

О СНИЖЕНИИ КОНТАКТНОЙ НАГРУЗКИ В ЗУБЧАТО-РЕЕЧНОЙ СИСТЕМЕ ПОДАЧИ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ

Лукиенко Л.В.

*Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого,
Тула*

Ключевые слова: очистные комбайны; зубчато-реечная система подачи, контактная нагрузка, снижение изнашивания.

Аннотация. В статье представлены предложения по снижению контактной нагрузки и повышению долговечности машин, в которых перемещение осуществляется посредством зубчато-реечных передач при значительных усилиях подачи. Показано, что добиться заявленного результата можно за счёт разделения потоков мощностей в передаче посредством использования блоков шестерен. Оригинальность представленного в статье конструктивного решения подтверждена патентом на полезную модель РФ.

ABOUT REDUCING THE CONTACT LOAD IN THE RACK-AND-PINION HAULAGE SYSTEM OF SHEARER LOADERS

Lukienko L.V.

Tula State Pedagogical University named after L.N. Tolstoy, Tula

Keywords: shearer loaders; rack-and-pinion haulage system, contact load, wear reduction.

Abstract. The article presents proposals to reduce the contact load and increase the durability of machines in which movement is carried out by means of rack and pinion gears with significant feed forces. It is shown that the stated result can be achieved by separating the power flows in the transmission through the use of gear blocks. The originality of the constructive solution presented in the article is confirmed by a patent for a utility model of the Russian Federation.

В современных условиях рыночного хозяйства перед производством стоит задача повышения интенсивности и производительности при обеспечении долговечности эксплуатируемых машин и механизмов и снижении их изнашивания. Ответственную роль при этом играет применение тяжело нагруженных зубчато-реечных передач для перемещения машин (очистные комбайны, напочвенные дороги, электровозы, напорные механизмы экскаваторов).

Решению отдельных аспектов этой важной научно-технической работы посвящены работы Д.Г. Ишунькина [1], Большаковой М.Ю. [2], Сапрыкиной Т.В. [3], Галиевой Н.В. [4], Сафонова Б.П. [5], Носенко С.И. [6], Кривенко А.Е. [7], Буцыка Н.И. [8] и других учёных.

В своих публикациях они затрагивают вопросы разработки метода прогнозирования ресурса зубчато-реечных систем подачи

высокопроизводительных очистных комбайнов; исследуют влияние состава и структуры упрочненного поверхностного слоя на долговечность тяжелонагруженных зубчатых колес; проводят сравнительную оценку применения очистных комбайнов в метаноопасных лавах; занимаются определением конкурентоспособности отечественных марок очистных комбайнов; разрабатывают методы расчета тяговых органов бесцепных систем подачи очистных комбайнов, обеспечивающих повышение прочности и снижение металлоемкости речных ставов. Например, в работе [1] представлены результаты аналитических и модельных исследований процесса изнашивания движителей бесцепных систем подачи (БСП). На основе модельных исследований с использованием аппарата трибологии автор проводит изучение изнашивания материалов элементов движителей БСП. Далее автор усовершенствует математическую модель, используемую для выбора геометрических, кинематических и силовых параметров движителей, вводя в расчёт интенсивность изнашивания материала и, таким образом, получая на стадии проектирования возможность прогнозирования ресурса движителей БСП. Между тем, вопросам снижения контактных нагрузок в элементах тяжело нагруженных зубчато-реечных передач уделено недостаточно внимания. В работе [6] представлены результаты обширного исследования напряжённо-деформированного состояния тяговых органов бесцепных систем подачи с использованием метода конечных элементов. Адекватность разработанной математической модели реальным результатам подтверждена значительным объёмом стендовых и шахтных экспериментальных исследований. По результатам исследований автор предложил наиболее перспективные на его взгляд конструктивные схемы. Однако, предложений по снижению контактных нагрузок в элементах движителя в работе также нет.

Таким образом, избранная тема статьи обладает актуальностью.

Цель статьи состоит в обосновании и подготовке предложения по снижению контактных нагрузок в тяжело нагруженных зубчато-реечных передачах.

Известна система подачи «Малтидрайв» фирмы Бритиш Джеффри Диамонд, движитель которой, установленный на выходном валу механизма подачи, выполнен в виде сдвоенной шестерни, причём зуб одной из них сдвинут относительно другой ровно на половину шага зацепления. Сдвоенная шестерня входит в зацепление со сдвоенным колесом, которое находится в зацеплении со сдвоенной рейкой, вертикально расположенной с завальной стороны скребкового конвейера.

Такая конструкция, помимо плавности работы движителя, обеспечиваемой за счёт уменьшения суммарного шага зацепления зубчатых колёс, обеспечивает значительное снижение контактных напряжений, как в зацеплении «шестерня-колесо», так и в зацеплении «колесо-рейка», поскольку крутящий момент, развиваемый механизмом подачи, воспринимается сдвоенными элементами движителя.

Необходимо, однако, отметить, что подобная конструкция предъявляет жёсткие требования к точности шага зацепления и сдвига профилей колёс и реек. Условия зацепления с рейками у колёс этой системы могут быть не одинаковыми, так же, как и износ, что создаст неравномерное распределение нагрузок между контактирующими элементами, а это может привести к значительному ухудшению качества работы машины в целом.

Известен зубчатый механизм [9], содержащий зубчатую рейку, которая имеет прямоугольные зубья, установленную с возможностью взаимодействия с зубчатым колесом, причём расстояние от оси колеса до зуба рейки находится из определённого соотношения. Основным недостатком предложенного механизма является то, что значительные колебания межосевого расстояния, характерные при работе очистных комбайнов из-за горно-технологических особенностей, неизбежно ведут к возникновению кромочного контакта и, как следствие, к повышенному износу всего механизма в целом.

Предлагаемое конструктивное решение направлено на повышение эффективности работы машин, испытывающих значительные нагрузки в системе перемещения, а также на снижение изнашивания и повышение долговечности работы деталей зубчато-реечной передачи.

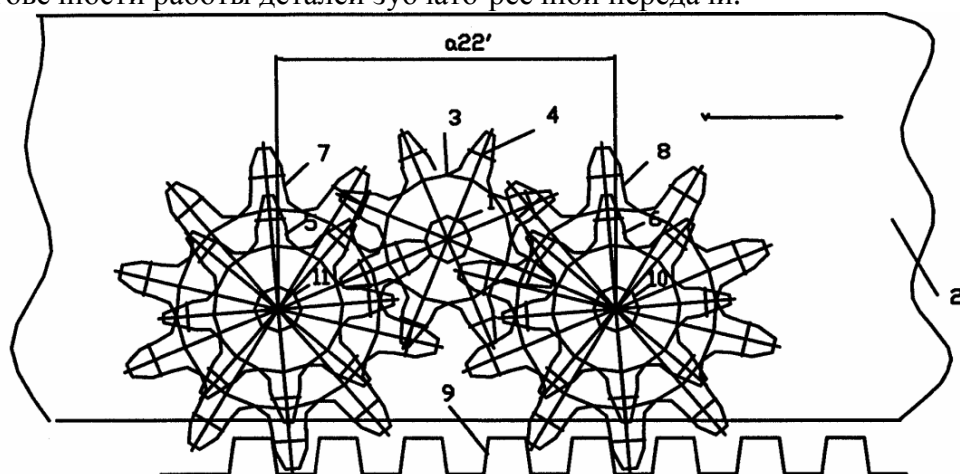


Рис. 1. Конструктивная схема предлагаемого движителя

Сущность предлагаемой конструкции заключается в том, что зубчато-реечная передача включает приводную шестерню и два блока зубчатых колёс, передающих крутящий момент рейке, закреплённой на жёстком основании. Блоки зубчатых колёс установлены симметрично относительно вертикальной оси, проходящей через центр шестерни, таким образом, что меньшие колёса взаимодействуют с шестерней одноимёнными профилями зубьев, а большие синхронно передают крутящий момент рейке, при этом межосевое расстояние между блоками может быть найдено по зависимости:

$$a_{22'} = 2 \cdot (r_{yn1} + r_{yn2}) \cdot \sin\left(k \frac{\pi}{z_1}\right) + (d_{a7} - d_{a5}) + \Delta_{\min},$$

где $r_{цн1}$, $r_{цн2}$ – радиусы окружностей, на которых расположены центра профилей зубьев шестерни и колеса; z_1 – число зубьев шестерни, принимаемое при проектировании; d_{a7} , d_{a5} – диаметры окружностей выступов колёс; k – целое число; $\Delta_{\min}=10\ldots20$ мм – минимально допустимая величина зазора между колёсами.

Предлагаемая передача содержит ведущий вал 1, установленный в корпусе комбайна 2. На ведущем валу 1 размещена приводная шестерня 3, которая зубьями 4 взаимодействует с колёсами 5 и 6, смонтированными на осях 10 и 11 соосно колёсам 7 и 8, которые синхронно передают крутящий момент исполнительному элементу (например, зубу) рейки 9.

Предлагаемая зубчато-реечная передача работает следующим образом. При вращении ведущего вала 1, вращение получает приводная шестерня 3, которая передаёт крутящий момент колёсам 5 и 6, смонтированным на осях 10 и 11 соосно колёсам 7 и 8, синхронно взаимодействующим с рейкой 9. При этом, т.к. рейка установлена неподвижно, получает движение корпус 2 и машина начинает двигаться.

Предлагаемое решение позволяет снизить контактные напряжения в паре «колесо-рейка» за счёт того, что крутящий момент, передаваемый шестерней, распределяется поровну между колёсами и, таким образом, не снижая величину усилия подачи, в два раза повышает ресурс предлагаемой конструкции. Применение блоков зубчатых колёс, одно из которых взаимодействует с шестерней, а другое с рейкой, позволяет значительно упростить выбор геометрических параметров передачи, потому что при этом исключается влияние параметров пары «шестерня-колесо» на параметры пары «колесо-рейка».

Список литературы

1. Ишунькин Д.Г. Разработка метода прогнозирования ресурса зубчато-реечных систем подачи высокопроизводительных очистных комбайнов: дисс. ... канд. техн. наук. – Тула: ТулГУ, 2003. – 200 с.
2. Большакова М.Ю. Исследование влияния состава и структуры упрочненного поверхностного слоя на долговечность тяжело нагруженных зубчатых колес: дисс. ... канд. техн. наук. – Пермь: ПермГТУ, 2011. – 151 с.
3. Сапрыкина Т.В. Сравнительная оценка применения очистных комбайнов в метаноопасных лавах // Технические науки: теория и практика: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Чита, апрель 2016г.). – Чита: Изд-во Молодой ученый, 2016. – С. 105-108.
4. Галиева Н.В. Определение конкурентоспособности отечественных марок очистных комбайнов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. №1. С. 203-214.
5. Патент №32222 РФ. Зубчато-реечная передача / Лукиенко Л.В., Сафонов Б.П., Воробьёв Ф.П., Брагин Л.П., Новиков И.А. – Заявка №2000130090/20 от 30.11.2000; опубл. 10.09.2003, Бюл. №25.
6. Носенко С.И. Разработка методов расчета тяговых органов бесцепных систем подачи очистных комбайнов, обеспечивающих повышение прочности и снижение металлоемкости реечных ставов: дисс. ... канд. техн. наук. – Тула: Тульский политехн. ин-т, 1991. – 245 с.
7. Кривенко А.Е. Основы проектирования горных машин и оборудования. – М.: Московский государственный горный университет, 2006. – 104 с.

8. Буцык Н.И., Захаров Е.И. Колесно-реечные движители для тяжелых машин. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – 130 с.
9. Патент №2134781 РФ. Зубчато-реечный механизм / Потапенко В.А., Голуб В.П., Бреннер В.А., Серов Л.А., Потапов В.Д., Постников В.И., Федоровский Ю.Д., Лукиенко Л.В., Бураков В.А., Иванов В.Е., Лямин Ю.А., Лукиенко В.Г., Жучкова Н.Г., Меркулов В.С. – Заявка №96111275/03 от 04.06.1996; опубл. 20.08.1999.

References

1. Ishunkin D.G. Development of a method for predicting the resource of rack-and-pinion feed systems for high-performance cleaning combines: diss. ... cand. of tech. sc. – Tula: TulSU, 2003. – 200 p.
2. Bolshakova M.Yu. Investigation of the influence of the composition and structure of the hardened surface layer on the durability of heavily loaded gears: diss. ... cand. of tech. sc. – Perm, PermSTU, 2011. – 151 p.
3. Saprykin T.V. Comparative assessment of the application Shearer in meteopathic the love // Technical Sciences: theory and practice : materials of the III international. nauch. Conf. (Chita, April 2016). – Chita: Publ. house of the Young scientist, 2016. – P. 105-108.
4. Galieva N. In. The definition of competitiveness of domestic brands shearer // Mining information and analytical bulletin. 2013. No. 1. P. 203-214.
5. Patent No. 32222 RU. Rack-and-pinion transmission / Lukienko L.V., Safonov B.P., Vorobyev F.P., Bragin L.P., Novikov I.A. – Application No. 2000130090/20 of 11/30/2000; publ. 10.09.2003, Bul. No. 25.
6. Nosenko S.I. Development of methods for calculating traction organs of chainless feed systems for cleaning combines, providing increased strength and reduced metal consumption of rack-and-pinion staves: diss. ... cand. of tech. sc. – Tula: Tula Polytechnic University, 1991. – 245p.
7. Krivenko A.E. Fundamentals of Mining Machinery and equipment design. – M.: Moscow State Mining University, 2006. – 130p.
8. Butsyk N.I., Zakharov E.I. Wheel-rack propellers for heavy machines. – Tula: TulSU Publ. house, 2017. – 130 p.
9. Patent No. 2134781 of the Russian Federation. Gear-rack mechanism / Potapenko V.A., Golub V.P., Brenner V.A., Serov L.A., Potapov V.D., Postnikov V.I., Fedorovsky Yu.D., Lukienko L.V., Burakov V.A., Ivanov V.E., Lyamin Yu.A., Lukienko V.G., Zhuchkova N.G., Merkulov V.S. – Application No. 96111275/03 dated 04.06.1996; publ. 20.08.1999.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Лукиенко Леонид Викторович – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой	Leonid Viktorovich Lukienko – doctor of technical sciences, associate professor, head of the department
lukienko_lv@mail.ru	

Получена 16.03.2022