



3. РД 03-259-98 «Инструкция о порядке ведения мониторинга безопасности гидротехнических сооружений предприятий, организаций, подконтрольных органам Госгортехнадзора России»

4. П 87-2001 Рекомендации по проведению натуральных наблюдений за осадками грунтовых плотин // ОАО "ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева" № 2001

5. ПБ 03-438-02. Правила безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов.

6. Мельников Н.Н. Применение современных методов для комплексных исследований состояния гидротехнических сооружений региона Баренцева моря / Н.Н. Мельников, А.И. Калашник, Н.А. Калашник, Д.В. Запорожец // Вестник МГТУ. 2017. Т. 20. № 1. С. 13-20.

УДК 622.62

## ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ЗУБЧАТО-РЕЕЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ ШАХТНЫХ НАПОЧВЕННЫХ ДОРОГ

**Л.В. Лукиенко**

доктор технических наук, заведующий кафедрой Агроинженерии и техносферной безопасности, ФГБОУ ВО Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, г. Тула, Россия, e-mail: [lukienko\\_lv@mail.ru](mailto:lukienko_lv@mail.ru)

**Аннотация.** В работе представлены результаты анализа конструкций шахтных напочвенных дорог и требований к ним, а также проведён анализ особенностей их эксплуатации и представлены направления совершенствования технологичности изготовления зубчатых тяговых органов.

*Ключевые слова:* шахтная напочвенная дорога, зубчатые тяговые органы, повышение технологичности изготовления, снижение изнашивания.

## INCREASE IN THE RESOURCE OF RACK AND PINION SYSTEMS FOR MINE BOTTOM ROADS

**L.V. Lukienko**

Ph.D., Head of the department of Agroengineering and technosphere safety, Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University, Tula, Russia, e-mail: [lukienko\\_lv@mail.ru](mailto:lukienko_lv@mail.ru)

**Abstract.** In work results of the analysis of designs mine are presented the floor roads is dear also requirements to them and also the analysis of features of their operation is carried out and the directions of improvement of technological effectiveness of production of rack and pinion systems are presented.

*Keywords:* mine floor road, rack and pinion systems, increase in technological effectiveness of production, decrease in wear.

**Введение.** Усложнение горно-геологических условий и значительное



увеличение протяжённости горных выработок ставит новые задачи по транспортированию грузов и людей по протяжённым трассам, которые имеют весьма сложный профиль. Решение этой важной научно-технической задачи может быть достигнуто за счёт эффективного применения напочвенных и монорельсовых дорог. Применяемые в настоящее время напочвенные дороги имеют, в большинстве своём, канатный тяговый орган, который обладает недостаточной надёжностью и ограничивает величину допустимого тягового усилия.

**Цель работы.** На основе анализа конструкций зубчато-реечных движителей предложить рекомендации по снижению изнашивания механизма и повышению ресурса шахтных напочвенных дорог.

**Материал и результаты исследований.** Разработанные монорельсовые дороги [3] оснащены зубчатым тяговым органом, который имеет повышенную надёжность, прост в обслуживании и позволяет транспортировать тяжёлые грузы (например, секции крепи массой до 30 т) при угле выработки до 35 градусов. Известна монорельсовая транспортная система [5], в которой в качестве основных элементов передачи использованы две червячные пары. Авторы предполагают использовать свойство самоторможения этих червячных пар при работе предлагаемого устройства. Необходимо, однако, отметить, что при эксплуатации червячные передачи изнашиваются, и свойство самоторможения при этом теряется.

Известно приводное колесо тележки рельсового транспортного средства [6], отличающееся тем, что слой упругого материала выполнен в виде полый торообразной камеры из эластичного материала, заполненной текучей средой под избыточным давлением и имеющей запорный клапан, включающее ступицу, охватывающий ее бандаж для опирания на рельс и зубчатый венец для взаимодействия с размещенной вдоль пути зубчатой рейкой, причем зубчатый венец охватывает торцовый выступ ступицы, предназначенный для присоединения приводного вала, и связан со ступицей посредством стяжных элементов, а также, с целью повышения надежности и долговечности, бандаж выполнен составным из наружного и внутреннего колец, между которыми замоноличен слой упругого материала, и посажен на ступицу с возможностью свободного вращения относительно последней, связь каждого стяжного элемента с зубчатым венцом осуществляется через амортизатор, а между зубчатым венцом и торцовым выступом ступицы образован радиальный зазор.

Необходимо отметить, что предлагаемая конструкция сложна и содержит много элементов, что в значительной степени снижает её надёжность. Авторы отмечают, что в конструкции применяется текучая среда под избыточным давлением, которая заключена в полую торообразную каме-



ру, оснащённую запорным клапаном. Но в условиях подземного транспорта, который производится в запылённой атмосфере, когда трасса имеет значительные подъёмы, спуски и повороты, надёжная работа запорного клапана вызывает большие сомнения.

В настоящее время перед отечественным тяжёлым машиностроением поставлена задача импортозамещения. Поэтому решение задачи по разработке систем перемещения для отечественных конструкций напочвенных или подвесных монорельсовых дорог является актуальной научно-практической задачей. По условиям обеспечения необходимого тягового усилия для перемещения тяжело нагруженных ответственных технологических машин находят применение крупномодульные (от 31,85 мм до 47,746 мм) зубчатые колёса.

При их изготовлении возникают немалые проблемы, связанные с недостатком оборудования для производства крупномодульных колёс. На практике используют технологичный радиусный профиль зацепления (двигатели зубчато-реечных систем перемещения очистных комбайнов) и применение станков с числовым программным управлением. Для работы механизмов перемещения тяжело нагруженных технологических машин, кроме колеса необходим тяговый орган, например, рейка, жёстко закреплённая на неподвижных направляющих. Обкатываясь по рейке, колесо перемещает рабочую машину в необходимом направлении.

При проектировании реечных тяговых органов проектировщикам приходится решать сложную многофакторную задачу, при решении которой вопрос технологичности изготовления зачастую уходит на второй план. Между тем, именно этот вопрос играет первостепенную роль при организации производства разработанной конструкции.

Как известно, показатели качества, характеризующие точность машины, обеспечиваются соответствующими показателями точности отдельных деталей, входящих в сборочные единицы. Надёжность и долговечность машин обеспечиваются такими показателями прочности отдельных деталей, как твердость рабочих поверхностей, их износостойкость, изгибная прочность, а также конструктивная форма и их размеры. Прочность детали, в первую очередь, зависит от материала, из которого она изготовлена. Все точностные и прочностные показатели качества продукции должны быть обеспечены соответствующей технологией.

Главными источниками погрешностей при изготовлении зубчатого колеса и рейки являются: неодинаковые линейные размеры и объёмы различных частей деталей, что особенно важно при использовании тепловых технологических процессов; недостаточная надёжность колеса и рейки, приводящая к прогибам под действием внешних сил и термической

обработки; фазовые превращения структуры при термическом воздействии – изменение удельного объёма сердечнике детали; изменение удельного объёма поверхностного слоя при образовании закалочных структур; погрешности размеров и формы деталей после механической обработки; напряжённое состояние материала детали: глубина и степень механического наклёпа; полная или частичная релаксация остаточных напряжений, возникающих в ходе заготовительных операций (прокатка, ковка, штамповка).

Известна шахтная напочвенная дорога с зубчатым приводом (RU 2323842, МПК В61В13/02, В61С11/04, Е21F13/00 дата публикации 10.05.2008) с зубчатым приводом с бесцепным тяговым органом. Состав напочвенной дороги с зубчатым приводом перемещается по рельсам, между которыми рассредоточен зубчатый став, по которому катится пальцевое колесо тягового органа, приводимого от любого вида двигателей. Кабина и приводная станция соединены с тяговым органом с помощью прижимных шарнирных муфт с вертикальными поверхностями вращения на соединениях. Основным недостатком применения шарнирных прижимных муфт является неравномерность вращения ведомого вала при равномерном вращении ведущего.

Известна напочвенная дорога с зубчатым приводом, по патентам PL 179457 (Е21F 13/02, дата публикации 29.09.2000) и PL352234, с тяговым органом, установленным на рельсах, а между отдельными рельсами расположен зубчатый став, по которому вращается пальцевое колесо тягового органа, привод которого осуществляется от электродвигателя или от двигателя другого типа. Тяговый орган включает в себя равно как систему подачи, в качестве пальцевого колеса, так и привод в качестве двигателя, питаемого энергией из внешнего источника, габаритные размеры которого могут создавать препятствие для перемещения в штреках с ограниченным сечением, а более того в горных выработках всегда имеются проблемы с перемещением кабелей или линий питания по ходу перемещения напочвенной дороги.

Известна зубчатая дорога системы Абта [3], где отсутствует опорно-направляющее устройство, а постоянство зацепления обеспечивается за счёт массы локомотива. Между тем, весьма вероятна ситуация при которой вследствие, например, изнашивания выталкивающие силы в зацеплении могут достигать значительных величин. При этом качество зацепления снизится и может возникнуть прерывистый характер движения локомотива и, таким образом, повышается вероятность возникновения аварийной ситуации.

Для снижения колебаний межосевого расстояния обусловленных,



например, изнашиванием, в зубчато-реечных двигателях шахтных напочвенных дорог предлагается применять опорно-направляющее устройство, которое содержит корпус, подшипники, угловую направляющую, при этом по направляющим пазам рейки обкатываются опоры качения, конструктивно увязанные через подпружиненный поршень с рамой электровоза.

**Вывод.** На основе анализа конструкций зубчато-реечных двигателей шахтных напочвенных дорог в работе предложена конструкция опорно-направляющего устройства, которое позволит уменьшить колебания межосевого расстояния, снизить изнашивание всего механизма и, таким образом, повысить его ресурс.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гутаревич В. О. Развитие научных основ создания шахтных подвесных монорельсовых дорог с оптимальными динамическими параметрами. Дисс. д.т.н. Донецк 2017, 328 с.
2. Стратегия развития тяжелого машиностроения на период до 2020 года. Минпромторг России, М., 88 с.
3. Б. Баус-Нойфанг, Д.В. Великанов, Ю. Русинек. Подвесные и напочвенные дизель-гидравлические локомотивы для перемонтажей механизированных комплексов «тяжелого» класса. Уголь, №2, 2011, с. 18-21
4. Д.Ф. Сухоруков. Железнодорожное транспортное устройство, преимущественно для горных участков. А.С. СССР. 31.07.1937
5. В. Г. Саблин, Ю. Н. Стариков, Л. С. Бамшин, Н; А. Ковалев, А. П. Пермяков. Монорельсовая транспортная система. А.с. СССР 1298118. 23.03.87. Бюл. № 11
6. В. К. Христинич, М. Я. Геншафт, А. А. Синеокий, Г. Е. Иванов. Приводное колесо тележки рельсового транспортного средства. А.с. СССР № 611803. М., 1976
7. Б. Гмур, Г. Бучалик, Я. Слива. Шахтная напочвенная дорога с зубчатым приводом. Патент РФ RU 2323842. Опубликовано 10.05.2008
8. Коковцов К.К. Горные железные дороги Швейцарии особых систем. II. Зубчатые дороги. Санкт-Петербург, 1909, 269с.
9. Шахтная напочвенная дорога с зубчатым приводом (RU 2323842)[Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/232/2323842.html> [22.11.2015]
10. Кундель Х. Выемка угля: Пер. с нем. Под ред. В. И. Парамонова. – М.: Недра, 1986. – Пер. изд.: ФРГ, 1988-287 с.

