский государственный технический университет  
им. Т. Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Деталь типа звездочка – это профилированное колесо с зубьями, входящими в зацепление с цепью, гусеницей или иными деталями с выемками или зазубринами [1-6]. Отличие звездочек от зубчатых колес состоит в том, что первые никогда не входят в зацепление друг с другом непосредственно, и отличаются от шкивов тем, что у звёздочек есть зубья, в то время как шкивы имеют гладкие ободы [7-10].

Звездочки нашли свое применение в машиностроении для передачи вращательного движения между двумя валами путем цепной передачи, а также они выполняют функцию сообщения линейного движения звеньям гусениц [11-15]. Данная деталь также используется в механизмах протяжки киноплёнки в кинопроекторах и кинокамерах и в средствах подачи бумаги в некоторых компьютерных принтерах.

Особенности звездочек, применяемых в горнодобывающих машинах

Ввиду непростых условий работы горнодобывающих машин, их детали могут иметь свои конструктивные особенности для упрощения обслуживания оборудования и для увеличения срока эксплуатации [16-20]. Звездочки имеют ряд технических особенностей, такие как:

- *Обработка от коррозии.* Звездочки для горнодобывающих машин должны подвергаться обработке от коррозии для обеспечения бесперебойной работы механизмов, находящихся в суровых условиях внешней окружающей среды (попадание воды, периодические промывки);
- *Закалка.* При закалке звездочек стоит применять способ прямого пламени для того, чтобы повысить твердость изнашиваемых поверхностей зубьев. Стоит отметить, что при использовании данного метода сердцевина зуба останется пластичной, а ступицы и посадочные отверстия мягкими для финишной обработки, что позволит значительно увеличить срок службы и износостойкость детали;
- *Разъемная конструкция.* Звездочки могут быть разъемной конструкции, что упростит техническое обслуживание оборудования;
- *Сегментный обод.* В строении звездочек может быть использован сегментный обод. Он совместно с ведущими колесами представляют собой разъемные кольца, прикрепленные болтами на стандартную ступицу. Такая конструкция обеспечивает простоту замены звездочки, при котором

цепь, вал и подшипники останутся неприкосновенными. Обод имеет возможность регулировки, с помощью которой появляется возможность точной центровки некоторого количества звездочек вдоль вала;



Рисунок 1. Сегментный обод



Рисунок 2. Звездочка с посадочным отверстием

- *Отверстия.* В звездочках могут применяться отверстия, благодаря которым происходит уменьшение массы;
- *Противогрязевый рельеф.* Карман зуба может быть выполнен с фаской, благодаря которой обеспечится «соскальзывание» со звездочки. К такому решению прибегают в том случае, когда в условиях эксплуатации не допускается скопление материалов и сырья на звездочке. Уменьшение площади контакта в данном случае не является критичным потому, что в горизонтальных конвейерах достаточно небольшое давление, но, стоит отметить, что для вертикальных конвейеров подобный рельеф не будет являться подходящим.
- *Материалы.* Для изготовления звездочек используют стали 40, 45, 40Х с закалкой ТВЧ и выполнением условия по твердости  $HRC \geq 45$  или низкоуглеродистые стали 15, 15Х, 20, 20Х, 12ХНЗА и др. с цементацией до твердости  $HRC 54 \dots 62$ ; для звездочек больших размеров – стальное литье 45Л. Звездочки тихоходных ( $v < 2$  м/с) и малонагруженных передач изготавливают из чугуна СЧ 18, СЧ 20 с термообработкой до  $HRC 35$ . Звездочка натяжителя бары ЭТЦ 165 ведомая.

Данная звездочка предназначена для установки на натяжитель цепи траншеекопателя. Она обеспечивает требуемый натяг цепи грунтореза, предотвращая произвольное сбрасывание цепи с ведущей звездочки при работе цепного экскаватора [21-25]. Звездочка натяжителя подвергается высоким нагрузкам из-за работы без использования смазки в абразивной среде, поэтому твердость и качество материала, из которого ее изготовили, непосредственно влияют на ее износостойкость и период эксплуатации.

Технические характеристики звездочки на натяжитель ЭТЦ-165, ЭЦУ-150:

- количество зубьев: - 8 шт;
- шаг зуба: 100 мм (предназначена для монтажа на узлы рабочего органа под цепь с шагом 100мм)
- изготовлена из стали: 40Х, 45;
- способ термообработки: объемная закалка твердость 43-47;

- зацепление: отсутствует (звездочка натяжителя садится на подшипники и фиксируется крышками в корпусе натяжного устройства);
- тип: сварная (для удешевления производства венцы наварены на ступицу, на качество никак не влияет, 2 см. нормального сварочного шва, выдерживают до 3-х тонн нагрузки на разрыв).



Рисунок 3. Звездочка натяжителя  
 ЭТЦ 165 ведомая

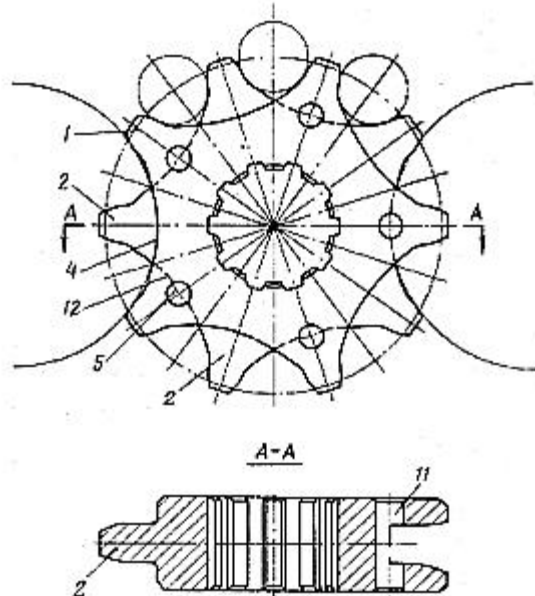


Рисунок 4. Звездочка для баровых  
 исполнительных органов

#### Звездочки для баровых исполнительных органов

Звездочка для баровых исполнительных органов может отличаться от обычных звездочек тем, что она выполнена с зубьями двух типов, из которых двойные разнесены к ее торцам, а одинарные расположены между ними и смещены по отношению к двойным на полшага зацепления. Подобная конструкция обусловлена тем, что режущая цепь, зацепляющаяся со звездочкой, имеет звенья с продольным пазом, которые цилиндрическими поверхностями своих боковин взаимодействуют с двойными зубьями звезды. В продольный паз этих звеньев заходит проушина смежных звеньев, взаимодействующих с одинарными зубьями звезды.

На рисунке 4, представлена звездочка для баровых исполнительных органов со следующим обозначением: 1 – двойные зубья, разнесенные к торцам звезды; 2 – одинарные зубья; 4 – Профиль звезды (между двойными зубьями по их ширине) (может быть выполнен плоским, либо по цилиндрической поверхности, обращенной выпуклостью к центру звезды); 5 – сквозное отверстие для выхода угольной мелочи из внутренней полости Р; 12 – радиусная выемка.

Диаметр делительной окружности звездочки (рис. 5) определяется по выражению

$$d_d = p / \sin(180^\circ / z).$$

Диаметр окружности выступов для звездочек, выполняемых в соответствии с ГОСТ 591-89, определяется по формуле:

$$D_e = p[K + ctg(180/z)],$$

где  $K$  – коэффициент высоты зуба, выбираемый с учетом геометрической характеристики зацепления (табл.1);  $d_1$  – диаметр ролика (мм).

Таблица 1. Коэффициент высоты зуба

$\lambda$	1,4 – 1,5	1,5 – 1,6	1,6 – 1,7	1,7 - 1,8	1,8 – 2,0
$K$	0,480	0,532	0,555	0,575	0,565

Диаметр окружности впадин

$$D_i = d_\partial - 2r = d_\partial - 2(0,0502d_1 + 0,05)$$

где  $r$  – радиус впадины,  $r = 0,0502d_1 + 0,05$ , мм

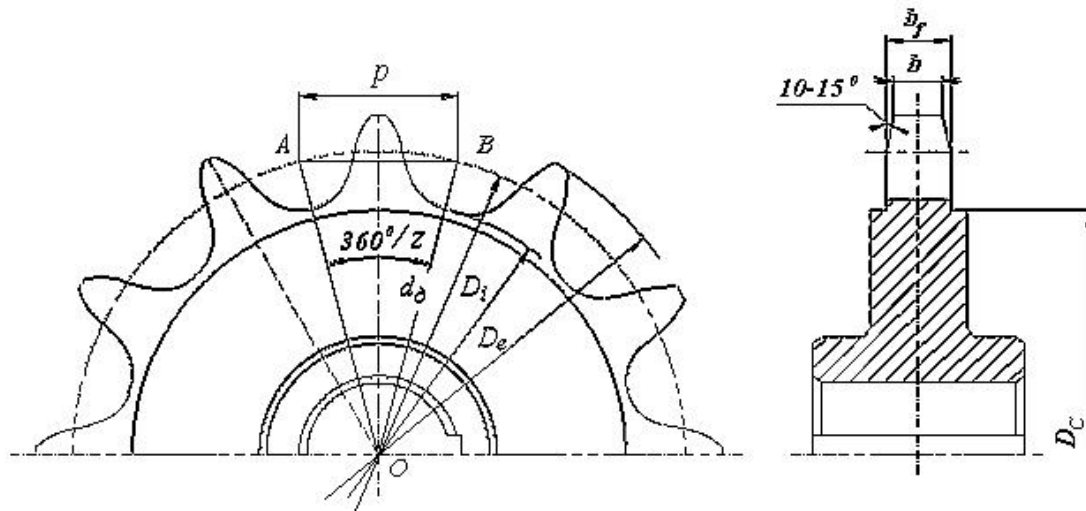


Рисунок 5. Основные параметры звездочки

Размеры профиля зубьев в поперечном сечении определяются по ГОСТ 591–89.

Принцип действия цепной передачи с использованием звездочки подобной конструкции.

При вращении звезды одинарные зубья попадают в продольный паз звена, на котором находится резец, и протягивают цепь вперед. Далее парные зубья, отличающиеся на половину шага и разнесённые к торцам, вступают в зацепление с наружным соединительным звеном. Так внешнее сопротивление на баровом органе преодолевается за счет усилий на боковины продольного паза звена цепи в точках касания со сдвоенными зубьями, а также за счет усилий, действующих на звенья в точках их касания с одинарными зубьями звезды.

При сходе со звездочки звеньев цепи происходит их поворот относительно осей шарниров в направлении от звездочки. В этом случае проскальзывание соприкасающихся поверхностей происходит при малых нагрузках, что не приведет к износу зубьев и рабочих поверхностей звеньев цепи.

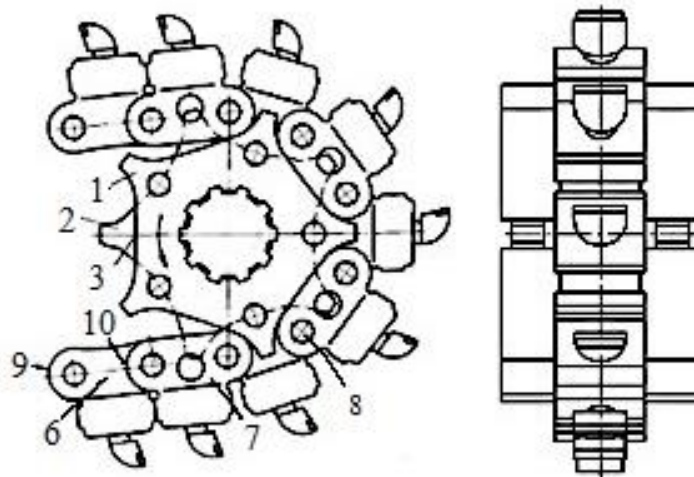


Рисунок 6. Цепная передача с использованием звездочки для баровых исполнительных органов

1 – двойные зубья, разнесенные к торцам звезды; 2- одинарные зубья; 3 - Профиль звезды, расположенной между одинарными зубьями (выполнен по цилиндрической поверхности, обращенной выпуклостью к центру звездочки); 4 - Профиль звезды (между двойными зубьями по их ширине) (может быть выполнен плоским, либо по цилиндрической поверхности, обращенной выпуклостью к центру звезды); 5 - сквозное отверстие для выхода угольной мелочи из внутренней полости Р; 6 - продольный паз звеньев цепи; 7 – звено; 8 – валики; 9 – 10 наружные цилиндрические поверхности одного радиуса с центром по оси шарнира; 11 - сквозное отверстие в звеньях цепи; 12 - радиусная выемка.

**Выводы.** По сравнению с ведомой звездочкой натяжителя ЭТЦ 165 использование звездочки особой конструкции позволяет увеличить срок службы цепной передачи и прочность режущей цепи, а также из-за наличия сквозных отверстий в основании двойных зубьев имеется возможность выхода угольной мелочи из внутренней полости.

#### Список литературы:

1. Оценка применимости баровых исполнительных органов для геологов/ А.Н. Ермаков, А.В. Дементьев // IV Всероссийская научно-практическая конференция с элементами научной школы для студентов и учащейся молодёжи. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2013 – С. 160–162.
2. 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.
3. Ананьев К.А. Создание исполнительного органа геолога для разрушения пород средней крепости. Дис. Канд. Техн. Наук. – Кемерово, 2016 – 145 с.
4. Винтоповоротные проходческие агрегаты. А.Ф. Эллер, В.Ф. Горбунов, В.В. Аксенов. – Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1992 г. – 192 с.
5. Сафохин М.С., Александров Б.А., Нестеров В.И. Горные машины и оборудование: Учеб, для вузов. – М.: Недоа, 1995. – 463 с.: ил.
6. Ю. Петров. Баровые грунторезы // Основные средства : Журнал. – 2005. – № 6.

7. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю. Влияние уступа на НДС призабойной части горной выработки // В сборнике: Инновационные технологии и экономика в машиностроении. Сборник трудов II Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодых ученых. 2011. С. 575-580.

8. 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.

9. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A., Efremenkov V.A. Impact of the inclination angle of a blade of the geokhod cutting body on the energy intensity of rock destruction // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. The conference proceedings ISPCIET 2019. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslav-the-Wise Novgorod State University". 2019. С. 012003.

10. Nesterov V., Aksenov V., Sadovets V., Pashkov D., Beysebayeva 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.

11. 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.

12. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Y., Pashkov D.A., Efremenkov V.A. Impact of the number of blades of the geokhod cutting body on the energy intensity of the rock destruction // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. The conference proceedings ISPCIET 2019. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslav-the-Wise Novgorod State University". 2019. С. 012002.

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

14. 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.

15. Горбунов В.Ф., Аксенов В.В., Эллер А.Ф., Нагорный В.Д., Скоморохов В.М. Проектирование и расчет проходческих комплексов // Новосибирск, 1987.

16. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Казанцев А.А., Вальтер А.В., Ефременков А.Б. Опыт участия в проекте по организации высокотехнологичного производства // Горное оборудование и электромеханика. 2016. № 8 (126). С. 8-15.

17. Аксенов В.В., Хорешок А.А., Бегляков В.Ю. Концепция создания перспективного технологического уклада формирования (освоения) подземного пространства на базе опережающего развития новых подходов в строительной геотехнологии и геотехнике. Часть 1 предпосылки и основные положения // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018. № 4 (128). С. 105-114.
18. Аксенов В.В., Хорешок А.А., Бегляков В.Ю. Концепция создания перспективного технологического уклада формирования (освоения) подземного пространства на базе опережающего развития новых подходов в строительной геотехнологии и геотехнике. Часть 2 // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018. № 5 (129). С. 43-52.
19. 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.
20. Чичерин И.В., Федосенков Б.А., Сыркин И.С., Садовец В.Ю., Дубинкин Д.М. Концепция управления беспилотными транспортными средствами в условиях открытых горных работ // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2020. № 8. С. 109-120.
21. 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.
22. Дубинкин Д.М., Садовец В.Ю., Сыркин И.С., Чичерин И.В. Разработка структуры системы управления беспилотным карьерным самосвалом // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 6 (152). С. 25-30.
23. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Разработка буквенного обозначения характерных точек ножевого исполнительного органа геохода // В сборнике: Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Редколлегия: Д.М. Дубинкин [и др.]. 2019. С. 209-215.
24. Осипов Р.С., Пашков Д.А., Садовец В.Ю., Аксенов В.В., Бегляков В.Ю. Обоснование необходимости увеличения маневренности геохода // В сборнике: Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Редколлегия: Д.М. Дубинкин [и др.]. 2019. С. 233-237.
25. 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.