

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Администрация Правительства Кузбасса
Администрация г. Новокузнецка
Институт проблем управления им. Трапезникова РАН
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2022**

**ТРУДЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
(с международным участием)**

15-16 декабря 2022 г.

**Новокузнецк
2022**

УДК 658.011.56
С 409

Редакционная коллегия:

д.т.н., проф. В.В. Зимин (ответственный редактор),
д.т.н., проф. С.М. Кулаков, д.т.н., проф. В.Ю. Островлянчик,
д.т.н., проф. Л.Д. Павлова, д.т.н., доц. И.А. Рыбенко,
к.т.н., доц. В.И. Кожемяченко (технический редактор).

С 409 Системы автоматизации (в образовании, науке и производстве) AS'2022: труды Всероссийской научно–практической конференции (с международным участием), 15-16 декабря 2022 г. / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. В.В. Зимина. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2022. – 632 с.

ISBN 978-5-7806-0583-6

Труды конференции посвящены научным и практическим вопросам в области современных систем автоматизации и информатизации учебных, исследовательских и производственных процессов. Представлены результаты исследования, разработки и внедрения методического, математического, программного, технического и организационного обеспечения систем автоматизации и информационно-управляющих систем в различных сферах деятельности.

Сборник трудов ориентирован на широкий круг исследователей, научных работников, инженерно-технический персонал предприятий и научно-исследовательских лабораторий, преподавателей вузов, аспирантов и обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры.

УДК 658.011.56

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2022

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД НА ПРЕДМЕТ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В РОБОТИЗИРОВАННЫХ ГОРНЫХ МАШИНАХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ ВЫРАБОТОК

Кулебакин И.И., Корнеева Д.И., Корнеев В.А.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия, korneev_va@list.ru; uchebasibgiu@gmail.com

***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.*

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

***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.*

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

Метод измерения молотком Шмидта (рисунок 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].

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 и полученные данные носят ориентиро-

вочный 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.



Рисунок 1 – Определение прочности бетона молотком Шмидта [9]

Метод точечной нагрузки реализуется раздавливанием образцов между конических пуансонов с фиксацией усилия, необходимого для их разрушения (рисунок 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.



Рисунок 2 – Определение прочности горной породы методом точечной нагрузки [13]

Следует отметить, что использование метода Point-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 (рисунок 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.



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

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.

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 [14] 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» (рисунок 4) [15].

Применение устройства «Пинометр» и аналогичных по принципу действия приборов горным роботом не представляет значительных трудностей, так как погружение прибора в исследовательскую скважину может осуществляться посредством механического манипулятора. Однако, следует отметить, что разработчики устройства «Пинометр» так и не предложили корреляционной зависимости, связывающей параметры разрушения горной породы с ее прочностью. Кроме того, индентор, используемый в приборе «Пинометр», обладает значительным диаметром (10 мм) [16]. Это затрудняет использовать прибор для определения прочности особо крепких горных пород.

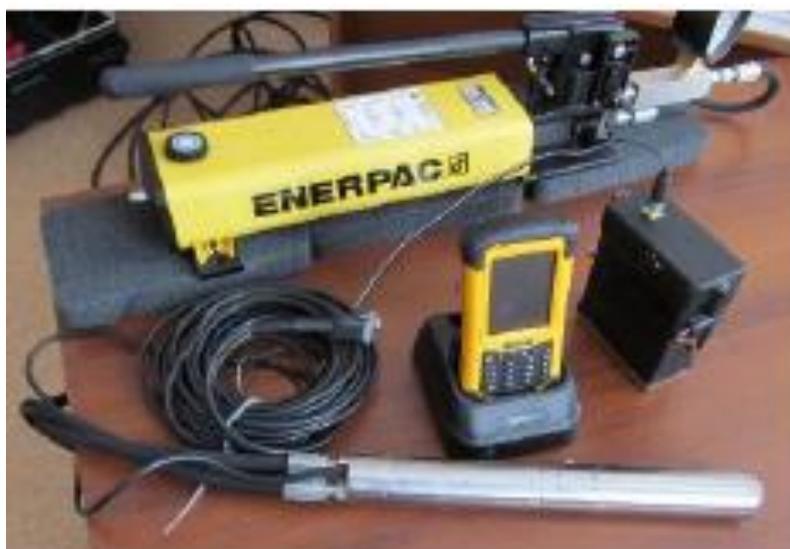


Рисунок 4 – Устройство «Пинометр» [15]

Сложившаяся ситуация актуализирует разработку нового экспресс-метода определения прочности горных пород, базирующегося на вдавливании индентора в стенку скважины, обеспечивающего проведение измерений в особо крепких горных породах и доступного для реализации горными роботизированными машинами. Работы по этому направлению осуществляются коллективом сотрудников Сибирского государственного индустриального университета.

Библиографический список

1. Aydin, A. ISRM Suggested Method for Determination of the Schmidt Hammer Rebound Hardness: Revised Version [Text] / A. Aydin // International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. – 2009. Volume 46. – pp. 627 – 634.
2. ISRM Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. Suggested Methods for Determining Hardness and Abrasiveness of Rocks [Text] // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. – 1978. Volume 15. – pp. 89 – 97.
3. ISRM Commission on Testing Methods. Working Group on Revision of the Point Load Test Method. Suggested Methods for Determining Point Load Strength [Text] // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. – 1985. Volume 22. – pp. 51 – 60.
4. International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.isrm.net/>. – Загл . с экрана.
5. Wang, M. A new empirical formula for evaluating uniaxial compressive strength using the Schmidt hammer test [Text] / M. Wang, W. Wan // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2019. Volume 123. – p. 1 – 11.
6. Aydin, A. The Schmidt hammer in rock material characterization [Text] / V A. Aydin, A. Basu // Engineering Geology. – 2005. Volume 81 – Issue 1. – p. 1 – 14.
7. Прокопов, А. Ю. Апробация и оценка точности неразрушающего экспресс-метода определения прочностных свойств породного массива в условиях реконструкции Рокского тоннеля [Текст] / А. Ю. Прокопов, Ю. А. Гергарт // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2015. – № 4. – С. 101- 107.
8. Харисов, Т. Ф. Оценка предела прочности серпентинитов на сжатие с использованием регрессионного анализа [Текст] / Т. Ф. Харисов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2021. – № 1. – С. 45 – 53.

9. Проинструмент : Молоток Шмидта : [сайт]. – URL : <https://proinstrumentinfo.ru/molotok-shmidta-doveruyaj-no-proveryaj/> (дата обращения: 02.10.2022). – Текст : электронный.
10. Харисов, Т. Ф. Оценка предела прочности пород в образце с использованием молотка Шмидта [Текст] / Т. Ф. Харисов // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2020. – Вып. 4. – С. 304 – 314.
11. Харисов, Т. Ф. О проблемах экспресс-метода определения прочности горных пород [Текст] / Т. Ф. Харисов, А. А. Панжин, О. Д. Харисова // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2019. – № 7. – С. 86 – 91.
12. Singh, V. K. Correlation between point load index and compressive strength for quartzite rocks [Text] / V. K. Singh, D. P. Singh // Geotechnical and Geological Engineering. – 1993. Volume 11. – pp. 269 – 272.

УДК 681.58

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ЭКСКАУСТЕРОВ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ФАБРИКИ

Куликов Е.С.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия, kulikov020400@mail.ru*

***Аннотация.** В статье приведено описание автоматизированной системы вибродиагностики эксгаустеров агломерационной фабрики. Система позволит повысить оперативность и эффективность контроля технических параметров, обеспечивающих нормальное функционирование агрегатов, отключения их в случае превышения предельно допустимых значений. Техническая структура системы реализована на базе контроллера SIMATIC S7-300.*

***Ключевые слова:** АСУТП, вибродиагностика, автоматический контроль, агломашини.*

***Abstract.** The article describes the automated system of vibration diagnostics of agglomeration factory exhausters. The system will increase the efficiency and effectiveness of monitoring the technical parameters that ensure the normal operation of the units, turning them off in case of exceeding the maximum permissible values. The technical structure of the system is implemented based on the SIMATIC S7-300 controller.*

***Keywords:** automated control system, vibration diagnostics, automatic control, sintering machines.*

Проектирование АСУ ТП (автоматизированной системы управления техническими процессами) необходимо для улучшения качественных и количественных показателей работы промышленных компаний. Внедрение процесса позволяет обеспечить полный контроль производственных циклов, как отдельного подразделения, так и всего завода. Высокая актуальность АСУ ТП отмечается в отраслях со сложными техпроцессами и где сбой работы комплекса приводят к значительным финансовым потерям.

Объектами автоматизации являются точки и узлы измерения текущих параметров агрегатов каждого эксгаустера (контроль вибрации и температуры опорных подшипников, контроль температуры и давления системы водяного охлаждения, контроль температуры и давления системы смазки, контроль температуры силовых установок).

Эксгаустер – главный агрегат агломерационного производства, представляет собой вентилятор (насос), основной задачей которого является удаление дымовых газов, паров и других вредных примесей из воздуха.

Ротор эксгаустера устанавливают в центробежный нагнетатель, предназначенный для установки в тракте газоочистки на агломерационных и обжиговых фабриках, в мартеновских и конверторных цехах.

Эксгаустер создает разрежение и удаляет газообразные продукты сгорания из вакуум-камер машины через дымовую трубу. Затем в газоочистительном устройстве газового коллектора происходит очистка продуктов сгорания от агломерата и пыли.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Спирин Н.А., Лавров В.В., Павлов А.В., Гурин И.А., Федотов Г.А.

Интегрированная автоматизированная информационно-моделирующая система анализа и прогнозирования параметров работы комплекса доменных печей 3

Бурков В.Н., Буркова И.В.

Метод сетевого программирования в задачах управления 9

Жилина Н.М., Чеченин Г.И., Херасков В.Ю.

Медицинская демография в сравнении показателей России и Новокузнецка..... 15

Кизилов С.А., Баловнев Е.А., Черкасов П.В., Никитенко М.С., Худогов Д.Ю., Попинако Я.В.

Подходы к автоматизированной оценке объема и состава горной массы в процессе выпуска угля на забойный конвейер 20

Поползин И.Ю., Маршев Д.А.

Анализ режимов работы электропривода подъемной установки, построенного на основе машины двойного питания 25

СЕКЦИЯ 1. Системы автоматизации производственного, исследовательского и учебного назначения

Спирин Н.А., Федотов Г.А., Истомин А.С., Щипанов К.А.

Количественные критерии и алгоритмы расчета для оценки диагностики режима работы доменной печи 32

Темнохудов Д.Р., Кулаков С.М.

О формировании оптимальных раскройных планов на участке отделки 25-метровых рельсов..... 37

Трофимов В.Б.

Распознавание состояния доменной плавки на основе нейросетевых технологий 42

Саидмуродов Б.Р., Лавров В.В., Гурин И.А.

Проектирование и программная реализация интеллектуальной системы анализа температуры холодильников системы охлаждения доменной печи 56

Лавров В.В., Гурин И.А., Спирин Н.А.

Применение в образовательной деятельности гибкой методологии разработки программного обеспечения информационных систем..... 61

Сулимова А.А., Симилова А.А., Чичерин И.В.

Программно-аппаратный комплекс автоматизированной системы управления радиальным сгустителем на основе концепции пространства состояний и вейвлет-преобразований при неполной информации о технологических параметрах..... 68

Койнов Р.С., Кулаков С.М., Тараборина Е.Н.

О разработке моделирующего комплекса для исследования эффективности механизмов прецедентного управления 74

<i>Веровкин В.И., Игушев В.Ф., Веровкин С.В.</i>	
Конструкторско-технологические меры повышения стойкости стальных обшивок судов к электрохимической коррозии	79
<i>Худоногов Д.Ю., Ефременкова М.В., Никитенко М.С., Кизилов С.А.</i>	
Система контроля качества масла в режиме реального времени эксплуатации агрегатов в полевых и лабораторных условиях	90
<i>Каменная А.В., Кизилов С.А., Никитенко М.С., Худоногов Д.Ю.</i>	
Методы экспресс-анализа состава газовой среды при проведении подземной добычи угля.....	95
<i>Gusev S.S.</i>	
Construction of a modified algorithm for identifying a dynamic control object based on experimental data from VVER-440 and VVER-1000 reactor models	98
<i>Кулебакин И.И., Корнеева Д.И., Корнеев В.А.</i>	
Анализ существующих экспресс-методов определения прочности горных пород на предмет возможности их применения в роботизированных горных машинах при проведении анкерного крепления выработок	109
<i>Куликов Е.С.</i>	
Разработка автоматизированной системы вибродиагностики эксгаустеров агломерационной фабрики.....	113
<i>Гольцев В.А., Киселев Е.В., Дудко В.А., Ершов А.К.</i>	
Моделирование системы принудительного удаления газопылевой смеси из помещения плавильного цеха.....	117
<i>Гуторова Е.А.</i>	
Современные технологии автоматизации в управлении буровзрывными работами.....	123
<i>Сазонова Г.А.</i>	
Стабилизация параметров газовой смеси на отопление нагревательных печей	128
<i>Спирidonov В.В., Прохоров И.М., Михайлова О.В.</i>	
Прикладные задачи использования имитационных моделей технологических процессов автоматизированных производств	132
<i>Шабля Ю.В., Кручинин Д.В.</i>	
Автоматизация генерации и проверки математических задач с помощью системы STACK в Moodle LMS.....	135
<i>Шикова А.А., Федосова Л.О., Золотов А.В., Лукоянов А.В.</i>	
Моделирование и разработка комплексного программного обеспечения для пневматического стенда под управлением отечественным ПЛК	139
<i>Kukolev A.A., Piotrovsky D.L., Podgorny S.A., Spitsyn V.V.</i>	
Particle swarm optimization method software algorithm for complex control system dynamic link approximation with second order aperiodic link	145
<i>Билецкая Д.А., Дворянчиков М.В.</i>	
Сентимент-анализ: классификация текстов по эмоциональной окраске	152
<i>Таскабулов Г.Р., Белый А.М.</i>	
Разработка автоматизированной online - системы консультирования на базе электронного мессенджера Telegram.....	155