

УДК 622.678.53 © Ж.А. Нишонова✉, С. Гылымұлы, Т.С. Беляева,
В.С. Рыжиков, 2024

UDC 622.678.53 © Zh.A. Nishonova✉, S. Gylymuly, T.S. Belyaeva,
V.S. Ryzhikov, 2024

Горный институт НИТУ МИСИС, 119049 Москва, Россия,
✉ e-mail: m1707439@edu.misis.ru

Mining Institute of National University
of Science and Technology "MISIS" (NUST "MISIS"),
Moscow, 119049, Russian Federation
✉ e-mail: m1707439@edu.misis.ru

Моделирование подвешного устройства скипа подъемной установки с резиновтросовым тяговым органом

Modelling of the suspension gear for a skip of mine hoist with the rubber rope traction device

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-88-91>

НИШОНОВА Ж.А.

Аспирант кафедры горного оборудования,
транспорта и машиностроения Горного
института НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: m1707439@edu.misis.ru

ГЫЛЫМУЛЫ С.

Аспирант кафедры горного оборудования,
транспорта и машиностроения Горного
института НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: m1606832@edu.misis.ru

БЕЛЯЕВА Т.С.

Аспирант кафедры горного
оборудования, транспорта и машиностроения
Горного института НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: ts.shitikova@yandex.ru

РЫЖИКОВ В.С.

Магистрант кафедры горного оборудования,
транспорта и машиностроения
Горного института НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: m2207576@edu.misis.ru

В данной работе выполнен обзор современных исследований относительно рудничного подъема, на основании чего определено, что существующие конструкции подвешных устройств требуют модернизации применительно к подъемным установкам с резиновтросовыми тяговыми органами. В связи с этим авторами предложена оригинальная конструкция подвешного устройства. Для оценки ее параметров в программе SolidWorks была создана цифровая модель. В работе выполнена серия экспериментов, на основании чего получены зависимости максимальных напряжений в наиболее ответственной детали – кронштейне подвешного устройства от его конструктивных параметров при различных рабочих нагрузках, соответствующих условиям эксплуатации в составе рудничной подъемной установки с резиновтросовым тяговым органом.

Ключевые слова: подъемные установки, скипы, цифровое моделирование, подвешное устройство, резиновтросовые канаты.

Для цитирования: Моделирование подвешного устройства скипа подъемной установки с резиновтросовым тяговым органом / Ж.А. Нишонова, С. Гылымұлы, Т.С. Беляева и др. // Уголь. 2024;(4):88-91. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-88-91.

Abstract

This paper provides a review of the current research on mine hoists, which helped to determine that the existing designs of suspension gear require upgrading when applied to hoisting systems with the rubber rope traction devices. In this connection the authors propose an original design of the suspension gear. A digital model has been created in SolidWorks software to estimate its parameters. The research included a series of tests, which results

allowed obtaining the dependences of maximum stresses in the most critical part, i.e. the suspension bracket, on its design parameters under various service loads corresponding to the operating conditions of a mine hoist with a rubber rope traction device.

Keywords

Hoisting installations, Skips, Digital modelling, Suspension gear, Rubber ropes.

For citation

Nishonova Zh.A., Gylymuly S., Belyaeva T.S., Ryzhikov V.S. Modelling of the suspension gear for a skip of mine hoist with the rubber rope traction device. *Ugol'*. 2024;(4):88-91. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-88-91.

ВВЕДЕНИЕ

Важной задачей в области горного машиностроения является повышение эффективности оборудования на всех участках горного производства [1, 2, 3, 4]. В качестве одной из задач применительно к подземным горным предприятиям [5, 6, 7, 8] можно рассматривать участок рудничного подъема [9, 10, 11]. Из анализа установлено, что, несмотря на ряд преимуществ подъемных установок с ленточными тяговыми органами [12, 13], до сих пор не разработаны их основные узлы: подъемные машины, тормозные системы, подвесные устройства, направляющие для скипов и т.д.

Обоснование условий применения лент на рудничном подъеме приводилось в работах [14, 15]. Авторами установлено увеличение эффективности и безопасности эксплуатации оборудования рудничного подъема с использованием лент при уменьшении массы, габаритов подъемных машин и энергопотребления, при повышении технического ресурса тяговых органов и их грузоподъемности. Прежде чем внедрять в производство модернизированное оборудование, необходимо обоснование его конструктивных и эксплуатационных параметров с использованием инженерных инструментов математического [16, 17], цифрового и физического моделирования [18, 19].

В частности, относительно рудничного подъема с ленточными тяговыми органами предприняты попытки применения цифрового моделирования таких узлов, как барабан подъемной машины [15] и тормозные устройства [12, 20]

Выполненный обзор существующих конструкций подвесных устройств подъемных сосудов позволил провести оценку возможности их функционирования с резиновыми тяговыми органами, а также предложить одну из возможных конструкций для использования на модернизированной подъемной установке.

Новая конструктивная модель подвесного устройства с клиновым зажимом, предлагаемого для скипов подъемных установок с резиновым тяговым органом, представлена на рис. 1.

Подвесное устройство состоит из барабана 2, в котором резиновым канат 1 зажимается клином 3. Барабан 2 при помощи шкворней 4 монтируется с одной степенью свободы на кронштейне 5. Скип крепится к нижней части кронштейна.

Для изучения конструкции подвесного устройства была создана его цифровая модель (рис. 2), и в программном комплексе SolidWorks применен метод конечных элементов [21, 22] для исследования напряженно-деформированного состояния подвесного устройства под нагрузками, имитирующими его эксплуатацию в составе рудничной подъемной установки.

Имитационное моделирование рассматриваемого устройства с помощью метода конечных элементов позволило получить эпюры напряжений, деформаций и запасов прочности для кронштейна подвесного устройства. На эпюре (см. рис. 2) показан результат моделирования применительно к величине динамического усилия $F_p = 400$ кН, приходящегося на подвесное устройство скипа.

Созданная цифровая модель позволила провести серию имитационных экспериментов с варьированием динамических усилий, а также при изменении конструктивных параметров кронштейна подвесного устройства. В первую очередь требовалась проверка места крепления шкворня к кронштейну подвесного устройства.

Серия цифровых экспериментов позволила получить графики максимальных напряжений при различных усилиях (рис. 3).

Из графиков следует, что увеличение диаметра отверстий (шкворней) приводит к понижению максимальных

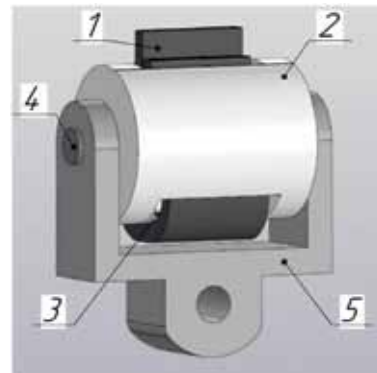


Рис. 1. Конструкция подвесного устройства
Fig. 1. Design of the suspension gear

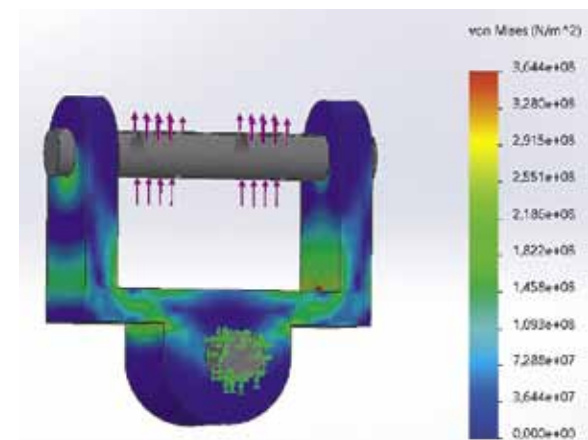


Рис. 2. Цифровая модель подвесного устройства и пример эпюры напряжений при эксплуатационной нагрузке
Fig. 2. A digital model of the suspension gear and an example of the stress envelope under service loads

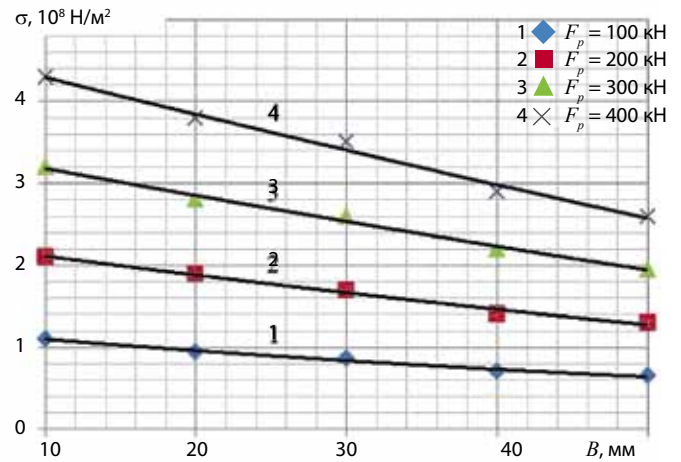
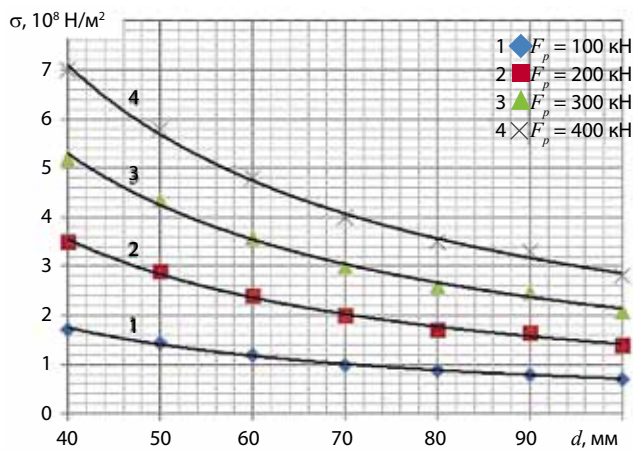


Рис. 3. Зависимости максимальных напряжений σ от диаметра монтажных отверстий d (а) и толщины проушин B (б) при изменении усилий F_p

Fig. 3. Dependences of maximum stresses σ on the diameter of the mounting ports d (a) and the thickness of the lifting eyes B (б) under varying forces F_p

напряжений σ в области контакта шкворней и проушин кронштейна.

Из графика (см. рис. 3, б) следует, что с увеличением толщины проушин B максимальные напряжения σ в кронштейне уменьшаются. Стоит отметить, что увеличение толщины проушин B существенно повышает массу кронштейна, в рассматриваемом случае – не менее чем в 1,5 раза. С учетом полученных зависимостей можно оценить конструктивные параметры кронштейна подвешного устройства в зоне допустимых напряжений для выбранной стали.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных в данной работе результатов можно проектировать подвешные устройства рудничных подъемных установок с резиновых тяговыми органами. При этом будут учитываться эксплуатационные нагрузки на оборудование, конструктивные особенности подъемной машины и режимы работы подъемных установок.

Список литературы • References

- Galkin V. I., Sheshko E. E., Dyachenko V. P., Sazankova E.S. The main directions of increasing the operational efficiency of high productive belt conveyors in the mining industry. *Eurasian Mining*. 2021;(2): 64-68. DOI: 10.17580/em.2021.02.14.
- Rakhutin M., Kashirsky A., Lagunova Y. Calculation of productivity of multi-section trawls for extraction of ferromanganese nodules. *E3S Web of Conferences*. 2020;(177). DOI: 10.1051/e3sconf/202017703010.
- Muminov R.O., Kuziev D.A., Zotov V.V., Sazankova E.S. Performability of electro-hydro-mechanical rotary head of drill rig in open pit mining: A case-study. *Eurasian Mining*. 2022;(1):76-80. DOI: 10.17580/em.2022.01.16.
- Kouziyev D., Krivenko A., Chezganova D., Blumensteiu V. Sensing of dynamic loads in the open-cast mine combine. *E3S Web of Conferences*. 105(2):03014. DOI: 10.1051/e3sconf/201910503014.
- Формализация процесса выбора технологий отработки месторождений полезных ископаемых / П.А. Каунг, В.В. Зотов,

М.А. Гаджиев и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 2. С. 124-138. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-2-0-124.

Kaung P.A., Zotov V.V., Gadzhiev M.A., Artemov S.I., Gireev I.A. Formalization of selection procedure of mineral mining technologies. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2022;(2):124-138. (In Russ). DOI: 10.25018/0236-1493-2022-2-0-124.

- Shaforostova E.N., Kosareva-Volod'ko O.V., Belyankina O.V., Solovykh D.Y., Sazankova E.S., Sizova E.I., Adigamov D.A. A Tailing Dump as Industrial Deposit; Study of the Mineralogical Composition of Tailing Dump of the Southern Urals and the Possibility of Tailings Re-Development. *Resources*. 2023;12(2):28. DOI: 10.3390/resources12020028.
- Оптимизация параметров шахт при отработке запасов угля в сложных горно-геологических условиях / А.В. Джигрин, В.В. Мельник, М.Г. Лупий и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 537. С. 3-11. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-11-37-3-11. Dzhigrin A.V., Melnik V.V., Lupiy M.G., Bakin V.A. Optimization of mines parameters when mining coal reserves in difficult mining and geological conditions. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2020;11/37:3-11. (In Russ). DOI: 10.25018/0236-1493-2020-11-37-3-11.
- Gerike B., Drozdenko Y., Kuzin E. et al. Formation of Comprehensive Service System of Belt Conveyor Gearboxes. *E3S Web of Conferences*. 2018;(41):03011. DOI: 10.1051/E3SCONF/20184103011.
- Опыт эксплуатации шахтных подъемных установок, оснащенных системами непрерывного контроля / Г.Д. Трифанов, А.А. Князев, А.П. Филатов и др. // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 6. С. 52-58. DOI: 10.24000/0409-2961-2019-6-52-58. Trifanov G.D., Knyazev A.A., Filatov A.P., Lauk V.V. Experience of operation of mine lifting installations equipped with continuous monitoring systems. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2019;(6):52-58. (In Russ). DOI: 10.24000/0409-2961-2019-6-52-58.
- Ermolovich E.A., Ivannikov A.L., Kongar-Syuryun C.B. et al. Creation of a Nanomodified Backfill Based on the Waste from Enrichment of Water-Soluble Ores. *Materials*. 2022;15(10). DOI: 10.3390/ma15103689.

11. Reshetnyak S., Maksimenko Y., Zakharova A. Investigation of the electric drive system of the lifting unit with parallel coordinate correction. *E3S Web of Conferences*. 2021;(315):1-5. DOI: 10.1051/e3sconf/202131503028.
12. Гылымұлы С., Тиагалиева Ж.А., Белянкина О.В., Беляев А.М. Разработка имитационной модели торможения шахтной подъемной установки в системе Matlab // Уголь. 2022. № 10. С. 50-54. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-10-50-54.
Gylymuly S., Tiagalieva Zh.A., Belyankina O.V., Belyaev A.M. Developing a simulation model for braking a mine hoist in the Matlab software. *Ugol'*. 2022;(10):50-54. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-10-50-54.
13. Горнопроходческие подъемные машины в технологических процессах разработки месторождений на больших глубинах / А.И. Курочкин, С.В. Подболотов, Б.М. Габбасов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 538. С. 3-15. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-11-38-3-15.
Kurochkin A.I., Podbolotov S.V., Gabbasov B.M., Romanko E.A., Tububaeva M.F. Mining lifting machines in the technological processes of field development at great depths. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2020;11/38:3-15. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2020-11-38-3-15.
14. Перекутнев В.Е., Зотов В.В. Сравнительная оценка резиноросовых канатов для рудничных вертикальных подъемных установок // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 7. С. 85-93. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-85-93.
Perekutnev V.E., Zotov V.V. Comparative assessment of rubber steel cables for vertical mine hoists. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2020;(7):85-93. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-85-93.
15. Перекутнев В.Е., Зотов В.В. Моделирование приводных шкивов подъемных установок с резиноросовыми канатами // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 6. С. 105-114. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-105-114.
Perekutnev V.E., Zotov V.V. Modeling drive wheels of hoisting machines with rubber cables. *MIAB. Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2020;(6):105-114. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-105-114.
16. Bardovskiy A.D., Gorbatyuk S.M., Gerasimova A.A., Basyrov I.I. Analysis of operation features of sizing screen with parametric excitation. *Eurasian Mining*. 2021;(1):61-64. DOI: 10.17580/em.2021.01.12.
17. Разработка модели оценки эффективности системы охлаждения рабочей жидкости гидравлического карьерного экскаватора / З.К. Хань, А.Е. Кривенко, Е.Ю. Пудов и др. // Горный журнал. 2021. № 12. С. 64-69. DOI: 10.17580/gzh.2021.12.12.
Giang Quoc Khanh, Krivenko A.E., Pudov E.Yu., Kuzin E.G. Performance evaluation model for power fluid cooling system of hydraulic excavators. *Gornyi zhurnal*. 2021;12:64-69. (In Russ.). DOI: 10.17580/gzh.2021.12.12.
18. Pleshko M.S., Pankratenko A.N., Pleshko M.V., Nasonov A.A. Assessment of stress-strain behavior of shaft lining in bottomhole area during sinking by real-time monitoring and computer modeling data. *Eurasian Mining*. 2021;(1):25-30. DOI: 10.17580/em.2021.01.05.
19. Имитационное моделирование режимов работы оборудования комплексно-механизированного забоя угольной шахты / С.С. Кубрин, С.Н. Решетняк, И.М. Загоршменный и др. // Устойчивое развитие горных территорий. 2022. Т. 14. № 2. С. 286-294. DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-2-286-294.
Kubrin S.S., Reshetnyak S.N., Zakorshmennyy I.M., Karpenko S.M. Simulation modeling of equipment operating modes of complex mechanized coal mine face. *Ustojchivoe razvitie gornyx territorij*. 2022;14(2):286-294. (In Russ.). DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-2-286-294.
20. Цифровая модель тормозного поста мента рудничной подъемной установки с резиноросовым тяговым органом / С. Гылымұлы, Л.И. Кантович, Ж.А. Тиагалиева и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 6. С. 62-76. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-6-0-62.
Gylymuly S., Kantovich L.I., Tiagalieva Z.A., Belyankina O.V. Digital model of brake plinth of mine hoist with rubber cable pulling equipment. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2022;(6):62-76. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2022-6-0-62.
21. Gubanov S., Petsyk S., Komissarov A. Simulation of stresses and contact surfaces of disk rolling cutters with the rock when sinking in mixed soils. *E3S Web of Conferences*. 2020;177:1-5. DOI: 10.1051/e3sconf/202017703008.
22. Зиборова Е.Ю., Мнацакянян В.У. Обоснование геометрических параметров футеровочных пластин приводного барабана ленточного конвейера // Горные науки и технологии. 2022. № 7(2). С. 170-179. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-2-170-179.
Ziborova E.Yu., Mnatsakanyan V.U. Justification of geometrical parameters of lining plates for a belt conveyor drive drum. *Gornye nauki i tekhnologii*. 2022;7(2):170-179. (In Russ.). DOI: 10.17073/2500-0632-2022-2-170-179.

Authors Information

Nishonova Zh.A. – Postgraduate Student of Department of Mining Equipment, Transportation and Mechanical Engineering, Mining Institute of National University of Science and Technology “MISIS” (NUST “MISIS”), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: m1707439@edu.misis.ru

Gylymuly S. – Postgraduate Student of Department of Mining Equipment, Transportation and Mechanical Engineering, Mining Institute of National University of Science and Technology “MISIS” (NUST “MISIS”), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: m1606832@edu.misis.ru

Belyaeva T.S. – Postgraduate Student of Department of Mining Equipment, Transportation and Mechanical Engineering, Mining Institute of National University of Science and Technology “MISIS” (NUST “MISIS”), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: ts.shitikova@yandex.ru

Ryzhikov V.S. – Master’s student, Department of Mining Equipment, Transportation and Mechanical Engineering, Mining Institute of National University of Science and Technology “MISIS” (NUST “MISIS”), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: m2207576@edu.misis.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 25.02.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received February 25, 2024

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024