

ПОДЪЁМНАЯ УСТАНОВКА, ОСНАЩЁННАЯ ЗУБЧАТО-РЕЕЧНОЙ СИСТЕМОЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Лукиенко Л.В.

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

Ключевые слова: подъёмные установки, контроль межосевого расстояния, зубчато-реечный движитель.

Аннотация. В статье на основе проведённого анализа условий производства и необходимости обеспечения промышленной безопасности предложена конструкция подъёмной установки, оснащённой зубчато-реечной системой перемещения с возможностью проводить постоянный контроль межосевого расстояния в паре колесо-рейка за счёт дополнительного измерительного устройства, состоящего из корпуса, снабжённого втулкой, внутри которой перемещается ось, на одном конце которой размещены ролики, непрерывно взаимодействующие с направляющей, а на другом имеется стрелочный указатель. Непрерывность контактов роликов с направляющей, обеспечивается пружиной, установленной в корпусе, в котором выполнен продольный паз для визуального контроля положения указателя. На корпусе смонтирована контрольная линейка, фиксируемая от смещения крепёжными винтами. Применение такого конструктивного решения позволяет обеспечить надёжную и безаварийную работу подъёмной установки.

LIFTING INSTALLATION EQUIPPED WITH RACK-AND-PINION SYSTEM OF MOVEMENT

Lukienko L.V.

Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University, Tula

Keywords: lifting installations, control of the axial distance, rack-and-pinion propulsion.

Abstract. In the article, based on the analysis of production conditions and the need to ensure industrial safety, the design of a lifting installation equipped with a rack-and-pinion displacement system with the ability to constantly monitor the axial distance in a wheel-rail pair due to an additional measuring device consisting of a housing equipped with a sleeve inside which the axis moves, at one end of which rollers are placed, continuously interacting with the guide, and there is an arrow pointer. The continuity of the contact of the rollers with the guide is provided by a spring installed in the housing, in which a longitudinal groove is made for visual control of the pointer position. A control ruler is mounted on the housing, fixed from displacement by fixing screws. The use of such a constructive solution makes it possible to ensure reliable and trouble-free operation of the lifting installation.

Введение

В современных условиях интенсификации производства и необходимости обеспечения безопасности технологического процесса, особую актуальность приобретает обеспечение надёжной и безопасной работы подъёмных установок, которые могут быть использованы в различных отраслях промышленности. Поэтому, избранная тема работы обладает актуальностью.

Различным аспектам обеспечения надёжной и производительной работы подъёмных установок посвящены труды Степыгина В.И. [1], Романюка Н.Н. [2], Колобаева М.В. [3], Соловьёва В.С. [4], Манджиева Э.Э. [5], Двинина Л.Д. [6], Анцева В.Ю. [7], Ефимова О.И. [9], Попова Ю.В. [10], Новичкова В.М. [11]. Однако, вопросам контроля процесса изнашивания движителей и направляющих элементов подъёмных установок в этих работах уделено недостаточное внимание.

Целью работы является обоснование конструктивной схемы подъёмной установки, оснащённой зубчато-реечным тяговым органом с возможностью контроля изнашивания движителя.

Объект, методы и результаты исследований

В настоящее время широкое распространение получили подъёмные машины с канатной системой подъёма. Однако, использование каната приводит к снижению надёжности машины, ухудшению параметров её эксплуатации, в частности снижению

производительности, уменьшению КПД, повышению вероятности возникновения аварийной ситуации, особенно при эксплуатации машины в условиях пониженных температур, за счёт возможного обледенения канатов и несущего барабана.

Отмеченных недостатков лишены бесканатные подъёмные машины, находящие применение в промышленности. Известен подъёмник [2], ведущая шестерня привода которого установлена на одном основании с по меньшей мере парой фиксирующих роликов, на подвижной раме расположена по меньшей мере одна пара опорных катков, а все пары фиксирующих и опорных катков жестко зафиксированы в плоскости, параллельной соответствующей плоскости опорной поверхности направляющей опоры, при этом опорные элементы представляют собой втулки, установленные с возможностью вращения концентрично на стержнях, закрепленных в направляющей опоре, а контактные поверхности опорных элементов и ведущей шестерни выполнены с антифрикционным покрытием.

В этом подъёмнике при эксплуатации изнашиванию подвергаются фиксирующие опорные катки и направляющие, что приводит к изменению межосевого расстояния в зацеплении колесо–рейка и, как следствие, к ухудшению условий работы и снижению надёжности системы перемещения и подъёмника в целом.

Известен подъёмник [3], содержащий вертикальную колонну, на которой закреплена зубчатая рейка, взаимодействующая с зубчатым колесом, кинематически связанным с приводом подъёмника. Для повышения надёжности привод подъёмника снабжён гибким валом, соединяющим редуктор и двигатель привода.

В подъёмнике описанной конструкции также не обеспечен контроль за изменением межосевого расстояния в зацеплении колесо–рейка и, следовательно, отсутствует надёжный механизм оценки работоспособности подъёмника в целом.

Для обеспечения диагностики текущего состояния системы перемещения и прогнозирования возможности дальнейшей эксплуатации подъёмника представляется целесообразным предложить систему контроля в зацеплении колесо–рейка по параметру «межосевое расстояние».

Система перемещения, предлагаемой подъёмной установки (рис. 1), состоит из направляющей 1, на которой смонтирована рейка 2. Вдоль рейки при помощи шестерни 3, закреплённой на выходном валу привода 4, перемещается подвижная рама 5. На подвижной раме расположены опорные 6 и прижимные 7 катки, постоянно взаимодействующие с направляющей 1. Индикаторы контроля межосевого расстояния 8 установлены на подвижной раме. Индикаторы состоят из корпуса 9 (рис. 2), снабжённого втулкой 10, выполненной из антифрикционного материала.

Внутри втулки 10 перемещается ось 11, на одном конце которой размещены ролики 12, непрерывно взаимодействующие с направляющей 1. А на другом имеется стрелочный указатель 13. Непрерывность контактов роликов 12 с направляющей 1 обеспечивается пружиной 14, установленной в корпусе 9, в котором выполнен продольный паз 15 для визуального контроля положения указателя 13. На корпусе 9 смонтирована подвижная контрольная линейка 16, фиксируемая от смещения крепёжными винтами 17.

Система перемещения подъёмника работает следующим образом. Подвижная рама 5, на которой может быть установлена, например, кабина лифта, перемещается посредством шестерни 3, расположенной на выходном валу привода 4, обкатывающегося по рейке 2, смонтированной на направляющей 1. Непрерывность контакта шестерни 3 с рейкой 2 обеспечивается взаимодействием опорных 6 и прижимных 7 катков, перекатываемых по направляющей 1.

Установка индикаторов контроля межосевого расстояния 8 даёт возможность по величине смещения указателя 13 (рис. 3) относительно контрольной линейки 16 проводить диагностику текущего состояния зацепления колесо–рейка по параметру «межосевое расстояние» и, соответственно, позволяет своевременно осуществлять замену изношенных и прижимных катков, предупреждая возникновение аварийной ситуации. Наличие двух индикаторов 8, расположенных симметрично оси рейки, позволяет осуществлять контроль при установке шестерни, исключая возможность её перекоса по отношению к рейке 2.

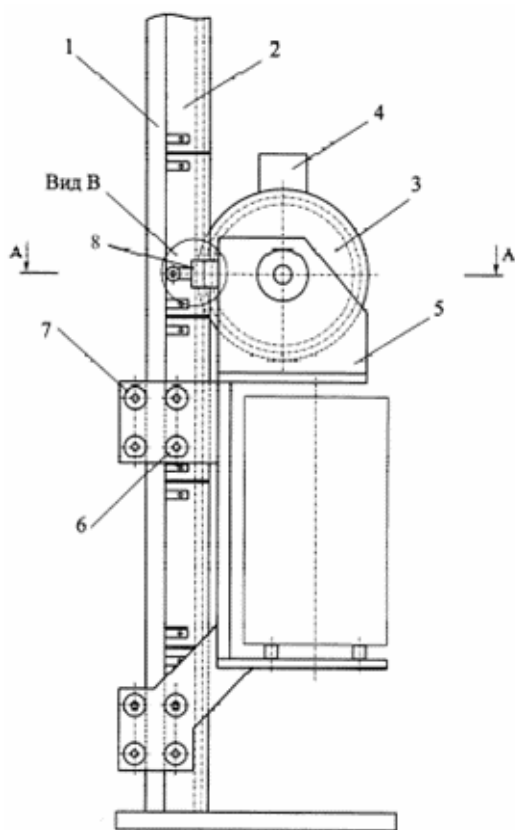


Рис. 1. Система перемещения подъёмника вид сбоку:
 1 – направляющая; 2 – рейка; 3 – шестерня; 4 – выходной вал привода; 5 – подвижная рама; 6 – опорные катки;
 7 – прижимные катки; 8 – индикаторы контроля межосевого расстояния

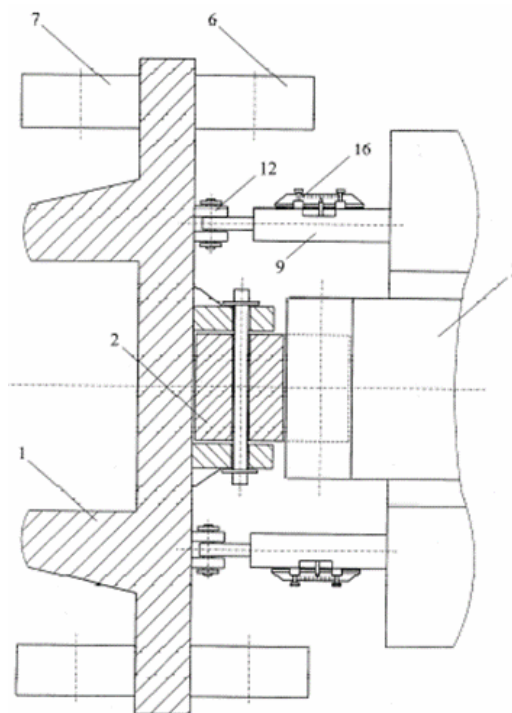


Рис. 2. Поперечное сечение направляющей опоры: 9 – корпус; 12 – ролики; 16 – контрольная линейка

Рассмотрим выбор параметров зубчато-реечной передачи для обеспечения её надёжной и безаварийной работы.

Для обеспечения минимальных габаритов передачи и определения её качественных характеристик рассмотрим варианты с количеством зубьев колеса 8; 9; 10 (табл. 1). Проведённый анализ показывает, что со снижением угла зацепления с 20 градусов до 12 градусов коэффициент перекрытия увеличивается на 40% (рис. 4).

Изменение коэффициента удельного скольжения (табл. 2) за период контакта одной пары зубьев колеса и рейки (рис. 5) составляет 98,3% при угле зацепления $\alpha=20^\circ$ и числе зубьев колеса $z=8$. Увеличение числа зубьев колеса до 10 практически не влияет на изменение динамику изменения коэффициента удельного скольжения за период зацепления одной пары зубьев колеса и рейки. Снижение значения угла зацепления до $\alpha=12^\circ$ приводит к уменьшению коэффициента относительного скольжения по отношению к углу зацепления $\alpha=20^\circ$ на 40,3%.

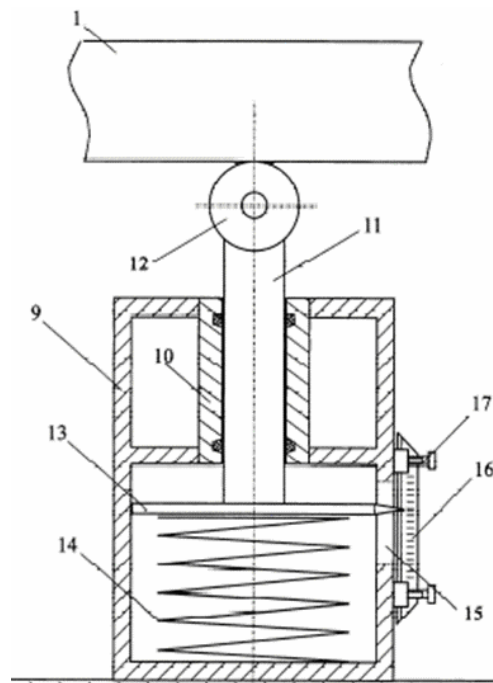


Рис. 3. Индикатор контроля межосевого расстояния в паре колесо – рейка: 10 – втулка; 11 – ось; 13 – указатель; 14 – пружина; 15 – продольный паз; 17 – крепёжные винты

Табл. 1. Геометрические параметры зубчато-реечной передачи

	α	p , мм	m , мм	$r_{d1}=r_1$, мм	r_{o1} , мм	r_{a1} , мм	r_{f1} , мм	h_{f2} , мм	h_{a2} , мм	ϵ
$z=8$	20	90	28,65	114,6	107,7	158,1	100,55	57,6	6,9	1,14
	12				112,1					1,37
$z=9$	20	90	28,65	128,9	121,1	174,2	115,5	58,15	6,3	1,18
	12				126,1					1,40
$z=10$	20	90	28,65	143,2	134,6	184,5	120	48,4	16	1,47
	12				140,1					1,90

Табл. 2. Зависимость коэффициента относительного скольжения зубчато-реечной передачи от угла зацепления

	r_{d1} , мм	λ_1/λ_2 ($x=1$ мм)	λ_1/λ_2 ($x=115$ мм)
$\alpha=20^\circ$	114,6	-38,19/0,97	0,66/-1,93
	128,9	-43,097/0,977	0,61/-1,6
	143,2	-47,99/0,98	0,57/-1,347
$\alpha=12^\circ$	114,6	-22,8/0,958	0,8/-3,99
	128,9	-25,8/0,96	0,774/-3,43
	143,2	-28,78/0,966	0,741/-3

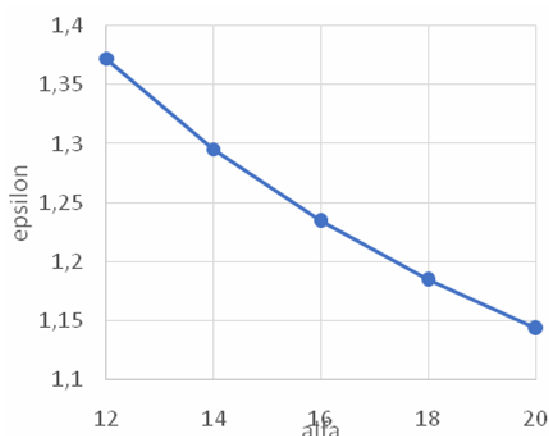


Рис. 4. Зависимость коэффициента перекрытия от угла зацепления

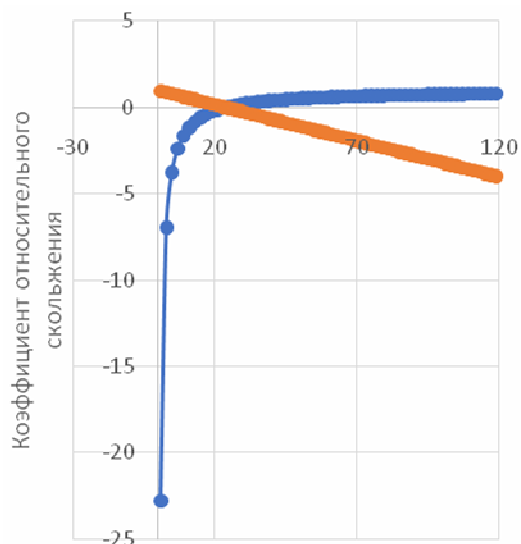


Рис. 5. Зависимость коэффициента относительного скольжения от длины линии зацепления

Заключение

Таким образом, в статье предложена конструкция подъемно-транспортной установки оснащённой зубчато-реечной системой перемещения с возможностью визуального контроля её изнашивания и определены рациональные геометрические и качественные (коэффициент перекрытия и коэффициент относительного скольжения) параметры зубчато-реечной передачи.

Список литературы

1. Степыгин В.И., Чертов Е.Д., Елфимов С.А. Проектирование подъемно-транспортных установок. – М.: Машиностроение, 2005. – 288 с.
2. Подъемно-транспортные машины и механизмы / Н.Н. Романюк, К.В. Сашко, В.А. Агейчик и др. – Минск: БГАТУ, 2015. – 208 с.
3. Патент №138289 РФ. Строительный зубчато-реечный подъемник / Колобаев М.В., Сбродов И.Е. – Заявка №2013143557/11 от 27.09.2013; опубл. 10.03.2014, Бюл. №7.
4. Соловьев В.С. Шахтные подъемные установки: учеб. пособие. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), 2006. – 82 с.

5. Манджиев Э.Э. Основные грузоподъемные средства, применяемые при возведении многоэтажных жилых и общественных зданий точечного типа // Молодой ученый. – 2018. – №3(189). – С. 41-44. – URL: <https://moluch.ru/archive/189/47947/>
6. Двинин Л.Д. Повышение эффективности работы рудничных подъемных установок: Дисс. ... канд. техн. наук. – Екатеринбург, 2013. – 140 с.
7. Анцев В.Ю., Чернецова Е.А. Инновационная технология совершенствования управления качеством при проектировании подъемно-транспортных машин // Инновационные наукоемкие технологии: теория, эксперимент и практические результаты: тезисы докладов всероссийской науч.-техн. конференции. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. – С. 65-69.
8. Анцев В.Ю., Витчук П.В. Обеспечение долговечности лифтовых канатопроводящих шкивов // Тяжелое машиностроение. – 2013. – №11-12. – С. 37-41.
9. Патент №2107016 РФ. Подъемник / Каверин А.В., Гарбер В.А., Тарасов А.В., Виноградов А.В., Валетов В.А., Ефимов О.И., Герасимов Н.П. – Заявка №96117149/28 от 14.08.1996; опубл. 20.03.1998.
10. Попов Ю.В. Повышение эффективности комплексов многоканатных подъемов с наземным расположением подъемных машин: Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. – Екатеринбург, 2010. – 34 с.
11. А.с. №598831. Подъемник / Новичков М.В., Бочкарёв А.В. – Заявка №2359161/29 от 12.05.76; опубл. 25.03.78, Бюл. № 11.
12. Лимаренко Г.Н. Методология проектирования реечных передач для машин с автоматизированным приводом. – Красноярск: СФУ, 2010. – 363 с.
13. Патент №2193004 РФ. Система перемещения подъемной установки / Брагин Л.П., Потемкин С.А., Новиков И.А. – Заявка №2000108238/28 от 03.04.2000; опубл. 20.11.2002, Бюл. №32.

References

1. Stepygin V.I., Chertov E.D., Elfimov S.A. Design of lifting and transport installations. – M.: mechanical Engineering, 2005. – 288 p.
2. Lifting and transport machines and mechanisms / N.N. Romanyuk, K.V. Sashko, V.A. Ageychik, etc. – Minsk: BGATU, 2015. – 208 p.
3. Patent No. 138289 RU. Construction gear-rack lift / Kolobaev M.V., Rabrodov I.E. – Application No. 2013143557/11 from 27.09.2013; publ. 10.03.2014, Bul. No. 7.
4. Soloviev V.S. Mine lifting installations: textbook. stipend. – SPb.: Saint-Petersburg State Mining Institute (Technical University), 2006. – 82 p.
5. Mandzhiev E.E. Basic lifting equipment used in the construction of multi-storey residential and public buildings of point type // Young scientist. 2018, no. 3(189), pp. 41-44. URL: <https://moluch.ru/archive/189/47947/>
6. Dvinin L.D. Improving the efficiency of mine lifting installations: Diss. ... cand. of tech. sc. – Yekaterinburg, 2013. – 140 p.
7. Antsev V.Yu., Chernetsova E.A. Innovative technology of improving quality management in the design of lifting and transport machines // Innovative high-tech technologies: theory, experiment and practical results: abstracts of reports of the All-Russian Scientific and Technical Conference. – Tula: Publ. house of TulSU, 2012. – P. 65-69.
8. Antsev V.Yu., Vitchuk P.V. Ensuring the durability of elevator rope pulleys // Heavy engineering. 2013, no. 11-12, pp. 37-41.
9. Patent No. 2107016 RU. Lift / Kaverin A.V., Garber V.A., Tarasov A.V., Vinogradov A.V., Valetov V.A., Efimov O.I., Gerasimov N.P. – Application No.96117149/28 from 14.08.1996; publ. 20.03.1998.
10. Popov Yu.V. Improving the efficiency of multichannel lifting complexes with a ground arrangement of lifting machines: Abstract diss. ... cand. of tech. sc. – Yekaterinburg, 2010. – 34 p.
11. A.S. No. 598831. Lift / Novikov M.V., Bochkarev A.V. – Application No. 2359161/29 from 12.05.76; publ. 25.03.78, Bul. No. 11.
12. Limarenko G.N. Methodology of rack and pinion gear design for machines with automated drive. – Krasnoyarsk: SFU, 2010. – 363 p.
13. Patent No. 2193004 RU. Lifting system / Bragin L.P., Potemkin S.A., Novikov I.A. – Application No. 2000108238/28 from 03.04.2000; publ. 20.11.2002, Bul. No. 32.

Сведения об авторах:

Information about authors:

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

Получена 11.08.2022