



ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТРАНСПОРТА

Материалы Всероссийской (национальной)
научно-практической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
(8-9 декабря 2022 года)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТРАНСПОРТА

*Материалы
Всероссийской (национальной) научно-практической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
(8-9 декабря 2022 года)*

Тюмень
ТИУ
2023

УДК 656(062)

ББК 39.33-08

П 78

Ответственный редактор
к. т. н., доцент П. В. Евтин

Редакционная коллегия:

П. В. Евтин, Н. С. Захаров, Д. А. Захаров, Ю. Д. Земенков,
Ш. М. Мерданов, Ю. Е. Якубовский, А. В. Шаруха

Проблемы функционирования систем транспорта: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (8-9 декабря 2022 г.) / отв. ред. П. В. Евтин. – Тюмень: ТИУ, 2023. – 332 с. – Текст: непосредственный.

ISBN 978-5-9961-3150-1

В издании представлены тезисы докладов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Проблемы функционирования систем транспорта». В них изложены результаты исследовательских и опытно-конструкторских работ по широкому кругу вопросов, связанных с проектированием, сооружением и эксплуатацией систем транспорта и хранения углеводородов, эксплуатацией и ремонтом автомобильного транспорта, строительных и дорожных машин, механизацией и автоматизацией строительства, организацией и безопасностью дорожного движения. Также представлены работы по проблемам автомобильного, трубопроводного и технологического транспорта, направленные на повышение эффективности его эксплуатации, а также вопросам языковой подготовки инженеров транспорта. Издание предназначено для научных и инженерно-технических работников, аспирантов, магистрантов, студентов и бакалавров технических вузов, может быть интересно специалистам отраслевых предприятий. Статьи в сборнике представлены по секциям в алфавитном порядке (по фамилии автора). Материалы публикуются в авторской редакции.

УДК 656(062)

ББК 39.33-08

ISBN 978-5-9961-3150-1

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тюменский индустриальный
университет», 2023

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД НА ПРЕДМЕТ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ РОБОТИЗИРОВАННЫМИ ГОРНЫМИ МАШИНАМИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ ВЫРАБОТОК

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Аннотация. В статье проведен анализ существующих экспресс-методов определения прочности горных пород с целью оценки возможности их реализации роботизированными горными машинами, осуществляющими анкерное крепление выработок. Установлено, что наиболее целесообразными методами, доступными для реализации роботизированными горными машинами, являются методы, основанные на контактном разрушении горной породы в скважинах различными инденторами. Группа таких методов была разработана в Сибирском государственном индустриальном университете.

Abstract. The article analyzes the existing express methods for determining the strength of rocks in order to assess the possibility of their implementation by robotic mining machines that anchor workings. It has been established that the most appropriate methods available for implementation by robotic mining machines are methods based on contact destruction of rock in wells by various indentors. A group of such methods was developed at the Siberian State Industrial University.

Ключевые слова: экспресс-методы определения прочности, анкерное крепление выработок, горная порода, крепость горной породы, проведение горных выработок.

Keywords: express methods for determining strength, anchorage of workings, rock, rock fortress, mining operations.

Основу функционирования роботизированных систем составляют интеллектуальные алгоритмы мониторинга технологического процесса, осуществляемого автоматическими производственными агрегатами. Такие алгоритмы базируются на различных экспресс-методах определения свойств и состояния рабочей среды, с которой взаимодействует технологический автомат. Применительно к ведению проходческих горных работ, основным параметром, определяющим принятие технологических решений при анкерном креплении, являются сведения о прочностных свойствах горных пород в окрестности выработки. В этой связи выбор и обоснование экспресс-метода, на базе которого может быть построен алгоритм принятия горным роботом производственных решений при анкерном креплении, является актуальной научно-инженерной задачей.

В зарубежной практике наибольшее распространение в горном деле получили экспресс-методы определения прочностных свойств молотком Шмидта (Method for Determination of the Schmidt Hammer) [1, 2] и методом точечной нагрузки (Method for Determination of the Point Load Strength In-

dex of Rock) [3]. Эти методы являются общепризнанными и рекомендованы Международным обществом по механике горных пород (ISRM) [4].

Метод измерения молотком Шмидта (рис. 1) основан на определении ударного импульса, возникающего после воздействия бойка на горную породу с заданным усилием. Прочностные свойства исследуемой породы определяется по высоте отскока бойка, с помощью установленных градуировочных зависимостей [5]. Метод первоначально предназначался для определения прочностных свойств бетона, однако в настоящее время достаточно широко применяется для исследования горных пород [6, 7]. Помимо стандартов ISRM он также регламентируется нормативами Американского общества по испытанию материалов (ASTM) [8].



Рис. 1. Определение прочности бетона молотком Шмидта [9]

Следует отметить, что использование молотка Шмидта для определения предела прочности на сжатие скальных пород возможно только после тщательной тарировки используемого молотка для каждого вида пород, слагающих конкретное месторождение. При этом значительная неоднородность горных пород в сравнении с бетоном вносит большую погрешность в результаты измерения, в связи с чем полученные данные носят ориентировочный характер [10, 11]. В этой связи использование такого метода в качестве основы для построения автоматической системы измерения технологических показателей в горном роботе не представляется целесообразным.

Метод точечной нагрузки реализуется раздавливанием образцов между конических пуансонов с фиксацией усилия, необходимого для их разрушения (рис. 2). В соответствии с рекомендациями Международного общества по механике горных пород, метод может применяться при испытаниях кернов диаметральной или аксиальной приложением нагрузки, а

также при испытаниях образцов блочной или кусковой формы. Результатом испытаний является индекс прочности горных пород, на основании которого по корреляционной зависимости становится возможным вычисление предела прочности на одноосное сжатие [12]. Метод точечной нагрузки также регламентируется стандартом Американского общества по испытанию материалов под номером D 5731 – 95.



Рис. 2. Определение прочности горной породы методом точечной нагрузки [13]

Следует отметить, что использование метода Poin-Load-Test для определения прочностных свойств горных пород в окрестности выработки возможно лишь на кернах. При этом требуется произвести их выбуривание из массива, а также учитывать слоистую структуру осадочных пород в угольных шахтах. Все эти сложности не позволяют использовать метод для решения задач по анкерному креплению горных выработок в угольных шахтах роботизированными техническими средствами.

В отечественной горной практике наибольшее распространение в настоящее время получили следующие экспресс-методы определения прочностных свойств горных пород: метод определения коэффициента крепости по ГОСТ 21153.1-75 и метод определения контактной прочности по ГОСТ Р 50834-95.

Метод определения коэффициента крепости горных пород по ГОСТ 21153.1-75 реализуется посредством специального прибора ПОК-1 (рис. 3). Проведение испытаний заключается в разрушении образца горной породы

сбрасыванием гири с дальнейшим просеиванием образовавшейся фракции. Крепость породы определяется на основании объема фракции диаметром 0,5 мм. Реализация данного метода горным роботом требует проведения множества технологических операций. В связи с этим использование такого метода для задачи, рассматриваемой в настоящей статье, не является целесообразным.

Определение контактной прочности по ГОСТ Р 50834-95 осуществляется вдавливанием в горную породу двух инденторов из твердого сплава с плоскими круглыми основаниями. Диаметр контактной поверхности инденторов составляет 1 и 3 мм. Контактную прочность определяют на основании значений разрушающей силы, полученной при вдавливании инденторов.



Рис. 3. Прибор ПОК-1 для определения крепости горной породы методом толчения по ГОСТ 21153.1-75

Метод предусматривает возможность проведения исследований вдавливанием индентора в стенку скважины и таким образом обеспечивает оперативные измерения в окрестностях выработки посредством бурения исследовательских скважин. Совершенствование этого метода было осуществлено сотрудниками Института угля СО РАН [12] посредством применения индентора со сферической контактной поверхностью. Использование индентора такой формы устраняет появляющийся концентратор напряжений, возникающий при контакте плоской поверхности индентора

в соответствии с ГОСТ Р 50834-95 и стенки скважины. Для реализации метода было разработано специальное устройство, названное «Пинометр» (рис. 4) [14].



Рис. 4. Устройство «Пинометр» [15]

Применение устройства «Пинометр» горным роботом не представляет значительных трудностей, так как погружение прибора в исследовательскую скважину может осуществляться посредством механического манипулятора. При этом наиболее целесообразной формой контактной поверхности индентора, по мнению авторов статьи, является цилиндрическая поверхность. Группа методов с такими инденторами была разработана доцентом В. А. Корнеевым совместно с профессором Л. Т. Дворниковым в Сибирском государственном индустриальном университете [16, 17]. В настоящий момент научным коллективом осуществляется экспериментальное построение корреляционной зависимости, связывающей усилие при разрушении горной породы индетором с ее пределом прочности на одноосное сжатие.

Список литературы

1. Aydin, A. ISRM Suggested Method for Determination of the Schmidt Hammer Rebound Hardness: Revised Version / A. Aydin // International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. – 2009. Volume 46. – pp. 627-634. -Text: electronic.
2. ISRM Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. Suggested Methods for Determining Hardness and Abrasiveness of Rocks / A. Aydin // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. – 1978. Volume 15. – pp. 89-97. – Text: electronic.

3. ISRM Commission on Testing Methods. Working Group on Revision of the Point Load Test Method. Suggested Methods for Determining Point Load Strength / A. Aydin // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. – 1985. Volume 22. – pp. 51-60. – Text: electronic.
4. International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering : [сайт]. – URL : <https://www.isrm.net/> (дата обращения: 02.10.2022). – Текст : электронный.
5. Wang, M. A new empirical formula for evaluating uniaxial compressive strength using the Schmidt hammer / M. Wang, W. Wan // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2019. – Volume 123. – p. 1-11. – Text: electronic.
6. Aydin, A. The Schmidt hammer in rock material characterization / V. A. Aydin, A. Basu // Engineering Geology. – 2005. – Volume 81. – Issue 1. – p. 1-14. – Text: electronic.
7. Прокопов, А. Ю. Аprobация и оценка точности неразрушающего экспресс-метода определения прочностных свойств породного массива в условиях реконструкции Рокского тоннеля / А. Ю. Прокопов, Ю. А. Гергарт // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2015. – № 4. – С. 101-107. – Текст: непосредственный.
8. Харисов, Т. Ф. Оценка предела прочности серпентинитов на сжатие с использованием регрессионного анализа / Т. Ф. Харисов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2021. – № 1. – С. 45-53. – Текст: непосредственный.
9. Проинструмент : Молоток Шмидта : [сайт]. – URL : <https://proinstrumentinfo.ru/molotok-shmidta-doverayaj-no-proveryaj/> (дата обращения: 02.10.2022). – Текст : электронный.
10. Харисов, Т. Ф. Оценка предела прочности пород в образце с использованием молотка Шмидта / Т. Ф. Харисов // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2020. – Вып. 4. – С. 304-314. – Текст: непосредственный.
11. Харисов, Т. Ф. О проблемах экспресс-метода определения прочности горных пород / Т. Ф. Харисов, А. А. Панжин, О. Д. Харисова // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2019. – № 7. – С. 86-91. – Текст: непосредственный.
12. Singh, V. K. Correlation between point load index and compressive strength for quartzite rocks / V. K. Singh, D. P. Singh // Geotechnical and Geological Engineering. – 1993. Volume 11. – pp. 269-272. – Text: electronic.
13. Девингео : лабораторные испытания : [сайт]. – URL : <https://devingeo.com/home/projects/geotechnical/site-investigation/laboratory-testing/> (дата обращения: 03.10.2022). – Текст : электронный.
14. Ануфриев, В. Е. Экспресс-метод определения прочностных и деформационных свойств пород / В. Е. Ануфриев, Н. Ф. Денискин, В. Н. Федоринин, В. Н. Цыцаркин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 2. – С. 36-77. – Текст : электронный.
15. Абрамов И. Л. Совершенствование средств оперативного измерения контактной прочности горных пород приконтурной зоны массива / И. Л. Абрамов, А. Е. Майоров // Вестник НЦ ВостНИИ. 2018. № 4. С. 74-79. – Текст : электронный.
16. Патент № 2686783 РФ, МПК E21C39/00. Способ определения сопротивляемости горных пород хрупкому разрушению / Л. Т. Дворников, В. А. Корнеев. – № 2018114343 ; заявл. 18.04.2018 ; опубл. 30.04.2019, Бюл. № 13.
17. Патент № 2731746 РФ, МПК E21C39/00. Способ определения сопротивляемости горных пород механическому разрушению / В. А. Корнеев. – № 2019124165 ; заявл. 25.07.2019 ; опубл. 08.09.2020, Бюл. № 25.

Научный руководитель: Корнеев В. А., канд. техн. наук, доцент.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАПЕРЕВОЗОК..	75
Вялых В. В., Рыжков В. В.	
ЛЕТАЮЩИЕ КРАНЫ	77
Кулебакин И. И., Корнеева Д. И., Корнеев В. А.	
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД НА ПРЕДМЕТ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ РОБОТИЗИРОВАННЫМИ ГОРНЫМИ МАШИНАМИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ ВЫРАБОТОК.....	80
Садубов А. М., Соловьев В. С., Москвин П. А.	
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МАШИНЫ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ	86
Русмиленко А. К., Егоров А. Л., Возжаев И. А., Егоров М. А.	
ОБЗОР РАЗВИТИЯ СНЕГОУПЛОТНЯЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ, ИСПОЛЪЗУЕМОГО ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОЗИМНИКОВ.....	89
Савицкий Д. Н.	
РАСПОЗНАВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ДОРОЖНОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....	92
Хренов М. А., Григорьев П. А.	
РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ПРИВОДОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	95
Шкодюк В. И., Григорьев П. А.	
ОПТИМИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА ОТКРЫВАНИЯ ДВЕРЕЙ ЛИФТА С УЧЁТОМ ВЕСОГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДА.....	98
СЕКЦИЯ 3. ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОЙ ТЕХНИКИ. ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН	
Гарипов С. Г.	
ПРИМЕНЕНИЕ ТЯГОВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ	101
Головин Ю. А., Карх В. А., Кулис Ч. О.	
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ НА ОСНОВЕ VI-СИСТЕМ.....	104
Гуськов А. А., Щербаков С. А.	
ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ-ТАКСИ.....	106
Землянов М. С.	
КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ ТРАНСФОРМАЦИИ УСЛУГ АВТОСЕРВИСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА КЛИЕНТОВ НА МОДЕЛЬ БЕРЕЖЛИВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ.....	111