

Научная статья

УДК 622.684

DOI: 10.26730/1816-4528-2022-2-51-57

Вишняков Георгий Юрьевич, аспирант, Ботян Евгений Юрьевич, аспирант

Санкт-Петербургский горный университет

E-mail: geroibeka@yandex.ru

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ**Информация о статье**

Поступила:

14 декабря 2021 г.

Одобрена после

рецензирования:

15 марта 2022 г.

Принята к печати:

15 мая 2022 г.

Ключевые слова:

автотранспорт, АСУ ГТК,
анализ факторов, список па-
раметров, системы контроля,
обслуживание.

Аннотация.

В статье представлены результаты аналитического исследования оснащенности производства средствами автоматического контроля и обслуживания горной транспортной техники в целом и карьерных автосамосвалов в частности. Проведен анализ потребностей предприятий в системах контроля параметров и фактическое наличие этих систем. На основании перечня параметров сделаны выводы о развитии автоматизированных систем контроля на данный момент и в ближайшем будущем. Список параметров был разделен на группы, связанные как с силовыми системами автосамосвала, так и с текущими эксплуатационными показателями, с целью упрощения обработки данных, а также для возможности сделать выводы по каждой конкретной группе. Представлено решение поставленной проблемы, позволяющее максимально оптимизировать работу оборудования и не допускать возникновения незапланированных технических и технологических простоев и, как следствие, критических ситуаций.

Для цитирования: Вишняков Г.Ю., Ботян Е.Ю. Оценка современных систем мониторинга карьерных автосамосвалов // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 2 (160). С. 51-57. DOI: 10.26730/1816-4528-2022-2-51-57

Темпы развития горной промышленности постоянно увеличиваются. Это способствует ускоренной модернизации различной техники, без которой эффективная работа попросту невозможна. Особое внимание всегда уделяется автотранспорту, потому что именно на его долю выпадает большая часть перевозок полезного ископаемого в мире [1-5]. Для того, чтобы автосамосвалы показывали наивысший уровень производительности и надежности, их постоянно модернизируют, внедряя самое лучшее и современное оборудование. Ярким примером такого оборудования являются системы автоматического управления и обслуживания. Самые разные фирмы стараются преуспеть в сфере автоматизированного управления, а в некоторых случаях и вовсе перейти на роботизированное (САТ, Komatsu, БелАЗ).

Однако помимо совершенствования техники существует процедура расширения сферы их при-

менения в более сложных условиях с целью решения сложных задач на крупномасштабных объектах, в частности, на карьерах севера, где горно-геологические и климатические условия порой бывают непригодны для инфраструктуры, необходимой, человеку [6-9].

Для эффективного управления, активного мониторинга и своевременного обслуживания машины используют огромное количество систем различного типа и датчиков, которые позволяют получать различную информацию о работе автосамосвала в режиме реального времени. Помимо этого, подобные системы автоматизации процесса предоставляют пользователю возможность вносить корректировки в производственный процесс с целью повышения эффективности в зависимости от режимов работы оборудования или каких-либо внешних факторов [10-12].

Аналитическая оценка технического уровня существующих систем контроля технических параметров позволяет определить, какие факторы важны для предприятий, какую конкретно информацию предприятия получают или хотели бы получить. Всего рассматривалось 4 группы параметров:

- Система контроля загрузки и топлива (СКЗИТ);
- ДВС;
- Система управления тяговыми электроприводами (СУТЭП);
- Гидравлическая система;

В каждой из этих групп рассматривались наиболее важные параметры [12]:

Параметры системы контроля загрузки и топлива:

- Динамический вес перевозимого груза;
- Уровень топлива в баке;
- Величина уклонов (продольного и поперечного);

- Давление в цилиндрах подвесок;
- Состояние подключаемых аналоговых и цифровых датчиков;

- Подъем платформы;
- Состояние ручного тормоза;
- Направление движения самосвала;
- Данные по рейсам и сменам;
- Давление и температура в шинах (при подключении системы контроля давления в шинах СКДШ);

- Состояние подвески и рамы;
- Качество вождения;
- Состояние технологических дорог;
- Геопозиция (местоположение в пространстве);

- Моточасы общие;
- Моточасы холостого хода;
- Чистота топлива (наличие примесей/жидкостей в бензобаке);

- Возможность дистанционного управления автомобилем (дистанционный запуск/блокировка двигателя);

- Температура топлива;
- Требуемый водителем момент вращения;
- Удаленное нажатие педали акселератора.

Параметры ДВС:

- Актуальная скорость работы двигателя;
- Актуальный момент вращения;
- Атмосферное давление;
- Давление впрыска инжектора;
- Давление впускного коллектора;
- Давление масла в двигателе;
- Давление охлаждающей жидкости;
- Индикатор давления картерных газов;
- Индикатор низкого уровня масла;
- Нагрузка на двигатель;
- Нажатие педали акселератора;
- Напряжение батареи;
- Расход топлива;
- Скорость набора мощности;
- Температура впускного коллектора;
- Температура ОЖ ДВС;
- Температура топлива;
- Требуемый водителем момент вращения;
- Удаленное нажатие педали акселератора.
- Переключатель регулятора РТО;

Параметры СУТЭП:

- Напряжение на силовых выпрямителях и тормозных резисторах;

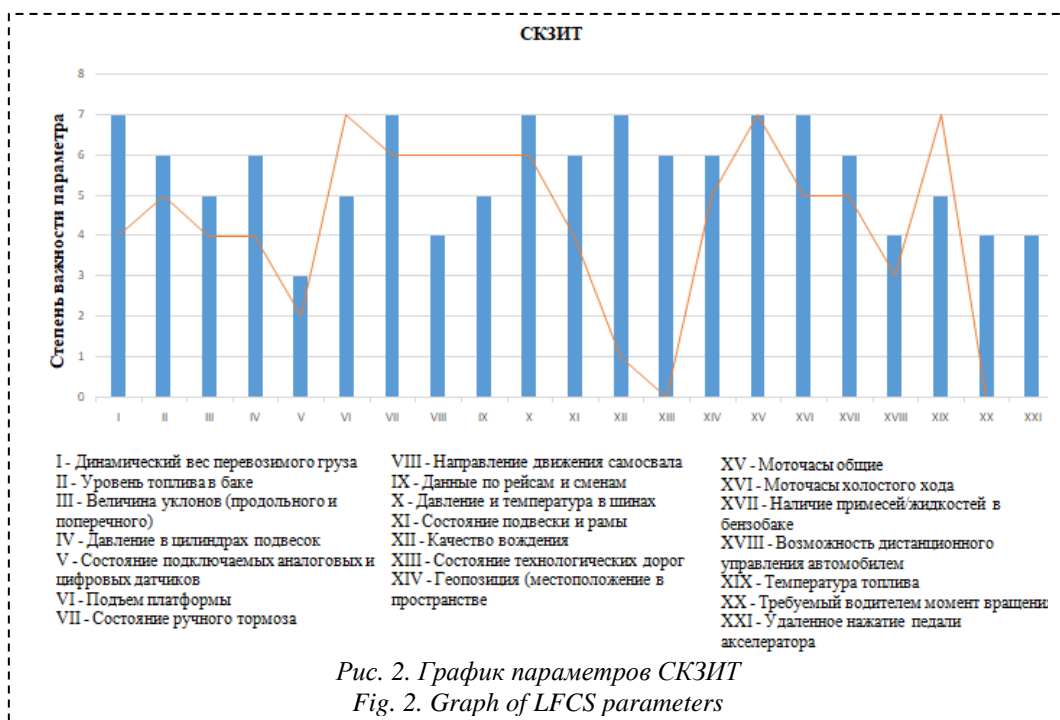
- Ток силовой цепи;

- Напряжение на якорных обмотках двигателя;

- Напряжение замыкания на корпус;
- Мощность на выпрямителях;
- Угол нажатия педали торможения;
- Частота вращения колес;
- Скорость движения самосвала;
- Частота оборотов двигателя;
- Ток ослабления поля;
- Сопротивление терморезисторов;
- Коды аварийных сообщений;
- Сигнал на включение контакторов;
- Обратная связь контакторов;

Параметр	Показатель важности параметра для потребителя	Наличие системы, контролирующей параметр
Название контролируемого параметра	Оцените, пожалуйста, по шкале от 1 до 10, где 1 – совсем не важен, 10 – наиболее важный	Укажите, пожалуйста, имеется ли данная система у потребителей «+» – да «-» – нет
1	2	3
Общий перечень параметров СКЗИТ (Система контроля загрузки и топлива):		
1. Динамический вес перевозимого груза		
2. Уровень топлива в баке		

Рис. 1. Анкета
Fig. 1. Questionnaire



Таким образом, в каждой из групп находится довольно внушительное количество параметров. Все эти параметры были сведены в единую таблицу (рис. 1). В этой таблице рядом с названием параметра находится два пустых поля. В одном указывается по шкале от 1 до 10 степень важности параметра для потребителя, а во втором наличие системы у потребителя, которая позволяет снимать

- Состояние контроллера хода и торможения;
- Состояние сигнала ограничения скорости;
- Состояние сигнала включения защиты;
- Состояние переключателя направления движения;
- Состояние сигнала формирования режима выбега;
- Состояние сигнала формирования режима независимого возбуждения;
- Состояние сигнала ослабления поля;
- Второе положение контроллера хода;
- Температура подшипников двигателей и генератора.

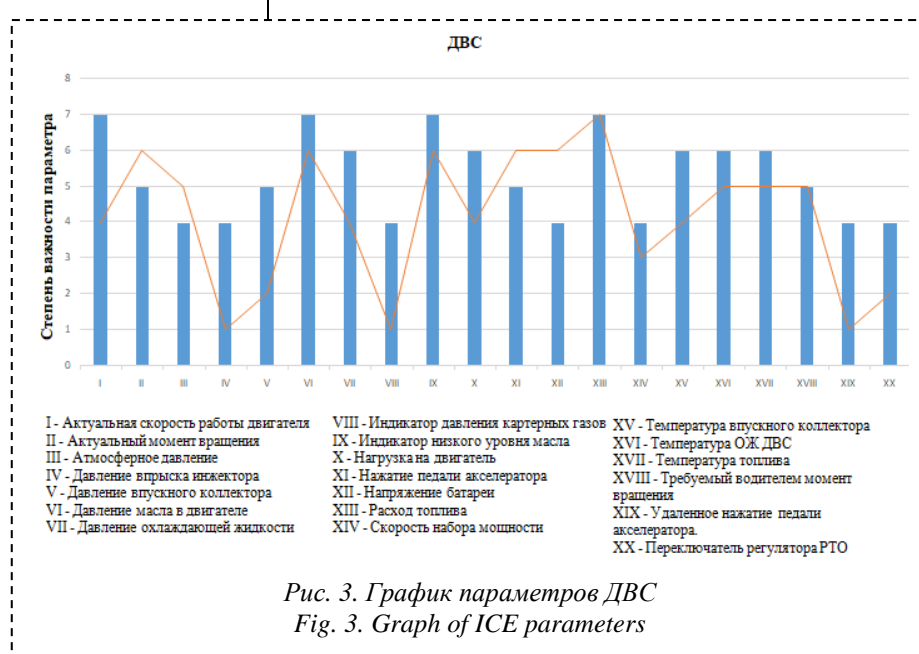
Параметры гидросистемы:

- Аварийный уровень масла в баке гидросистемы;
- Аварийная температура масла в баке гидросистемы;
- Аварийное давление в рулевом управлении;
- Засорение фильтров рулевого управления;
- Аварийное давление в переднем тормозном контуре;
- Аварийное давление в заднем тормозном контуре;
- Засорение масляных фильтров гидросистемы;
- Давление масла в рулевом управлении;
- Температура масла в гидросистеме;
- Движение с поднятой платформой;
- Движение с включенным стояночным тормозом.

данные этого параметра с машины.

Метод экспертных оценок является одним из основных способов решения задачи комплексной оценки влияния различных параметров на результат. Целесообразность использования метода можно объяснить тем, что он позволяет учесть влияние большого количества различных параметров, выработать иной взгляд на предмет исследования [13-16].

Экспертами выступали представители различных компаний, научные деятели. После получения заполненных анкет вся информация была обработана и составлены графики зависимости потребно-



сти потребителя и наличие необходимого оборудования для удовлетворения этой потребности. Таким образом, по каждой из групп был выстроен определенный график.

На графике (рис. 2) представлена информация, согласно которой можно сделать вывод, что потребители высоко ценят параметры «Динамический вес», «Качество вождения», «Состояние технологических дорог», но при этом кривая показывает, что датчиков или систем, контролирующих эти параметры, у потребителей нет, хотя все эти факторы очень важны. К примеру «Динамический вес»

показывает, есть ли перегруз на машине, что в свою очередь влияет на износ шин и гидроцилиндров подвески, что приводит к более частой замене этих элементов, а значит, к большим затратам на техническое обслуживание и ремонт. Такую причинно-следственную связь можно проследить по каждому параметру. На первый взгляд может показаться, что это не так критично, но на самом деле нарушение правил эксплуатации различных узлов и автомобиля в целом приведет к снижению производительности не только конкретной машины, но и всего производства в целом. Все параметры, которые отсутствуют у потребителей, в той или иной степени влияют на итоговую эффективность производственного процесса [17-18].

Все эти тонкости аналогичным образом прослеживаются и на других группах факторов.

Из получившегося графика (рис. 3) можно сделать следующие выводы: предложение на системы некоторых параметров («Напряжение батареи» и «Нажатие педали акселератора») превышает потребность потребителей. Значит, они считают, что данные системы не имеет смысла устанавливать, так как они незначительно влияют на производственный процесс. В то же время потребность в таких парамет-

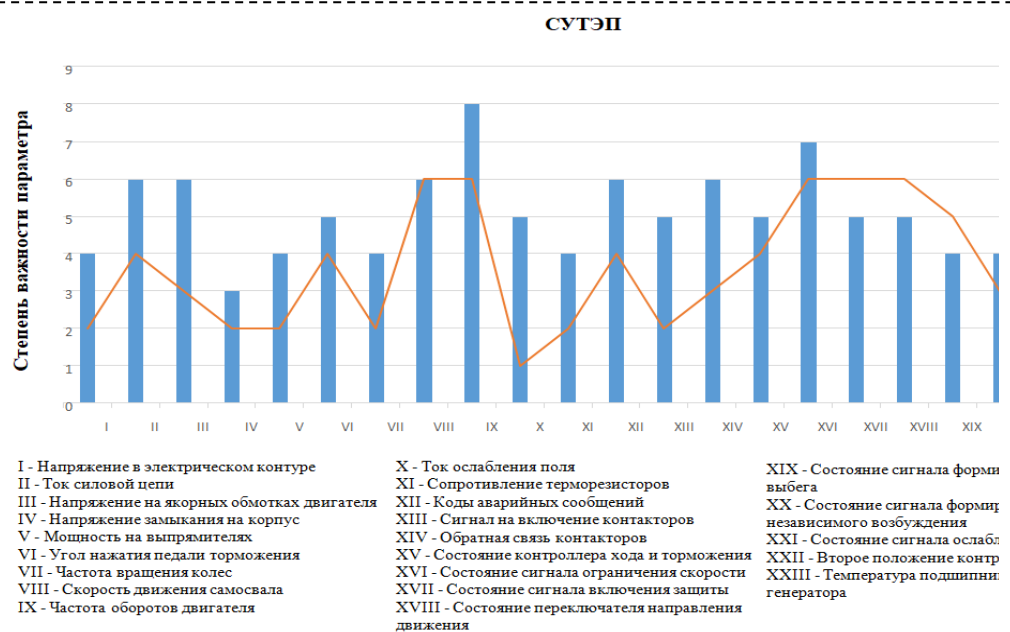


Рис. 4. График параметров СУТЭП
Fig. 4. Graph of ETCS parameters

рах, как «Актуальная скорость работы двигателя» и «Индикатор низкого уровня масла» выше, чем способности поставщиков.

График потребностей в контроле системы управления тяговыми электроприводами (рис. 4) показывает, что большая часть параметров, в которых нуждаются потребители, банально не предоставляется кампаниями («Ток силовой цепи», «Температура подшипников двигателей и генератора» и «Частота оборотов двигателя»). Можно сделать вывод, аналогичный предыдущим, что



Рис. 5. График параметров гидравлической системы
Fig. 5. Graph of hydraulic system parameters

необходимо наладить связь и поставки оборудования между потребителем и производителем [19].

Гидравлическая система (рис. 5) содержит наименьшее количество контролируемых параметров, но и тут можно наблюдать нехватку оборудования для контроля и своевременного обслуживания («Засорение масляных фильтров гидросисте-

мы», «Аварийная температура масла в баке гидросистемы» и «Аварийное давление в рулевом управлении»). Следует повторно отметить, что все эти параметры, доведенные до критического момента, могут привести к серьезным и весьма дорогостоящим поломкам. Поломки в свою очередь приведут к отстранению конкретной машины от производственного процесса, что негативно скажется на эффективной работе всей транспортной цепи.

Подводя итог по всем группам параметров по получившимся графикам, следует отметить, что для успешной и эффективной работы предприятия необходимо оптимизировать работу поставщиков и разработать определенный план. Необходимо создать группы различных систем, которые будут отвечать всем потребностям производства, к примеру, сделать комплектации предоставляемого оборудования:

- Комплектация «Максимум» предоставит системы контроля всех параметров, в которых нуждается производство. Выбрать эти параметры можно на основе данных графиков.

- Комплектация «Минимум» будет строиться на выборке наиважнейших параметров, без которых работа техники в современном мире невозможна.

Комплектаций может быть множество, но, как уже упоминалось выше, необходимо исходить из расчета наибольшей финансовой выгоды. В конечном счете все упирается именно в финансовый вопрос. Дальнейшее изучение систем автоматизированного контроля является приоритетным направлением горнодобывающей отрасли в данный момент, т.к. необходимо оптимизировать работу на постоянное повышение эффективности и удешевлении тонны перевозимого груза. Именно поэтому данная тематика будет актуальна до тех пор, пока все горные производства в мире не станут полностью автоматизированными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафиуллин Р.Н., Афанасьев А.С., Резниченко В.В. Концепция развития систем мониторинга и управления интеллектуальных технических комплексов // Записки Горного института. 2019. Т. 237. С. 322-330. doi: 10.31897/PMI.2019.3.322
2. Александров В.И., Васильева М.А., Коптев В.Ю. Эффективная мощность и скорость движения карьерных автосамосвалов в режиме топливной экономичности // Записки Горного института. 2019. Т. 239. С. 556-563. doi: 10.31897/PMI.2019.5.556
3. Шпенст В.А. Комплексование телекоммуникационных и электротехнических систем в шахтах и подземных сооружениях // Записки Горного института. 2019. Т. 235. С. 78-87. doi: 10.31897/PMI.2019.1.78
4. Темкин И.О., Клебанов Д.А. Интеллектуальные системы управления горнотранспортными комплексами: современное состояние, задачи и механизмы решения. «Горный информационно-аналитический бюллетень», 2014.

5. Козярук А.Е., Таранов С.И., Самозадов А.В. Направления повышения эффективности эксплуатации экскаваторно-автомобильных комплексов на открытых горных работах // Горное оборудование и электромеханика. 2014. № 1. С. 6-11.
6. Трубецкой К.Н. Перспективы применения роботизированной техники на карьерах будущего. «Горный информационно-аналитический бюллетень». 2013. С. 354-363.
7. Аброськин А.С. Применение современных систем автоматизации на открытых горных работах. «Известия Томского политехнического университета». 2015. Т. 326. № 12.
8. Белых К.В., Клебанов Д.А. Решение проблемы эффективного применения и развития АСУ ГТК. «Горная промышленность». 2016. № 2(126).
9. Трубецкой К.Н., Рыльникова М.В. Состояние и перспективы развития открытых горных работ в XXI веке. «Горный информационно-аналитический бюллетень». 2015. С. 21-32.
10. Мачулов В.Н. Системы управления горнотранспортных комплексов. «Горная промышленность». 2013. № 6(111). С. 88.
11. Клебанов Д.А., Кузнецов И.В., Бигель Н. В. Принципы построения системы дистанционного и автономного управления карьерным автосамосвалом. «Горная промышленность». 2013. № 4(110). С. 8.
12. Клебанов А.Ф., Сиземов Д.Н., Кадочников М.В. Комплексный подход к удаленному мониторингу технического состояния и режимов эксплуатации карьерного автосамосвала. «Горная промышленность». 2020. № 2. С. 112-118.
13. Koryagin M., Voronov A. Improving the organization of the shovel-truck systems in open-pit coal mines // Transport problems. 2017. Vol. 12, issue 2. p. 113-122. doi: 10.20858/tp.2017.12.2.11
14. Аллен Р. Британская промышленная революция в глобальной картине мира. М.: Издательство Института Гайдара, 2014. 448 с.
15. Введенская Е. «Прошедшее, настоящее и будущее робототехники». РСМД, 16 июля 2019 г.
16. Koptev V. Yu, Kopteva A. V. Structure of energy consumption and improving open-pit dump truck efficiency. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 87. Issue 2. doi: 10.1088/1755-1315/87/2/022010
17. Semenov, M. A., Bolshunova, O. M., Korzhnev, A. A., et al. Modernization of dump truck onboard system. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. doi: 10.1088/1755-1315/87/2/022017
18. Safiullin, R. N., Reznichenko, V. V., Safiullin, R. R. The software adaptive system for managing the heavy cargo transportation process based on the automated vehicle weight and size control system. Journal of Physics: Conference Series. 2021. Issue 1. Vol. 1753. doi: 10.1088/1742-6596/1753/1/012063
19. Bakhaev P. K. Auto-mated control of unmanned truck for transport complex of mining industry. Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1333. Issue 5. doi: 10.1088/1742-6596/1333/5/052001.

Об авторах:

Вишняков Георгий Юрьевич, аспирант кафедры Транспортно-технологических процессов и машин, Санкт-Петербургский горный университет, (199106, Россия, г. Санкт-Петербург, 21 линия, 2), geroibeka@yandex.ru

Ботян Евгений Юрьевич, аспирант кафедры Транспортно-технологических процессов и машин, Санкт-Петербургский горный университет, (199106, Россия, г. Санкт-Петербург, 21 линия, 2)

Заявленный вклад авторов:

Вишняков Г.Ю. - постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; концептуализация исследования; написание текста, выводы;

Ботян Е.Ю. – обзор соответствующей литературы; написание текста, сбор и анализ данных; обзор соответствующей литературы; выводы.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

DOI: 10.26730/1816-4528-2022-2-51-57

Georgiy Yu. Vishnyakov, postgraduate student, **Evgeny Yu. Botyan**, postgraduate student

Saint-Petersburg mining university

E-mail: geroibeka@yandex.ru

EVALUATION OF MODERN MONITORING SYSTEMS OF DUMP TRUCKS



Article info

Received:

14 December 2021

Accepted for publication:

15 March 2022

Accepted:

15 May 2022

Keywords: mining truck, automated management of mining and transport complex, factor analysis, list of parameters, control systems, maintenance.

Abstract.

The article presents the results of an analytical study of the equipment of production facilities for automatic control and maintenance of mining equipment. The analysis of the needs of enterprises in parameter control systems and the actual availability of these systems is carried out. Based on the list of parameters, conclusions are drawn about the development of automated control systems at the moment. The list of parameters was divided into groups to simplify data processing, as well as to be able to draw conclusions for each specific group. The solution of the problem is presented, which allows to optimize the operation of the equipment as much as possible and to avoid the occurrence of critical situations.

For citation: Vishnyakov G.Yu., Botyan E.Yu. Evaluation of modern monitoring systems of dump trucks. Mining Equipment and Electromechanics, 2022; 2(160):51-57 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2022-2-51-57

REFERENCES

1. Safiullin RN, Afanasyev AS, Reznichenko VV. Concept of development of monitoring and control systems of intelligent technical complexes. *Proceedings of the Mining Institute*. 2019;237: 322-330. doi: 10.31897/PMI.2019.3.322

2. Alexandrov VI, Vasilieva MA, Koptev VYu. Effective power and speed of movement of open-pit

dump trucks in the fuel efficiency mode. *Zapiski Gornogo Instituta*. 2019;239: 556-563. doi:10.31897/PMI.2019.5.556

3. Shpenst VA. Completion of telecommunication and electro-technical systems in mines and underground structures. *Zapiski Gornogo Instituta*. 2019; 235: 78-87. doi:10.31897/PMI.2019.1.78

4. Temkin IO, Klebanov DA. Intellectual control systems of mining and transport complexes: current state, problems and solution mechanisms. "Mining information-analytical bulletin", 2014.

5. Koziaruk AE., Taranov SI, Samolazov AV. Directions to increase the efficiency of operation of excavator-automotive complexes in open-pit mining. *Mining equipment and electromechanics*. 2014;1: 6- 11.

6. Trubetskoy KN. Prospects for the use of robotic technology at the mines of the future. "Mining Information and Analytical Bulletin". 2013. P. 354-363.

7. Abroskin AS. Application of modern automation systems in open-pit mining. *Proceedings of Tomsk Polytechnic University*. 2015;326(12).

8. Belykh KV, Klebanov DA. Solution of the problem of effective application and development of ACS GTK. *"Mining Industry"*. 2016;(126).

9. Trubetskoy KN, Rylnikova MV. State and prospects for the development of surface mining in the XXI century. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy bulletin*. 2015. P. 21-32.

10. Machulov VN. Control systems of mining transport complexes. "Mining Industry". №6(111), 2013. P. 88.

11. Klebanov DA, Kuznetsov IV, Bigel NV. Principles of building a system of remote and autonomous

control of a mine dump truck. *"Mining Industry"*. 2013;4(110): 8.

12. Klebanov AF, Sizemov DN, Kadochnikov MV. Complex approach to remote monitoring of the technical condition and operating modes of a dump truck. "Mining Industry". 2020;2: 112-118.

13. Koryagin M, Voronov A. Improving the organization of the shovel-truck systems in open-pit coal mines. *Transport problems*. 2017;12(2): 113-122. doi:10.20858/tp.2017.12.2.11

14. Allen R. The British pro-industrial revolution in the global map of the world. M.: Gaidar Institute Press, 2014. 448 p.

15. Vvedenskaya E, "The past, present, and future of robotics. RSMD, July 16, 2019.

16. Koptev VYu, Kopteva AV. Structure of energy consumption and improving open-pit dump truck efficiency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2017;87(2). doi: 10.1088/1755-1315/87/2/022010

17. Semenov MA, Bolshunova OM, Korzhev AA et al. (Modernization of dump truck onboard system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2017;87(2)ю doi: 10.1088/1755-1315/87/2/022017

18. Safiullin RN, Reznichenko VV, Safiullin RR. The software adaptive system for managing the heavy cargo transportation process based on the automated vehicle weight and size control system. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;1753(1). doi: 10.1088/1742-6596/1753/1/012063

19. Bakhaev PK. Auto-mated control of unmanned truck for transport complex of mining industry. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019;1333(5). doi: 10.1088/1742-6596/1333/5/052001

© 2022 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Georgiy Yu. Vishnyakov, postgraduate student, Saint Petersburg mining university (199106, Russia, St Petersburg, 21st Line, 2), geroibeka@yandex.ru

Evgeny Yu. Botyan, postgraduate student, Saint Petersburg mining university (199106, Russia, St Petersburg, 21st Line, 2),

Contribution of the authors:

Georgiy Yu. Vishnyakov - research problem statement; scientific management; conceptualisation of research; writing the text, drawing the conclusions.

Evgeny Yu. Botyan - reviewing the relevant literature, data collection; reviewing the relevant literature; writing the text.

All authors have read and approved the final manuscript.

