

А.В. Пичуев, Ю.В. Шевырев

**НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ,
РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЕ УСЛОВИЯ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ
НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РОССИИ**

При решении проблемы электробезопасности на горных предприятиях России необходим ее системный анализ, представляющий собой последовательность действий по установлению взаимосвязей между элементами системы «человек-электроустановка-среда». В статье проведен анализ производственных и климатических факторов, оказывающих влияние на опасность электротравматизма, основные положения в области нормативно-правового обеспечения безопасных условий эксплуатации электроустановок, отражены специфические особенности и требования к электротехническим комплексам горных предприятий по обеспечению безопасных условий труда.

Ключевые слова: электробезопасность, электротравматизм на горных предприятиях, правила безопасности, управление электробезопасностью, режимы работы электроустановок.

Введение

Иntenсивное развитие экономического потенциала России связано с ростом энерговооруженности промышленного производства. Непрерывно расширяющееся применение электроэнергии и повышение рабочих напряжений требует создания таких условий труда, при которых обеспечивается требуемый уровень безопасности электроустановок и обслуживающего их персонала.

Задача сокращения электротравматизма актуальна не только для горной промышленности, но и страны в целом, так как в различных отраслях и в быту уровень электротравматизма продолжает оставаться высоким, несмотря на ужесточение требований электробезопасности, а также разработку и внедрение новых способов и средств защиты от поражения электрическим током. Ежегодно в стране фиксируется около двадцати пяти тысяч случаев электротравматизма, из которых более полутора тысяч заканчивается летальным исходом.

Темпы ликвидации электротравматизма непосредственно зависят от качества и темпов научно-исследовательских работ по изучению причин электротравм, разработке и внедрения на производстве мер борьбы с ними.

Рациональное решение жизненно важных вопросов, связанных с профилактикой электротравматизма и обусловленных современными темпами и масштабами электрификации горнодобывающих отраслей промышленности и внедрением новой прогрессивной техники, невозможно без научно обоснованных критериев оценки электробезопасности на основе характеристик воздействия тока на организм человека.

При решении проблем электробезопасности необходим комплексный системный подход, в основе которого лежит рассмотрение системы «человек-электроустановка-среда» (ЧЭС), как объекта научного исследования, представляющего собой целостное множество входящих в нее элементов в совокупности отношений и связей между

ними. Это позволяет не только понять физическую сущность механизма воздействия на человека электрического тока, но и создать новые, более совершенные и безопасные в эксплуатации электротехнические системы, включающие современные технические средства контроля и защиты, решать задачи профилактики электротравматизма за счет прогнозирования условий возникновения травмоопасных ситуаций, разработать и внедрить систему управления в электробезопасности, позволяющую осуществлять текущий мониторинг электроустановок, средств защиты, моделировать и прогнозировать потенциально возможные аварийные ситуации и т.д.

Системный подход позволяет дать качественную и количественную оценку вероятности электротравматизма в сложных электротехнических системах горных предприятий.

Электробезопасность должна строиться на учете параметров организма человека как объекта поражения и на создании безопасных эксплуатационных и внешних условий, которые снижают вероятность возникновения электрической цепи через организм человека.

При нормальных условиях эксплуатации электроустановки не представляют опасности в отношении поражения персонала электрическим током. Опасность возникает при токах утечки, решающую роль в возникновении и существовании которых играет состояние изоляции электроустановок, так как побочные электрические цепи, образуются в основном вследствие ухудшения ее состояния.

Немаловажное значение в области формирования условий электробезопасности имеет специфика условий горного производства.

Горнодобывающая промышленность относится к числу тех отраслей индустрии, которые характеризуются вы-

сокой энергоемкостью и трудоемкостью, в которых приходится особенно считаться с вероятностью производственного травматизма и в частности электротравматизма.

Особое место, занимаемое горнодобывающей промышленностью в ряду других отраслей в части проблем охраны труда, обусловлено наличием специфических условий производства, имеющих объективный характер и, несомненно, оказывающих влияние на состояние производственного травматизма. Эти условия горного производства, особенно при подземной разработке полезных ископаемых, достаточно многочисленны, от микроклиматических условий до технических особенностей применяемого электрооборудования и условий эксплуатации электрохозяйства.

Важнейшими факторами производственной среды, оказывающими влияние на условия электробезопасности, являются особый микроклимат, специфическая освещенность, шум и вибрация, тяжелые условия труда в ограниченном пространстве горных выработок, сложные горно-геологические и технологические условия ведения работ, высокая вероятность возникновения аварийных ситуаций, тяжелые условия эксплуатации горных машин и электромеханического оборудования.

Климатические условия подземных выработок определяются в основном температурой, влажностью и давлением атмосферы, а также составом и скоростью движения воздуха, которые по абсолютным величинам отличаются от аналогичных показателей на поверхности. Все эти факторы определяют микроклимат, воздействующий на организм человека.

В зависимости от регионального расположения шахты или рудника, а также глубины прохождения подземных выработок температура в зоне ведения работ может колебать-

ся от +15 °С до +60 °С, относительная влажность воздуха в пределах 85÷100%, уровень запыленности отдельных горных выработок иногда достигает 18÷20 мг/м³. Одним из немаловажных сопутствующих факторов является наличие в выработках агрессивных рудничных вод, обладающих высокой концентрацией кислот и щелочей, испарение которых оказывает отрицательное воздействие на микроклимат в зоне ведения работ. Особое внимание уделяется контролю содержания в воздушной среде уровня метана, углекислого газа, водорода, сероводорода и других сопутствующих газов, которые в предельно допустимых концентрациях могут привести к отравлению человека или возникновению пожаров и взрывов в ограниченных пространствах горных выработок.

При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом на карьерах и разрезах существенное влияние оказывает естественный перепад температур как в зимнее и летнее время, так и суточное колебание температуры. В районах Приполярья, Восточной Сибири, Забайкалья и северных регионах Дальнего Востока суточные колебания температур могут превышать ±30 °С. Температуры, при которых ведутся горные работы в зимнее время могут опускаться ниже -50 °С, а в летнее время подниматься выше +40 °С. При этом относительная влажность воздуха колеблется для различных регионов от 10% до 100%, а атмосферное давление – от 600 до 780 мм рт.ст.

На открытых горных разработках существенное влияние на условия труда оказывают атмосферные явления (снег, дождь, град и т.д.), включая ветровые и грозовые периоды, повышенная влажность воздуха, приводящая к обледенению, и т.д.

Серьезной проблемой является загазованность карьерного пространства

выхлопами отработанных газов автомобильным транспортом, выделением из вскрытых пород сопутствующих газов и высоким содержанием агрессивных веществ в приточных водах. Все перечисленные факторы оказывают существенное влияние на условия ведения горных работ и повышенные требования как к работающим людям, так и к техническим средствам, обеспечивающим безопасность горного производства.

Одним из специфических технологических факторов, оказывающих значительное влияние на условия труда, являются шум и вибрация. Уровень шумов при работе вентиляторов местного проветривания, перфораторов, породопогрузочных машин, буровых станков и экскаваторов превышает уровень 90 дБ. Наибольшим вибрационным нагрузкам подвержены машинисты подъемных установок, экскаваторов, электровозов, буровых станков и проходческих машин. При этом рабочие испытывают серьезные физические нагрузки. Тяжелая немеханизированная работа требует затрат на уровне 2,05÷2,36 МДж/час, а работа средней тяжести с применением средств механизации оценивается на уровне 1,15÷1,97 МДж/час [1, 2].

Все вопросы, связанные с устройством электроустановок, организацией эксплуатации и обеспечением безопасности регламентируются основными действующими нормативными документами ПУЭ, ПЭЭП и ПТБ [3, 4, 5]. При этом отмечается, что действия Правил распространяется и на электроустановки, работающие в специфических условиях горного производства.

В соответствии с ПУЭ внутреннее пространство горных выработок, в которых расположено электрооборудование и ведутся работы можно отнести к любой из перечисленных в них классификационных категорий [3].

На многих шахтах влажность воздуха в горных выработках превышает 60% и иногда достигает 100%, поэтому их можно отнести к влажным, сырым или особо сырым. При работе добычных комбайнов и стругов очистного забоя, горнопроходческих машин на подготовительных участках, при транспортировании угля и руды по откаточным штрекам ленточными конвейерами, на перегрузочных пунктах содержание пыли может превышать нормы ПДК даже при наличии средств пылеподавления. Поэтому такие горные выработки относятся к категории пыльных помещений, причем зачастую как содержащие токопроводящую пыль. Температуры воздуха при добыче полезных ископаемых на больших глубинах залегания (более 1000 м) даже при действующих системах вентиляции горных выработок могут превышать +35°C, поэтому их можно отнести к категории жарких. Из-за наличия агрессивных приточных вод и химически активных продуктов испарения, ядовитых газов, кислотных и щелочных жидкостей, приводящих к интенсивной коррозии металла и более быстрому старению изоляции и износу токоведущих частей горные выработки некоторых шахт можно отнести к категории помещений с химически активной или органической средой.

Все перечисленные факторы, в отношении опасности поражения людей электрическим током, позволяют классифицировать помещения и пространство подземных горных выработок как относящиеся к категории повышенной и (или) особой опасности.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники подземных шахт и рудников, как правило, относятся к первой категории, т.е. электроприемникам, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни

людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса и т.д.

Из состава электроприемников первой категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров. К ней относится электрооборудование, входящее в систему проветривания и контроля уровня метана в горных выработках, в систему контроля уровня приточных вод водоотлива и т.д.

На открытых горных разработках доля потребителей первой категории существенно ниже, чем потребителей второй категории, но при этом электроустановки подвержены существенному влиянию природно-климатических факторов, а также технологическим особенностям ведения буровзрывных работ.

Специфика горнодобывающих предприятий определяется принятой технологией комплексной разработки месторождений полезных ископаемых подземным или открытым способом.

Осуществляющие подземную добычу угля шахты являются опасными производственными объектами, подлежащими обязательной регистрации в государственном реестре опасных производственных объектов.

Горные машины, механизмы, электрооборудование, приборы, аппаратура, средства защиты и материалы допускаются к эксплуатации при условии соответствия требованиям действующих «Правил безопасности в угольных шахтах» [6], нормативных документов по безопасности, экологическим и гигиеническим требованиям, изложенным в государственных стандартах и других нормативных документах.

В нормативных и эксплуатационных документах на выпускаемое гор-

но-шахтное оборудование обязательно указываются данные воспроизводимых им вредных производственных факторов и возможных опасностей при работе.

Все шахтные электроустановки должны отвечать требованиям правил устройства и эксплуатации электроустановок [3].

В электрических схемах обязательно предусматривается защита электроустановок от перегрузки и короткого замыкания, а также защита персонала от воздействия электрического тока и электромагнитного поля.

Применяемые на шахтах электрооборудование, кабели и системы электрообеспечения должны обеспечить электробезопасность работников шахты, а также взрыво- и пожаробезопасность.

Защита людей от поражения электрическим током осуществляется с применением защитного заземления, а в подземных электроустановках – аппаратов защиты от утечек тока с автоматическим отключением поврежденной сети. При этом общее время отключения поврежденной сети напряжением до 660 В не должно превышать 0,2 с, а напряжением 1200 В – 0,12 с.

При монтаже и ремонте электрооборудования в шахтах, опасных по газу, осуществляется контроль за содержанием метана в месте производства работ в соответствии с требованиями к производству работ в подземных электроустановках, установленными Госэнергонадзором России.

Особые требования предъявляются к уровню взрывозащиты электрооборудования, работающего в подземных выработках шахт, опасных по газу или пыли, в стволах и в надшахтных зданиях, примыкающих к этим стволам.

Особые требования по обеспечению искро- и пожаробезопасности регламентируются в [6, 7] в отношении

шахтных бронированных, полугибких и гибких кабелей, электрических проводов, стационарных и передвижных электрических машин, коммутационных и пусковых аппаратов, средств защиты электрооборудования от токов короткого замыкания и утечек на землю.

Заземлению подлежат металлические части электротехнических устройств, нормально не находящихся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением в случае повреждения изоляции, а также трубопроводы, сигнальные тросы и др., расположенные в выработках, где имеются электрические установки и проводки.

Для передвижных машин и забойных конвейеров предусматривается непрерывный контроль заземления. Общее переходное сопротивление сети заземления, измеренное у любых заземлителей, не должно превышать 2 Ом.

Правилами безопасности регламентируется порядок надзора и контроля за действиями персонала во время выполнения горных работ, а также при текущем и профилактическом ремонте, проводимых на шахтах.

Эксплуатацию электрооборудования и электроустановок должен осуществлять квалифицированный персонал, прошедший специальную профессиональную подготовку к работе в специфических условиях подземного горного производства.

Обеспечение безопасной эксплуатации электроустановок при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом регламентированы соответствующими «Едиными правилами безопасности...» ПБ-06-111-95 [8]. В отличие от угольных шахт требования к исполнению электрооборудования в части взрывозащиты менее жесткие и при отсутствии взрывоопасной среды допускается эксплуатация электрооборудования в руд-

ничном нормальном исполнении РН, а также ведение сварочных работ. При этом допускается в капитальных сухих выработках шахт, не опасных по газу и пыли, применение электрооборудования в не рудничном (закрытом, защищенном) исполнении. Менее жесткие требования предъявляются к материалу токоведущих жил и поясной изоляции кабельных линий и электропроводки.

При напряжении до 1140 В, наряду с устройствами релейной защиты, на рудниках применяется защита электрической сети от опасных токов утечки на землю автоматическими выключателями в комплекте с одним аппаратом защиты на всю электрически связанную сеть (подключенную к одному или группе параллельно работающих трансформаторов); при срабатывании аппарата защиты токов утечки должна отключаться вся сеть, подключенная к указанным трансформаторам, за исключением отрезка кабеля длиной не более 10 м, соединяющего трансформаторы с общесетевым автоматическим выключателем.

Общая длина кабелей, присоединенных к одному или параллельно работающим трансформаторам, должна ограничиваться емкостью относительно земли величиной не более 1 мкФ/ фазу.

При питании подземных электроприемников с поверхности через скважины допускается установка автоматического выключателя с аппаратом защиты от токов утечки. В этом случае при срабатывании аппарата защиты от токов утечки электроприемники на поверхности и кабель в скважине могут не отключаться, если на поверхности имеется устройство контроля изоляции сети, не влияющее на работу аппарата защиты, а электроприемники имеют непосредственное отношение к работе шахты (вентиляторы, лебедки и др.) и присоединяются посредством кабелей.

Во всех случаях защитного отключения допускается однократное автоматическое повторное включение (АПВ) при условии применения аппаратуры, имеющей блокировки против подачи напряжения на линии и на электроустановки с пониженным сопротивлением изоляции относительно земли (БРУ) и после срабатывания защиты максимального тока.

Обеспечение безопасности на угольных карьерах и разрезах регламентируют ПБ 05-356-00 [9], а на рудных и нерудных карьерах и разрезах – ПБ 06-07-92 [5].

В процессе эксплуатации электроустановок предприятий, разрабатывающих месторождения полезных ископаемых открытым способом кроме, соответствия требованиям действующих ПУЭ, ПЭЭП, ПТБ, должны руководствоваться «Правилами применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках», «Нормами безопасности на электроустановки угольных разрезов и требований по их безопасной эксплуатации» и «Инструкцией по устройству и эксплуатации защитного заземления электроустановок угольных разрезов».

Наибольшая вероятность электропоражения на открытых горных работах (ОГР) возможна при ведении профилактических, пусконаладочных и ремонтных работ на воздушных и кабельных линиях карьерной распределительной сети, при обслуживании приключательных пунктов, высоковольтных ячеек комплектных распределительных устройств, на передвижных трансформаторных подстанциях, питающих буровые станки, водоотливные установки, электродвигатели пульпонасосных станций, гидромониторные установки, земснаряды и т.д.

При обслуживании электроустановок на ОГР необходимо применять электрозащитные средства и индивидуальные средства защиты, которые должны

удовлетворять требованиям Правил применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках, и государственных стандартов охраны труда.

Электрические сети карьеров и разрезов, питающие передвижные машины и механизмы до 35 кВ, как правило, имеют изолированную нейтраль или нейтраль, заземленную через высокоомный резистор, либо трансформаторы стабилизации сети.

Электрические сети напряжением до 1 кВ, питающие электроприемники, не относящиеся к горным работам, но расположенные на территории горных предприятий (мастерские, перегрузочные станции и т. п.), выполняют трехфазными четырехпроводными с глухозаземленной нейтралью.

Все передвижные электроустановки до 1000 В, получающие питание от трансформаторов с изолированной нейтралью, оборудуются быстродействующей защитой от утечек тока на землю (корпус) с автоматическим отключением электроустановки в случае возникновения в ней опасности поражения электрическим током, при этом общее время отключения не должно превышать 200 мс.

Все электроприводы экскаваторов, буровых станков, отвалообразователей, конвейеров, насосов оборудуются электрической блокировкой, включающей самозапуск механизмов после подачи напряжения питания.

В соответствии с [3] применяемое в электроустановках электрооборудование, электротехнические изделия и материалы должны соответствовать требованиям государственных стандартов или технических условий, утвержденных в установленном порядке.

Конструкция, исполнение, способ установки, класс и характеристики изоляции применяемых машин, аппаратов,

приборов и прочего электрооборудования, а также кабелей и проводов должны соответствовать параметрам сети или электроустановки, режимам работы, условиям окружающей среды и требованиям действующих НТД.

При решении вопросов развития систем электроснабжения следует учитывать ремонтные, аварийные и послеаварийные режимы.

Нормальный режим потребителя электрической энергии – режим, при котором обеспечиваются заданные значения параметров его работы.

Послеаварийный режим – режим, в котором находится потребитель электрической энергии в результате нарушения в системе его электроснабжения до установления нормального режима после локализации отказа.

Таким образом, при решении вопросов обеспечения электробезопасности необходимо наиболее полно учитывать реально существующие для каждого горного предприятия условия производства, включающие природно-климатические и технологические факторы, вероятность возникновения травмоопасных ситуаций и возможные последствия воздействия на человека электрического тока при возникновении нестационарных режимов работы электрооборудования.

Развитие теории электробезопасности на основе системного подхода, совершенствования методов управления электробезопасностью, разработки способов и средств контроля режимов работы электроустановок в специфических условиях горного производства является одним из приоритетных направлений деятельности научной школы электробезопасности кафедры Электрификации и энергоэффективности горных предприятий Национального исследовательского технологического университета «МИСиС».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладиллин Л.В., Шуцкий В.И., Батсезhev Ю.Г. и др. *Электробезопасность в горнодобывающей промышленности*. – М.: Недра, 1977. – 327 с.
2. Колосюк В.П., Шурин Э.С., Чулика А.Н. *Безопасная эксплуатация шахтных электроустановок*. – Киев: Техніка, 1980. – 143 с.
3. *Правила устройства электроустановок*. – М.: Энергоатомиздат, 2008.
4. *Правила эксплуатации электроустановок потребителей*. – М.: Энергоатомиздат, 2003.
5. *ПБ 06-07-92. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом*. – М.: НПО ОБТ, 1992.
6. *Правила безопасности в угольных шахтах*. – М.: Энергоатомиздат, 2003.
7. *Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт*. – М.: Недра, 1976.
8. *Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом ПБ 05-553-03*. – М.: ПО ОБТ, 2003.
9. *Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом ПБ 05-356-00*. – М.: ПО ОБТ, 2001. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Пичуев Александр Вадимович – кандидат технических наук, e-mail: alleystone@mail.ru,
Шевырев Юрий Вадимович – доктор технических наук, e-mail: uvshev@yandex.ru,
МГИ НИТУ «МИСиС».

UDC 622.862.7.012.3

LEGAL REGULATIONS ON ELECTRICAL SAFETY IN MINES IN RUSSIA

Pichuev A.V.¹, Candidate of Technical Sciences, e-mail: alleystone@mail.ru,
Shevyrev Yu.V.¹, Doctor of Technical Sciences, e-mail: uvshev@yandex.ru,
¹ Moscow Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia.

The issue of the electrical safety in mines in Russia needs the system analysis that is a sequence of operations on finding interconnections between elements of the man–electric plant–environment system. This article analyzes industrial and climatic factors influencing electrical injury rate, sets basic legal regulations on safety of operation of electrical installations and presents key features and requirements for electrical machinery in mines in accordance with the occupational safety standards.

Key words: electrical safety, electrical injury rate in mines, safety rules, electrical safety control, electrical installation operation.

REFERENCES

1. Gladilin L.V., Shchutskiy V.I., Batsezhev Yu.G. *Elektrobezopasnost' v gornodobyvayushchey promyshlennosti* (Electrical safety in mining industry), Moscow, Nedra, 1977, 327 p.
2. Kolosyuk V.P., Shchurin E.S., Chulika A.N. *Bezopasnaya ekspluatatsiya shakhtnykh elektroustanovok* (Safe operation of electrical installations in mines), Kiev, Tekhnika, 1980, 143 p.
3. *Pravila ustroystva elektroustanovok* (Electrical installation code), Moscow, Energoatomizdat, 2008.
4. *Pravila ekspluatatsii elektroustanovok potrebiteley* (User's manual on electrical installations), Moscow, Energoatomizdat, 2003.
5. *Edinye pravila bezopasnosti pri razrabotke mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh otkryтым способом ПБ 06-07-92* (Uniform safety rules for open cast mineral mining ПБ 06-07-92), Moscow, NPO OBT, 1992.
6. *Pravila bezopasnosti v ugol'nykh shakhtakh* (Safety rules in coal mines), Moscow, Energoatomizdat, 2003.
7. *Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii ugol'nykh i slantsevykh shakht* (Coal and shale mine standard code), Moscow, Nedra, 1976.
8. *Edinye pravila bezopasnosti pri razrabotke rudnykh, nerudnykh i rossypnykh mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh podzemnym способом ПБ 05-553-03* (Uniform safety rules for underground mining of metal-liferous, nonmetalliferous and placer deposits ПБ 05-553-03), Moscow, PO OBT, 2003.
9. *Pravila bezopasnosti pri razrabotke ugol'nykh mestorozhdeniy otkryтым способом ПБ 05-356-00* (Uniform safety rules for open cast coal mining ПБ 05-356-00), Moscow, PO OBT, 2001.