

УДК 622.333:331.46

Статья / Article

© ПНИПУ / PNRPU, 2017

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**А.Б. Тряпицын, И.Т. Абдуллоев, А.И. Сидоров**

Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)  
(454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 76)

## ANALYSIS OF POSSIBILITIES TO REDUCE THE RATE OF ACCIDENTS IN COAL INDUSTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Aleksandr B. Tryapitsyn, Ilhom T. Abdulloev, Aleksandr I. Sidorov**

South Ural State University (National Research University) (76 Lenina st., Chelyabinsk, 454080, Russian Federation)

Получена / Received: 08.09.2017. Принята / Accepted: 11.10.2017. Опубликована / Published: 01.12.2017

### Ключевые слова:

уголь, разрез, карьер, шахта, экскаватор, травма, нулевой травматизм, электротравма, электрический ток, средства защиты, защитное заземление, автоматический контроль, напряжение шага, напряжение прикосновения, сопротивление защитного заземления, заземляющие проводники.

Оценивается динамика развития уголедобычи в мире и Российской Федерации, анализируется травматизм при добыче угля. Предметом исследования является угольная отрасль Российской Федерации. Цель исследования – выявить возможные пути повышения безопасности персонала, работающего в угольной отрасли Российской Федерации. Задачи исследования: выявить перспективные направления развития угольной отрасли; провести анализ травматизма в угольной отрасли Российской Федерации; провести сравнительный анализ уровня безопасности при добыче угля в Российской Федерации и других промышленно развитых странах мира; выявить основные причины травматизма в угольной отрасли Российской Федерации; провести анализ имеющихся средств защиты персонала угольной отрасли Российской Федерации от электрического тока и выявить возможности их совершенствования. Методы исследования: анализ статистической информации о добыче угля в Российской Федерации и в мире; патентный поиск устройств, обеспечивающих защиту работников угольной отрасли от воздействия электрического тока.

В статье отмечается, что уровень травматизма при подземной добыче угля в Российской Федерации существенно выше, чем при добыче угля в угольных разрезах. Отмечено, что объемы подземной добычи угля в Российской Федерации за последние годы почти не изменяются, а объемы добычи угля открытым способом растут. Выявлены основные причины травматизма в угольной отрасли Российской Федерации, подробно рассмотрены случаи электротравматизма, проанализированы основные технические средства, обеспечивающие защиту человека от воздействия электрического тока при добыче угля в угольных разрезах. Проведен патентный поиск существующих устройств контроля непрерывности заземляющего провода в электроустановках, которые используются для добычи угля открытым способом. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования устройств обеспечения электробезопасности в угольной отрасли.

### Key words:

coal, section, quarry, mine, excavator, accident, zero accident, electric accident, electric current, protective means, protective grounding, automatic control, step voltage, touch voltage, protective grounding resistance, grounding conductors.

The dynamics of coal mining development in the world and Russian Federation is estimated. Incident rates in coal mining is analyzed. The subject of the study is the coal industry of the Russian Federation. The purpose of the study is to identify possible ways to improve the safety of personnel working in the coal industry of the Russian Federation. The research objectives are as follows: to identify promising directions for development of the coal industry; to conduct an analysis of incidents in the coal industry of the Russian Federation; to conduct a comparative analysis of the level of safety in coal mining in the Russian Federation and other industrialized countries; to identify the main causes of injuries in the coal industry of the Russian Federation; to analyze the available means of protecting the personnel of the coal industry of the Russian Federation from electricity and identify opportunities for their improvement. The research methods are as follows: analysis of statistical information on coal mining in the Russian Federation and world; patent search for devices that protect workers of the coal industry from effects of electricity.

The papers refers that the level of accidents in underground coal mining in the Russian Federation is significantly higher than in coal mining in coal sections. It is noted that the amount of underground coal mining in the Russian Federation have not changed in recent years, and the volume of open-pit coal mining is growing. The main causes of accidents in the coal industry of the Russian Federation are identified. The cases of accidents from electricity are considered in detail. The main technical means ensuring protection of a person from electric shock during coal mining in coal mines are analyzed. A patent search for existing devices for monitoring the continuity of the ground wire in electrical installations which are used for the extraction of coal by the open method is carried out. The results obtained can be used to improve devices for ensuring electrical safety in the coal industry.

**Тряпицын Александр Борисович** – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности (тел.: +007 351 267 97 54, e-mail: [tryapitsyn@mail.ru](mailto:tryapitsyn@mail.ru)). Контактное лицо для переписки.

**Абдуллоев Илхом Толибджонович** – аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности (тел.: +007 351 267 99 55, e-mail: [bgd-susu@mail.ru](mailto:bgd-susu@mail.ru)).

**Сидоров Александр Иванович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности (тел.: +007 351 267 94 49, e-mail: [bgd-susu@mail.ru](mailto:bgd-susu@mail.ru)).

**Aleksandr B. Tryapitsyn** (Author ID in Scopus: 14066913200) – PhD in Engineering, Associate Professor at the Department of Life Safety (tel.: +007 351 267 97 54, e-mail: [tryapitsyn@mail.ru](mailto:tryapitsyn@mail.ru)). The contact person for correspondence.

**Ilhom T. Abdulloev** – PhD student at the Department of Life Safety (tel.: +007 351 267 99 55, e-mail: [bgd-susu@mail.ru](mailto:bgd-susu@mail.ru)).

**Aleksandr I. Sidorov** (Author ID in Scopus: 57169723300) – Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Life Safety (tel.: +007 351 267 94 49, e-mail: [bgd-susu@mail.ru](mailto:bgd-susu@mail.ru)).

## Введение

Доля угля в мировой энергетике очень велика (рис. 1) [1], что обусловлено увеличивающимися потребностями в электроэнергии, прежде всего в Китае, который является крупнейшим импортером угля. Потребление угля в мире в 2015 г. составило 7,7 млрд т (63,9 % к уровню 2000 г.), однако по сравнению с 2014 г. снизилось на 2,7 %. Азия является основным регионом мира по потреблению угля – 69 %, страны бывшего СССР на четвертом месте – 4,9 % от общемирового потребления [2]. Уголь остается самым экономичным топливом в ряде стран. Например, по официальным данным Института энергетической экономики Японии, уголь в 2006 г. был самым эффективным видом топлива для производства электроэнергии. В среднем стоимость угля составила 1,15 иены на 1000 ккал по сравнению с 3,29 иены при использовании сжиженного природного газа и 4,49 иены при сжигании мазута [3]. Следует отметить, что Китай является лидером по объемам угледобычи в мире (рис. 2) [4].

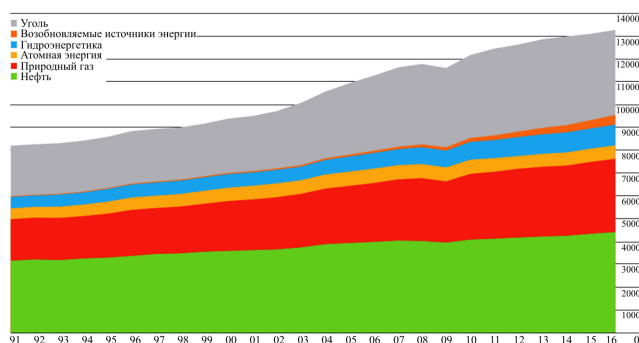


Рис. 1. Динамика мирового потребления энергоресурсов, млн т нефтяного эквивалента, с 1991 по 2016 г.

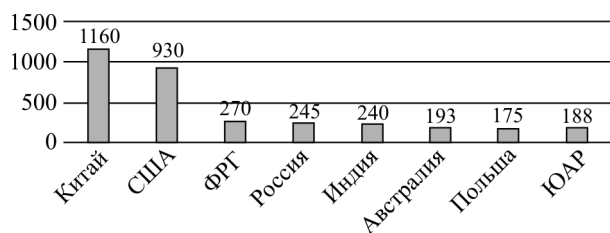


Рис. 2. Объемы добычи угля в мире, млн т/г

Несмотря на бурное развитие альтернативной энергетики, ее доля в общем энергобалансе остается незначительной, основную же долю электроэнергии человечество получает от использования традиционных источников энергии: нефти, газа, угля [1].

Уголь добывают в разных регионах мира. Исключение – бедные углем страны Латинской

Америки, доля которых в мировой добыче угля крайне мала. Самые крупные по добыче угольные бассейны мира – Аппалачский (США), Рурский (ФРГ), Верхне-Силезский (Польша), Донецкий (Украина), Кузнецкий и Печорский (Россия), Карагандинский (Казахстан), Фушунский (Китай) [4].

## Статистические данные о травматизме в угольной отрасли

Добыча угля в нашей стране и во всем мире сопровождается значительным травматизмом. На рис. 3 представлена динамика уровня смертельного травматизма при добыче угля в России, Китае, США и на Украине [5].

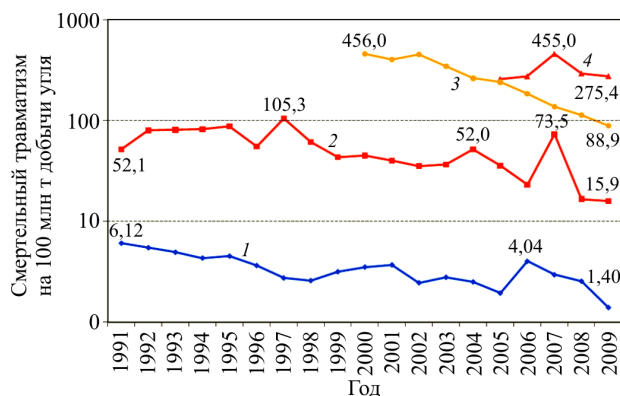


Рис. 3. Динамика уровня смертельного травматизма при добыче угля в США (1), России (2), Китае (3) и на Украине (4)

Рассматривая вопросы стратегического планирования на угольных предприятиях Российской Федерации, следует отметить, что в последнее время ряд ведущих организаций реализует корпоративные программы, близкие по идее к программам «нулевого травматизма». Например, ОАО «Объединенная угольная компания «Южкзбассуголь», входящая в компанию «Евраз», ставит перед собой цель «ноль смертельных несчастных случаев и случаев тяжелого травматизма». В компании наблюдалось поквартальное снижение травматизма [6].

Для снижения количества несчастных случаев в Евросоюзе с начала XXI века активно реализуются программы «нулевого травматизма». Результаты успешного внедрения корпоративных программ «нулевого травматизма» на предприятиях Евросоюза изложены в [7–13]. О трудностях быстрого и успешного внедрения программ в организациях угольной промышленности косвенно могут свидетельствовать данные статистической службы Европейского союза (Eurostat) о несчастных случаях в организациях, осуществляющих добычу каменного и бурого угля (табл. 1) [6].

Таблица 1

Динамика количества несчастных случаев и смертельных несчастных случаев в организациях, добывающих каменный и бурый уголь, в странах Евросоюза

| Страна         | Год               |                               |                   |                               |                   |                               |                   |                               |                   |                               |
|----------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|
|                | 2009              |                               | 2010              |                               | 2011              |                               | 2012              |                               | 2013              |                               |
|                | несчастный случай | смертельный несчастный случай | несчастный случай | смертельный несчастный случай | несчастный случай | смертельный несчастный случай | несчастный случай | смертельный несчастный случай | несчастный случай | смертельный несчастный случай |
| Испания        | 2624              | 2                             | 256               | 1                             | 1798              | 6                             | 1690              | 1                             | 1372              | 6                             |
| Германия       | 558               | 0                             | 520               | 0                             | 430               | 1                             | 272               | 2                             | 297               | 1                             |
| Словакия       | 7                 | 0                             | 0                 | 0                             | 1                 | 0                             | 0                 | 0                             | 203               | 1                             |
| Великобритания | 290               | 3                             | 224               | 1                             | 282               | 6                             | 271               | 0                             | 157               | 0                             |
| Румыния        | 281               | 4                             | 241               | 1                             | 182               | 7                             | 159               | 3                             | 111               | 0                             |
| Словения       | 117               | 0                             | 115               | 0                             | 78                | 0                             | 110               | 0                             | 89                | 0                             |
| Венгрия        | 2                 | 0                             | 3                 | 0                             | 2                 | 0                             | 1                 | 0                             | 84                | 0                             |
| Болгария       | 61                | 3                             | 62                | 1                             | 68                | 1                             | 59                | 1                             | 63                | 7                             |
| Италия         | 42                | 0                             | 45                | 0                             | 25                | 0                             | 39                | 0                             | 34                | 0                             |
| Финляндия      | 0                 | 0                             | 0                 | 0                             | 18                | 0                             | 0                 | 0                             | 32                | 0                             |
| Норвегия       | 128               | 0                             | 28                | 0                             | 140               | 0                             | 100               | 0                             | 24                | 2                             |
| Чехия          | 543               | 1                             | 449               | 2                             | 516               | 7                             | 17                | 5                             | 0                 | 0                             |
| Польша         | 2266              | 36                            | 2201              | 15                            | 1930              | 18                            | 1766              | 16                            | 1571              | 8                             |

Высокий уровень травматизма стимулирует исследователей к разработке новых технических средств и организационных мероприятий, направленных на повышение безопасности в процессе угледобычи. Одним из самых перспективных технических мероприятий является закрытие проблемных шахт. Следует отметить, что правительство Великобритании отказалось от подземного способа добычи угля в 2015 г., Германия также планирует отказаться от подземной добычи угля уже в первой половине XXI в., правительство Китая экономически стимулирует закрытие проблемных шахт, в нашей стране за последние 25 лет было закрыто несколько десятков шахт. Таким образом, можно заключить, что общемировая тенденция состоит в постепенном отказе от добычи угля в шахтах и увеличении доли угля, добываемого открытым способом.

В 2016 г. добыча угля в России осуществлялась в 58 угольных шахтах и 258 разрезах, при этом 20 наиболее производительных угольных шахт давали 60 % угля, добываемого подземным способом, а 20 разрезов – до 55 % угля, добываемого открытым способом [14]. Как видно из рис. 4, доля угля, добываемого открытым способом, имеет тенденцию к росту [15–23].

В 2015 г. основные виды происшествий при угледобыче, как и в прежние годы, таковы: воздействие машин и механизмов (21,7 % от общего числа полученных травм, 28,1 % всех смертельных случаев); падение предметов, техники (11,5 % общего травматизма, 3,1 %

смертельного); падение пострадавшего с высоты (11,0 % общего травматизма, 6,3 % смертельного); обвалы и обрушения горных пород (11,0 % общего травматизма, 21,9 % смертельного); происшествия на наземном транспорте (10,7 % общего травматизма, 21,9 % смертельного) [14].

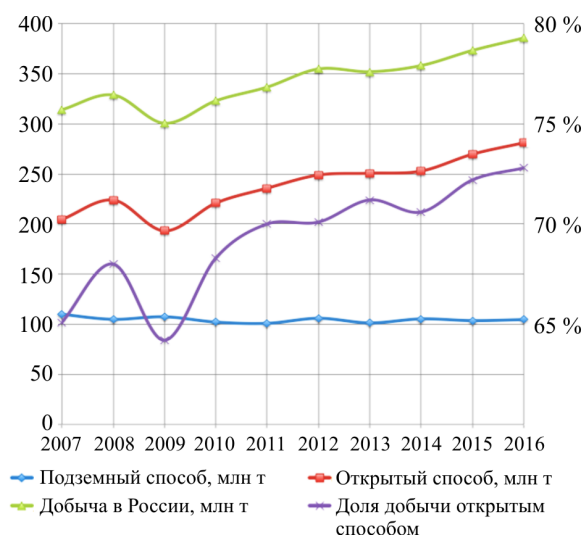


Рис. 4. Объемы добычи угля в РФ в 2007–2016 гг.

Наиболее частыми организационными причинами травм в 2015 г., как и в предыдущие годы, остаются: неудовлетворительная организация труда, в результате которой пострадало 138 человек, 12 из них погибли; нарушение трудовой и производственной дисциплины (75 несчастных случаев, из них

3 смертельных); неудовлетворительное содержание рабочих мест (51 случай, 1 смертельный); нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств (49 случаев, 5 смертельных); нарушение технологического процесса (35 случаев, 2 смертельных) [14].

Число травмированных по техническим причинам в 2015 г. снизилось по сравнению с 2014 г.: при эксплуатации неисправных машин, механизмов, оборудования – с 14 до 9 человек (в 1,6 раза); из-за несовершенства технологического процесса – с 11 до 5 человек (в 2,2 раза); по причине неудовлетворительного технического

состояния зданий, сооружений, территории – с 31 до 14 человек (в 2,2 раза). Увеличилось (с 7 до 11) количество работников, травмированных из-за конструктивных недостатков, несовершенства, недостаточной надежности машин, механизмов, оборудования [14].

В 2015 г. не было травм, вызванных взрывами, вспышками газа и угольной пыли, а также затоплениями и прорывами воды [14].

Статистические данные о динамике поражения электрическим током работников угольной отрасли РФ, собранные нами, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Динамика электротравматизма в угольной отрасли РФ

| Отчетный год | Всего несчастных случаев | В том числе смертельных несчастных случаев | Всего несчастных случаев, в том числе по причине неприменения средств коллективной защиты | В том числе смертельных несчастных случаев по причине неприменения средств коллективной защиты |
|--------------|--------------------------|--|---|--|
| 2011         | 11                       | 2  | 2   | 1  |
| 2012         | 20                       | 6  | 6   | 2  |
| 2013         | 12                       | 6  | 5   | 2  |
| 2014         | 17                       | 6  | 4   | 2  |
| 2015         | 9                        | 1  | 4   | 1  |

Как видно из табл. 2, количество электропоражений в угольной отрасли относительно невелико, однако до половины их заканчивается гибелью пострадавшего. Относительно велика доля смертельных несчастных случаев, причиной которых послужило неприменение средств коллективной защиты.

Рассмотрим некоторые случаи электропоражения более подробно.

Электромонтер проверял напряжение панели переменного тока двигателей обдува главных приводов на экскаваторе ЭШ-10/70 с помощью клещей электроизмерительных АРРА-АЗД. При этом произошло короткое двухфазное замыкание между токоведущими контактами клеммной колодки через щупы и нарушенную изоляционную поверхность клеммной колодки. Возникла электрическая дуга. От воздействия электрической дуги работник получил термический ожог кожного покрова кистей рук.

При демонтаже силового кабеля СБГ-6-3\*70 в РП 6кВ № 126, не проверив наличие напряжения с помощью индикатора, пострадавший коснулся рукой провода линии электропередач 6 кВ, в результате чего получил электротравму, не совместимую с жизнью.

При подготовке рабочего места для устранения повреждения кабеля в ЗРУ-6кВ п/ст 14 35/6 кВ электромонтер попал под напряжение. Несчастный случай был классифицирован как тяжелый.

Во время поиска неисправности на панели переменного тока экскаватора ЭКГ-4У № 2 горного участка СП «Разрез “Ерковецкий”» произошло короткое замыкание между отходящими вводными гибкими соединениями фидерного автоматического выключателя и автоматического выключателя системы смазки редукторов привода поворота. В результате короткого замыкания электромеханик получил термический ожог лица, глаз, шеи, грудной клетки, предплечий, кистей рук.

Снижение показателей травматизма сопровождается продолжающимся сокращением численности занятых в отрасли. Наиболее травмоопасным продолжает оставаться подземный способ добычи. Здесь в рассматриваемый период произошло от 51,6 (2015 г.) до 62,7 % (2010 г.) случаев общего травматизма. При этом не менее 40 % случаев общего и 36 % смертельного травматизма происходят при ведении очистных и подготовительных работ [14].

В табл. 3 представлены статистические данные о динамике травматизма в РФ по основным категориям работников [14].

Из табл. 3 видно, что общее количество несчастных случаев при ведении подземных работ в несколько раз больше, чем на разрезах, меньше всего травм происходит на обогатительных фабриках. Статистические данные позволяют подтвердить выдвинутый выше тезис о большей опасности работы в шахте, чем в разрезе. Данные рис. 4 и табл. 2

Таблица 3

## Динамика травматизма по основным категориям работников

| Год, травматизм | Всего                      | Служащие | Инженерно-технические работники |           | Рабочие |           |             |                            |    |
|-----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|-----------|---------|-----------|-------------|----------------------------|----|
|                 |                            |          | всего                           | подземные | всего   | подземные | на разрезах | на обогатительных фабриках |    |
| 2010*           | Всего, в том числе         | 1308     | 5                               | 107       | 86      | 1176      | 868         | 135                        | 62 |
|                 | травмировано смертельно    | 144      | 0                               | 13        | 9       | 111       | 91          | 13                         | 4  |
|                 | переведено на инвалидность | 101      | 0                               | 11        | 9       | 90        | 70          | 12                         | 1  |
| 2011**          | Всего, в том числе         | 948      | 7                               | 77        | 52      | 864       | 576         | 125                        | 47 |
|                 | травмировано смертельно    | 58       | 0                               | 5         | 3       | 53        | 33          | 17                         | 1  |
|                 | переведено на инвалидность | 83       | 0                               | 13        | 10      | 70        | 54          | 10                         | 0  |
| 2012            | Всего, в том числе         | 977      | 6                               | 101       | 78      | 870       | 609         | 111                        | 52 |
|                 | травмировано смертельно    | 54       | 0                               | 5         | 5       | 49        | 26          | 15                         | 3  |
|                 | переведено на инвалидность | 85       | 1                               | 15        | 9       | 69        | 53          | 8                          | 3  |
| 2013            | Всего, в том числе         | 808      | 4                               | 82        | 62      | 722       | 488         | 98                         | 44 |
|                 | травмировано смертельно    | 74       | 1                               | 8         | 6       | 65        | 51          | 9                          | 3  |
|                 | переведено на инвалидность | 74       | 1                               | 14        | 10      | 59        | 49          | 6                          | 0  |
| 2014            | Всего, в том числе         | 565      | 2                               | 63        | 40      | 500       | 331         | 91                         | 32 |
|                 | травмировано смертельно    | 35       | 0                               | 6         | 3       | 29        | 15          | 8                          | 3  |
|                 | переведено на инвалидность | 68       | 0                               | 12        | 9       | 56        | 41          | 7                          | 3  |
| 2015            | Всего, в том числе         | 637      | 5                               | 61        | 42      | 571       | 345         | 125                        | 43 |
|                 | травмировано смертельно    | 32       | 1                               | 4         | 1       | 27        | 9           | 15                         | 3  |
|                 | переведено на инвалидность | 60       | 1                               | 7         | 5       | 52        | 44          | 4                          | 2  |

Примечание: \* В 2010 г. при ликвидации аварии на шахте «Распадская» погибло 20 сотрудников военизированной горноспасательной части. \*\* В 2011 г. при добыче угля погибло 9 работников подрядных организаций.

свидетельствуют о том, что увеличение добычи угля открытым способом в 2015 г. на 10 % привело к увеличению количества несчастных случаев более чем на 30 %, а количество смертельных несчастных случаев увеличилось почти вдвое. При этом общее количество смертельно травмированных при добыче угля сократилось. Можно предположить, что дальнейшее закрытие угольных шахт в РФ и переход к добыче угля в разрезах, несомненно, приведут к снижению уровня смертельного травматизма в угольной отрасли, однако количество травм, в том числе и смертельных, в угольных разрезах нашей страны может возрасти в несколько раз.

#### Анализ возможных путей повышения электробезопасности работников угольной отрасли

Изложенное выше позволяет выдвинуть гипотезу о необходимости уже сегодня совершенствовать организационные мероприятия и технические средства, обеспечивающие защиту человека при работе в угольных разрезах.

Работа в угольных разрезах осуществляется посредством машин и установок, использующих мощные электродвигатели. Для бесперебойного обеспечения электроэнергией этих устройств используются сложные схемы электроснабжения. К специфическим особенностям работы электроустановок в угольных разрезах можно отнести: протяженность и разветвленность электрической сети (глубина разреза «Красногорский», например, достигает 200 м) [14], высокую вероятность механического воздействия на изоляцию кабелей при перемещении машин и механизмов и проведении взрывных работ. Увеличение глубины карьеров отрицательно сказывается на санитарно-гигиенических условиях труда и технико-экономических показателях предприятий. Интенсификация горных работ, увеличение глубины карьеров и ослабление вследствие этого эффективности естественного проветривания приводят к загрязнению атмосферы пылью и ядовитыми газами. Одновременно с этим при высокой запыленности воздуха на поверхности

изоляторов образуется устойчивый слой пыли. Во время дождя или снега слой пыли увлажняется, сопротивление изоляции резко падает. Снижение сопротивления изоляции может привести как к отказам оборудования, так и к электротравмам персонала. Для защиты человека от электрического тока при добыче угля открытым способом используются контроль состояния изоляции электроустановок, защитное «отключение» и защитное заземление.

С целью предотвращения опасности поражения током, обусловленной переходом напряжения на конструктивные части электрооборудования и установок, выполняют защитное заземление.

Человек, находясь вблизи заземленного оборудования, имеющего замыкание на корпус, и касаясь корпуса, окажется под воздействием только части полного напряжения, под которым находится поврежденное оборудование относительно земли.

Заземляющее устройство включает в себя заземлитель и присоединенные к нему не менее чем в двух местах заземляющие проводники. Заземлитель обеспечивает требуемое сопротивление растеканию тока, а заземляющие проводники – возможность подключения оборудования, подлежащего заземлению.

Общее заземляющее устройство карьера состоит из центрального и местных заземляющих устройств. Центральные заземляющие устройства располагаются на главной понизительной подстанции карьера или отдельно на его борту. Местные заземляющие устройства выполняют в виде заземлителей, сооружаемых у передвижных приключательных пунктов, передвижных комплектных трансформаторных подстанций напряжением 6–10/0,4 кВ и у других установок [24].

Различают контурные и выносные заземляющие устройства. На открытых горных разработках контурные заземляющие устройства применяют на понизительных подстанциях, расположенных на поверхности. Принцип действия подобных устройств заключается в уменьшении напряжений прикосновения и шага за счет выравнивания потенциалов. Непосредственно в карьерах применяют выносные заземляющие устройства [24]. Они характеризуются значительным удалением от электрооборудования, вследствие чего достигается падение напряжения прикосновения на сопротивлении растеканию тока на заземляющем устройстве. Эта особенность ограничивает область применения выносного заземляющего устройства сетями с токами однофазного замыкания на землю не более 500 А.

Безопасность в данном случае обеспечивается малым сопротивлением растеканию тока заземляющего устройства. Сопротивление общего заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом [25]. Сюда включается сопротивление центрального заземлителя и сопротивление заземляющих проводников.

В качестве магистральных заземляющих проводов, прокладываемых на опорах воздушных линий электропередачи в карьере, рекомендуется применять для стационарных установок стальные однопроволочные и сталеалюминиевые провода, для передвижных установок – алюминиевые и сталеалюминиевые провода. Магистральные заземляющие провода должны иметь: стальные однопроволочные – диаметр не менее 6 мм, стальные многопроволочные, сталеалюминиевые и алюминиевые провода – сечение не менее 35 мм<sup>2</sup> [24].

Практика эксплуатации защитного заземления в условиях карьеров показала, что недостаток центрального заземления – возможность обрыва сети заземления, особенно заземляющей жилы гибкого кабеля. Обрыв магистрального проводника может оказаться опасным, так как может нарушить заземление группы карьерных передвижных электроустановок, если последние имеют плохое самозаземление (при низкой проводимости грунтов).

Для повышения электробезопасности необходим непрерывный автоматический контроль целостности заземляющей сети, в особенности на карьерах с малым числом экскаваторов и при низкой проводимости грунтов. В 10 разделе [25] указано, что для проверки непрерывности цепи заземления в сетях угольных разрезов рекомендуется использовать приборы автоматического контроля.

Известные устройства контроля непрерывности заземляющей сети характеризуются несколькими признаками. Первые из них – вид применяемого источника оперативного напряжения и род тока. В соответствии с этим используют: внешние источники постоянного, выпрямленного (пульсирующего) и переменного тока (пониженной или повышенной частоты), а также источники импульсного оперативного тока; питающую сеть в качестве источника оперативного тока или составляющую нулевой последовательности напряжения сети [24].

Следующий классификационный показатель касается способа исполнения обратного канала схемы контроля (обратного провода). Роль второго провода выполняют: дополнительно проложенная контрольная жила или в частном

случае экранирующие оплетки гибкого кабеля; земля – при достаточно высокой проводимости грунта; совокупность проводов сети, питающей передвижную электроустановку [24].

В зависимости от масштаба контроля известные устройства могут быть подразделены на устройства контроля целостности заземляющей жилы или гибкого кабеля, устройства контроля непрерывности заземляющей цепи и системы, контролирующие параметры заземляющих устройств на карьере.

Устройства контроля целостности заземляющей жилы или гибкого кабеля охватывают контролем лишь часть заземляющей цепи на участке от передвижного приключательного пункта (ПП) до экскаватора, т.е. заземляющую жилу гибкого питающего кабеля. Это связано с тем, что кабели имеют довольно высокую повреждаемость. При этом принимается, что сопротивление заземления для ПП не превышает 4 Ом [24].

Устройства, контролирующие непрерывность заземляющей цепи, следят за исправностью заземления на всем протяжении от центрального заземлителя до передвижной электроустановки, а также и за целостностью заземляющей жилы кабеля. При этом в зону действия устройств контроля непрерывности заземляющей цепи попадают заземляющие магистрали (тросы) карьера и ответвления от магистралей к ПП, а в некоторых случаях переходные сопротивления местных заземлителей и контактов между грунтом и опорной поверхностью оборудования. Необходимость контроля целостности магистрального заземляющего троса диктуется тяжелыми условиями его эксплуатации, связанными с частым ремонтом сетей и производством взрывных работ в карьерах [24].

Рассмотрим, какие на сегодняшний день существуют устройства контроля целостности заземляющей сети. «Кемеровский экспериментальный завод средств безопасности» является основным производителем продукции, обеспечивающей безопасность на угольных предприятиях и предприятиях других отраслей добывающей промышленности.

Для обеспечения защиты работников при работе в разрезах от электрического тока на экспериментальном заводе изготавливается устройство контроля заземления карьерных электроустановок (УКЗ) [26]. Устройство предназначено для контроля исправности цепи заземления карьерных электроустановок и повышения безопасности на открытых горных работах. Применяется при питании передвижных горных машин гибким кабелем со

вспомогательными жилами управления. УКЗ устанавливается с внутренней стороны приключательного пункта и служит для контроля исправности заземляющей жилы гибкого кабеля, питающего передвижные горные машины и электроустановки на открытых горных выработках. Устройство контролирует участок цепи от приключательного пункта до электроустановок (горных машин). В случае обрыва или увеличения электрического сопротивления цепи заземления, а также при несанкционированном открытии защитных оболочек электрооборудования происходит отключение высоковольтного выключателя приключательного пункта. При этом загорается сигнальная лампа. Устройство обладает самоконтролем исправности при замыкании вспомогательной жилы на землю, обрыве цепи реле и обмоток трансформатора, пробое диода. Продукция производится в соответствии с требованиями [27]. Имеется разрешение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.

На экспериментальном заводе изготавливается также автоматическое устройство контроля целостности цепи заземления [28]. Оно предназначено для автоматизированного контроля исправности цепи заземления передвижных горных машин на угольных и других разрезах и карьерах. Устройство сохраняет свои технические характеристики при температуре окружающего воздуха от  $-40$  до  $+45$  °С, относительной влажности воздуха до 80 % при температуре 25 °С и запыленности воздуха до 250 мг/м<sup>3</sup>. Устройство устанавливается на наружной боковой панели отсека управления приключательного пункта на открытых горных выработках и служит для контроля исправности заземляющего провода высоковольтной линии. Оно контролирует участок цепи линии электропередач до приключательного пункта. Продукция производится в соответствии с требованиями [27]. Имеется разрешение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.

#### **Патентный поиск устройств контроля целостности заземляющей сети для горной отрасли РФ**

Анализ документов показал, что максимальное число авторских свидетельств и патентов на устройства контроля целостности заземляющей сети передвижных горных машин получено в 80–90 гг. XX в. В настоящее время действующие патенты на устройства контроля целостности заземляющей сети для горной отрасли РФ отсутствуют.

В ходе патентного поиска был найден патент на полезную модель «Устройство контроля заземления карьерных электроустановок» [29], так как такое устройство, как было показано выше, сегодня широко используется для защиты от электрического тока работников угольных разрезов. «Полезная модель относится к области электротехники, а именно к системам электроснабжения, и предназначена для периодического контроля сопротивления заземления карьерных электроустановок на открытых горных работах. Техническим результатом полезной модели является повышение эффективности и обеспечение возможности контроля сопротивления заземления карьерных электроустановок на открытых горных работах в местах с большим удельным сопротивлением пород и наличием электрических потенциалов (помех) на заземлителях». Патент на данную полезную модель перестал действовать еще 2012 г. Проведен анализ патента на полезную модель «Устройство контроля заземления горных машин» [30]. «Полезная модель относится к области электротехники, а именно к системам электроснабжения на открытых горных работах, и может быть использована в системах контроля исправности цепей заземления передвижных горных машин, например, экскаваторов на угольных разрезах и других горно-рудных предприятиях на поверхности. Техническим результатом полезной модели является повышение эффективности контроля исправности цепи заземления за счет исключения аварийных отключений горных машин во время их работы в случаях возникновения неисправностей цепи заземления». Патент на данную полезную модель перестал действовать 2015 г.

Таким образом, можно заключить, что на сегодняшний день отсутствует патентная защита устройств контроля заземления для горной отрасли РФ, которые выпускаются серийно, исследователями не предлагается новых

решений, способных обеспечить эффективную защиту при использовании современной электронной микропроцессорной техники, возможности которой существенно превосходят не только возможности электроники 80–90 гг. XX в., но и электроники начала XXI в.

### Выводы

Согласно статистическим данным, объемы угля, добываемого в нашей стране и в мире в целом, с каждым годом растут. Рост добычи угля сопровождается ростом травматизма как в РФ, так и в других странах. Объемы угля, добываемого в шахтах РФ за последние пять лет, практически не меняются, рост обеспечивается увеличением добычи в угольных разрезах. Увеличение добычи угля открытым способом может привести к повышению электротравматизма. Это связано со спецификой работы электрических сетей, обеспечивающих электроэнергией горные машины. Снижение электротравматизма при добыче угля в разрезах возможно при обеспечении высокой надежности работы защитного заземления. Для достижения этой цели широко используются автоматические устройства контроля целостности цепи заземления горных машин на угольных разрезах. Проведенный патентный поиск выявил некоторый застой в разработке и внедрении подобных устройств в РФ на новейшей микропроцессорной базе – действующие патенты на устройства контроля целостности цепи заземления отсутствуют, проанализированные нами устройства были запатентованы более 10 лет назад. Все вышеперечисленное подтверждает необходимость разработки автоматического устройства контроля целостности цепи заземления передвижных горных машин на угольных разрезах РФ с использованием самых современных электронных компонентов, что будет способствовать повышению надежности работы защитного заземления на угольных разрезах.

### Библиографический список

1. Energy in 2016: short-run adjustments and longrun transition: BP Statistical Review of World Energy June 2017 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (дата обращения: 18.05.2017).
2. Плакиткина Л.С., Плакиткин Ю.А. Потребление угля в основных регионах и странах мира в период 2000–2015 гг. Анализ, тенденции и перспективы // Уголь. – 2017. – № 1. – С. 57–61. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-1-57-61
3. Ширнин И.Г., Палкин В.А. Актуальные проблемы угледобычи в Украине и России // Наукові праці ДонНТУ – Електротехніка і енергетика. – 2008 – Вип. 8 (140). – С. 148–154.
4. Анализ проблем угольной отрасли / А.С. Баранова, А.Е. Охрименко, А.П. Столярова, Н.А. Стенина [Электронный ресурс] // Россия молодая: IX Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, 18–21 апреля 2017 г. КузГТУ, 2017. – URL: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2017/RM17/index.htm> (дата обращения: 18.05.2017).
5. Гражданкин А.И., Печеркин А.С., Иофис М.А. Промышленная безопасность отечественной и мировой угледобычи // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – № 9. – С. 36–43.
6. Рудаков М.Л. Корпоративные программы «ноль несчастных случаев» как элемент стратегического планирования в области охраны труда для



угледобывающих предприятий // Записки горного института. – 2016. – Т. 219. – С. 465–471. DOI: 10.18454/PMI.2016.3.465

7. Cudworth A. The positive impact of communication on safety at Shell // Strategic communication management. – 2009. – Vol.14 (1). – P. 16–19.

8. Drupsteen L., Groeneweg J., Zwetsloot G. Critical steps in learning from incidents: using learning potential in the process from reporting an incident to accident prevention // Journal of Occupational Safety and Ergonomics. – 2013. – Vol. 19 (1). – P. 63–77. DOI: 10.1080/10803548.2013.11076966

9. Fahlquist J. Responsibility ascriptions and Vision Zero // Accident Analysis & Prevention. – 2006. – Vol. 38, № 6. – P. 1113–1118. DOI: 10.1016/j.aap.2006.04.020

10. Geller E.S. 10 leadership qualities for a total safety culture // Professional Safety. – 2000. – Vol. 45. – P. 38–41.

11. Matysiak J.F. The pursuit of zero accidents at Weirton // New Steel. – 2001. – Vol. 17, № 5. – P. 34.

12. Minter S.G. The power of zero // Occupational Hazards. – 2003. – Vol. 65, № 7. – P. 15–17.

13. The case for research into the zero accident vision / G. Zwetsloot, M. Aaltonen, J. Wybo, J. Saari, P. Kines, R. Op De Beeck // Safety Science. – 2013. – Vol. 58. – P. 41–48. DOI: 10.1016/j.ssci.2013.01.026

14. Литвин А.Р., Коликов К.С., Ишхнели О.Г. Аварийность и травматизм на предприятиях угольной промышленности в 2010–2015 годах // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2017. – № 2. – С. 6–17.

15. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2016 г. // Уголь. – 2017. – № 3. – С. 36–51. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-3-36-50

16. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2015 г. // Уголь. – 2016. – № 3. – С. 58–72. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-3-58-72

17. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2014 г. // Уголь. – 2015. – № 3. – С. 56–71.

18. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2013 г. // Уголь. – 2014. – № 3. – С. 52–67.

19. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2012 г. // Уголь. – 2013. – № 3. – С. 78–90.

20. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2011 г. // Уголь. – 2012. – № 3. – С. 40–51.

21. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2010 г. // Уголь. – 2011. – № 3. – С. 37–45.

22. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2009 г. // Уголь. – 2010. – № 3. – С. 34–43.

23. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2008 г. // Уголь. – 2009. – № 3. – С. 45–52.

24. Электрификация открытых горных работ: учеб. для вузов / С.А. Волотковский, В.И. Щуцкий, Н.И. Чеботаев [и др.]. – М.: Недра, 1987. – 332 с.

25. РД 06-572-03. Инструкция по безопасной эксплуатации электроустановок в горнорудной промышленности / Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России». – М., 2003. – Сер. 06, вып. 3 – 152 с.

26. Кемеровский экспериментальный завод средств безопасности. Устройство контроля заземления карьерных электроустановок [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kezsb.ru/goods/all/51.html> (дата обращения: 18.05.2017).

27. ПБ 05-619-03. Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом / Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России». – М., 2004. – Сер. 05, вып. 3. – 144 с.

28. Кемеровский экспериментальный завод средств безопасности. Автоматическое устройство контроля целостности цепи заземления [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kezsb.ru/goods/all/50.html> (дата обращения: 18.05.2017).

29. Устройство контроля заземления горных машин: пат. 60275 Российская Федерация № 2006129752/22 / Гришин В.А., Кондаков В.М., Гришин М.В.; заявитель и патентообладатель ООО «Кузбассгорноспасатель»; заявл. 16.08.2006; опубл. 10.01.07. – Бюл. № 1. – 6 с.

30. Устройство контроля заземления карьерных электроустановок: пат. 69336 Российская Федерация № 2007115841/22 / Гришин В.А., Кондаков В.М., Гришин М.В.; заявитель и патентообладатель ООО «Кузбассгорно-спасатель»; заявл. 25.04.2007; опубл. 10.12.07. – Бюл. № 34. – 7 с.

## References

1. Energy in 2016: short-run adjustments and longrun transition. BP Statistical Review of World Energy June 2017, available at: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (accessed: 18 May 2017).

2. Plakitkina L.S., Plakitkin Iu.A. Potreblenie uglia v osnovnykh regionakh i stranakh mira v period 2000-2015 gg. Analiz, tendentsii i perspektivy [Consumption of coal in the main regions and countries of the world in the period 2000-2015. Analysis, trends and prospects]. *Ugol'*, 2017, no.1, pp.57-61. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-1-57-61

3. Shirnin I.G., Palkin V.A. Aktual'nye problemy ugledobychi v Ukraine i Rossii [Actual problems of coal mining in Ukraine and Russia]. *Nauchnye trudy*

*Donetskogo natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta – Elektrotehnika i energetika*, 2008, iss.8(140), pp.148-154.

4. Baranova A.S., Okhrimenko A. E., Stoliarova A.P., Stenina N.A. Analiz problem ugol'noi otrasli [Analysis of the problems of the coal industry]. *Rossiiia molodaia. IX Vserossiiskaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia molodykh uchennykh*, available at: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2017/RM17/index.htm> (accessed: 18 May 2017).

5. Grazhdankin A.I., Pecherkin A.S., Iofis M.A. Promyshlennaiia bezopasnost' otechestvennoi i mirovoi ugledobychi [Industrial safety of domestic and world coal mining]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2010, no.9, pp.36-43.

6. Rudakov M.L. Korporativnye programmy «nol' neschastnykh sluchaeв» kak element strategicheskogo planirovaniia v oblasti okhrany truda dlia ugledobyvaiushchikh predpriatii [Corporate programs "zero accidents" as an element of strategic planning in the field of labor protection for coal mines]. *Zapiski gornogo instituta*, 2016, vol.219, pp.465-471. DOI: 10.18454/PMI.2016.3.465.
7. Cudworth A. The positive impact of communication on safety at Shell. *Strategic communication management*, 2009, vol.14 (1), pp.16-19.
8. Drupsteen L., Groeneweg J., Zwetsloot G. Critical steps in learning from incidents: using learning potential in the process from reporting an incident to accident prevention. *Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 2013, vol.19 (1), pp.63-77. DOI: 10.1080/10803548.2013.11076966
9. Fahlquist J. Responsibility ascriptions and Vision Zero. *Accident Analysis & Prevention*, 2006, vol.38, no.6, pp.1113-1118. DOI: 10.1016/j.aap.2006.04.020
10. Geller E.S. 10 leadership qualities for a total safety culture. *Professional Safety*, 2000, vol.45, pp.38-41.
11. Matysiak J.F. The pursuit of zero accidents at Weirton. *New Steel*, 2001, vol.17, no.5, pp.34.
12. Minter S.G. The power of zero. *Occupational Hazards*, 2003, vol.65, no.7, pp.15-17.
13. Zwetsloot G., Aaltonen M., Wybo J., Saari J., Kines P., Op De Beeck R. The case for research into the zero accident vision. *Safety Science*, 2013, vol.58, pp.41-48. DOI: 10.1016/j.ssci.2013.01.026
14. Litvin A.R., Kolikov K.S., Ishkhneli O.G. Avariinost' i travmatizm na predpriatiiakh ugol'noi promyshlennosti v 2010-2015 godakh [Accident and injury at coal industry enterprises in 2010-2015]. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noi promyshlennosti*, 2017, no.2, pp.6-17.
15. Tarazanov I.G. Itogi raboty ugol'noi promyshlennosti Rossii za ianvar'-dekabr' 2016 g. [The results of the work of the Russian coal industry in January-December 2016]. *Ugol'*, 2017, no.3, pp.36-51. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-3-36-50
16. Tarazanov I.G. Itogi raboty ugol'noi promyshlennosti Rossii za ianvar'-dekabr' 2015 g. [Results of the work of the Russian coal industry in January-December 2015]. *Ugol'*, 2016, no.3, pp.58-72. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-3-58-72
17. Tarazanov I.G. Itogi raboty ugol'noi promyshlennosti Rossii za ianvar'-dekabr' 2014 g. [Results of the work of the Russian coal industry in January-December 2014]. *Ugol'*, 2015, no.3, pp.56-71.
18. Tarazanov I.G. Itogi raboty ugol'noi promyshlennosti Rossii za ianvar'-dekabr' 2013 g. [Results of the work of the Russian coal industry in January-December 2013]. *Ugol'*, 2014, no.3, pp.52-67.
19. Tarazanov I.G. Itogi raboty ugol'noi promyshlennosti Rossii za ianvar'-dekabr' 2012 g. [The results of the work of the Russian coal industry in January-December 2012]. *Ugol'*, 2013, no.3, pp.78-90.
20. Tarazanov I.G. Itogi raboty ugol'noi promyshlennosti Rossii za ianvar'-dekabr' 2011 g. [The results of the work of the Russian coal industry in January-December 2011]. *Ugol'*, 2012, no.3, pp.40-51.
21. Tarazanov I.G. Itogi raboty ugol'noi promyshlennosti Rossii za ianvar'-dekabr' 2010 g. [The results of the work of the Russian coal industry in January-December 2010]. *Ugol'*, 2011, no.3, pp.37-45.
22. Tarazanov I.G. Itogi raboty ugol'noi promyshlennosti Rossii za ianvar'-dekabr' 2009 g. [The results of the work of the Russian coal industry in January-December 2009]. *Ugol'*, 2010, no.3, pp.34-43.
23. Tarazanov I.G. Itogi raboty ugol'noi promyshlennosti Rossii za ianvar'-dekabr' 2008 g. [The results of the work of the Russian coal industry in January-December 2008]. *Ugol'*, 2009, no.3, pp.45-52.
24. Volotkovskii S.A., Shchutskii V.I., Chebotaev N.I. et al. Elektrifikatsiia otkrytykh gornykh rabot [Electrification of open mining operations]. Moscow, Nedra, 1987, 332 p.
25. RD 06-572-03. Instruksiiia po bezopasnoi ekspluatatsii elektroustanovok v gornorudnoi promyshlennosti [Instructions for the safe operation of electrical installations in the mining industry]. Moscow, Gosudarstvennoe unitarnoe predpriatie "Nauchno-tehnicheskii tsentr po bezopasnosti v promyshlennosti Gosgortekhnadzora Rossii", 2003, seriia 06, iss.3, 152 p.
26. Kemerovskii eksperimental'nyi zavod sredstv bezopasnosti Ustroistvo kontroliia zazemleniia kar'ernykh elektroustanovok [Kemerovo experimental plant of safety equipment The device for monitoring the earthing of career electrical installations], available at: <http://www.kezsb.ru/goods/all/51.html> (accessed: 18 May 2017).
27. PB 05-619-03. Pravila bezopasnosti pri razrabotke ugol'nykh mestorozhdenii otkrytym sposobom [Safety rules for the development of open-pit coal deposits]. Moscow, Gosudarstvennoe unitarnoe predpriatie "Nauchno-tehnicheskii tsentr po bezopasnosti v promyshlennosti Gosgortekhnadzora Rossii", 2004, seriia 05, iss.3, 144 p.
28. Kemerovskii eksperimental'nyi zavod sredstv bezopasnosti Avtomaticheskoe ustroistvo kontroliia tselostnosti tsepi zazemleniia [Kemerovo experimental plant of safety equipment Automatic device for monitoring the integrity of the grounding circuit], available at: <http://www.kezsb.ru/goods/all/50.html> (accessed: 18 May 2017).
29. Grishin V.A., Kondakov V.M., Grishin M.V. Ustroistvo kontroliia zazemleniia gornykh mashin [The device for monitoring the grounding of mining machines]. Patent 60275 Rossiiskaia Federatsiia no.2006129752/22.
30. Grishin V.A., Kondakov V.M., Grishin M.V. Ustroistvo kontroliia zazemleniia kar'ernykh elektroustanovok [Device for monitoring the earthing of quarry electrical installations]. Patent 69336 Rossiiskaia Federatsiia no. 2007115841/22.

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Тряпицын А.Б., Абдуллоев И.Т., Сидоров А.И. Анализ возможностей снижения производственного травматизма в угольной отрасли Российской Федерации // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2017. – Т.16, №4. – С.391–400. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.4.10

Please cite this article in English as:

Tryapitsyn A.B., Abdulloev I.T., Sidorov A.I. Analysis of possibilities to reduce the rate of accidents in coal industry of the Russian Federation. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 2017, vol.16, no.4, pp.391-400. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.4.10