

**МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ ОТ ЭЛЕКТРОВОЗНОЙ ОТКАТКИ
В ШАХТАХ**

В. П. Колосюк, В. Н. Чебенко

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: bgd@kdu.edu.ua

А. В. Колосюк

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
ул. Героев Небесной Сотни, 14, г. Краматорск, 84333, Украина.

E-mail: andrii_vladimirovich@ukr.net

Обосновано совершенствование методологии определения блуждающих токов при применении контактной электровозной откатки в подземных выработках шахт. Предложен рельсовый путь и длинный металлический предмет (бронированный кабель или трубопровод) представлять в виде сдвоенной П-образной схемы замещения, а растекание тока с рельс в землю как сосредоточенные электрические сопротивления между рельсами и почвой выработки – одно у тяговой подстанции, а другое у нагрузки, что позволяет определять токи в рельсах, длинных металлических предметах и в земле по методам расчета электрических цепей. Получены зависимости токов и наводимых ими потенциалов рельс-земля и кабель-земля от продольных сопротивлений рельсов и длинных металлических предметов, а также сопротивлений, имитирующих растекание тока по земле. Показано, что величины потенциалов от блуждающих токов превышают допустимые по условиям воспламенения метано-воздушной смеси и представляют опасность для преждевременного взрыва зарядов взрывчатых веществ (ВВ) при ведении буровзрывных работ (БВР) в шахтах. Рекомендовано использовать разработанную методологию при разработке мер безопасности ведения БВР и применения откатки контактными электровозами в угольных и железорудных шахтах, в том числе для определения размеров опасной зоны, в пределах которой необходимо отключать напряжение по условиям предотвращения взрывов зарядов ВВ от блуждающих токов.

Ключевые слова: электровозная откатка, заряд ВВ, блуждающий ток, потенциал.

**МОДЕЛЮВАННЯ УМОВ ВИНИКНЕННЯ
БЛУКАЮЧИХ СТРУМІВ ВІД ЕЛЕКТРОВОЗНОЇ ВІДКАТКИ В ШАХТАХ**

В. П. Колосюк, В. М. Чебенко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна.

E-mail: bgd@kdu.edu.ua

А. В. Колосюк

Донбаська національна академія будівництва і архітектури
вул. Героїв Небесної Сотні, 14, м. Краматорськ, 84333, Україна.

E-mail: andrii_vladimirovich@ukr.net

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Обґрунтовано вдосконалення методології визначення блукаючих струмів у разі застосування контактної електровозної відкатки у підземних виробках шахт. Запропоновано рельсовий шлях та протяжний металевий предмет (броньований кабель чи трубопровід) представляти як здвоєну П-образну схему заміщення, а розтікання струму з рейок у землю як зосереджені електричні опори – один у тягової підстанції, а другий у навантаженні, що дозволяє визначати струми у рейках, протяжних металевих предметах та у землі за методами розрахунку електричних кіл. Отримано залежності струмів і наведених ними потенціалів рейки-земля та кабель-земля від повздовжніх опорів рейок і протяжних металевих предметів, а також опорів, імітуючих розтікання струму по землі. Показано, що величини потенціалів від блукаючих струмів перевищують допустимі за умов запалювання метано-повітряної суміші та представляють небезпеку для дотермінового вибуху зарядів вибухових речовин (ВР) при веденні буровибухових робіт (БВР) у шахтах. Рекомендовано застосування розробленої методології при розробці заходів безпечного ведення БВР та використанні відкатки контактними електровозами у вугільних і залізрудних шахтах, у тому числі для визначення розмірів небезпечної зони, у межах якої необхідно вимикати напругу за умов попередження вибухів зарядів ВР від блукаючих струмів.

Ключові слова: електровозна відкатка, заряд ВР, блукаючий струм, потенціал.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Как известно, в шахтах для доставки грузов к забоям и вывоза полезных ископаемых и горной массы от забоев применяется откатка контактными электровозами с двигателями постоянного тока. Одним из проводов для питания электровозов является медный контактный провод, подвешиваемый к кровли выработки с применением специальных изоляторов, а другим проводом - металлические рельсы, укладываемые на почву выработки с помощью деревянных шпал. По сути рельсы, как обратный токопровод, не изолированы от земли, вследствие чего создаются условия, особенно при высоком загрязнении и влажности, для проникновения части тягового тока в землю и блуждание его по земле, трубопроводам, металлической крепи горных выработок и другим металлическим предметам, имеющимся в шахте. При этом возникает электрокоррозия как рельсов, так и других металлических предметов с уносом металла, из-за протекания блуждающих токов и наводятся электрические потенциалы на землю и металлических предметах, которые представляют опасность преждевременного взрыва зарядов ВВ при ведении взрывных работ в шахтах, а также взрыва метана от блуждающих токов в шахтах, опасных по газу. Интенсивность электрокоррозии и величина наводимых потенциалов зависят от величины блуждающих токов. В известных публикациях [1–4] оценка блуждающих токов дается для самого простого случая без учета специфики подземных выработок шахт, в частности без наличия трубопроводов, бронированных кабелей тросов, металлической крепи и т.п. Приведенные формулы для определения блуждающих токов сложны и не учитывают указанной специфики. Поэтому совершенствование методологии определения блуждающих токов, как и оценка их влияния на условия безопасности,

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

чему посвящена настоящая работа, является актуальным и важным вопросом для повышения безопасности работ в шахтах.

Цель работы – совершенствование методов определения блуждающих токов в шахтах с учетом того, что обратный провод контактной тяговой сети должен учитывать не только рельсовый путь, но и проводящие горные породы и наличие протяженных металлических предметов.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Исходим из традиционной схемы контактной откатки (рис. 1), на которой показан преобразовательный агрегат тяговой подстанции, контактный провод, рельсовый путь и один электровоз. На этом же рисунке показана схема замещения контактной сети в виде длинной линии с распределенными параметрами: R_p – продольное сопротивление элемента рельсового пути, R_{Π} – сопротивление растекания элемента рельсового пути, r_3 – сопротивление заземления рельсов.

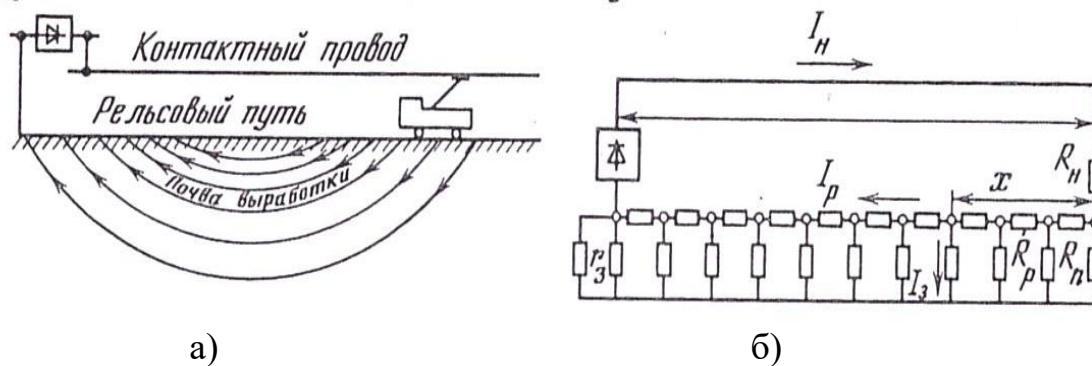


Рисунок 1 – Упрощенная схема контактной сети (а) и схема замещения (б):
 R_H – сопротивление имитирующее схему электровоза; I_H , I_p , I_3 – токи соответственно в контактном проводе, рельсах и растекания на землю через элемент рельсового пути

Приведенный рисунок характеризует самый простой случай возникновения блуждающих токов, когда в выработке отсутствуют другие металлические предметы и блуждающие токи протекают только в земле. При этом различают две зоны: катодная, где блуждающие токи направлены из рельсов в землю, и анодная, где блуждающие токи направлены из земли в рельсы.

Токи в рельсах и почве распределяются обратно пропорционально их сопротивлению, значение блуждающего тока определяется из выражения [2]

$$I_3 = I_p R_p / (R_{\Pi} + R_{\text{ПЕР}}), \quad (1)$$

где I_p – ток, проходящий по рельсам; R_p – сопротивление рельсов; $R_{\text{ПЕР}}$ – переходное сопротивление между рельсом и почвой. Переходное сопротивление между рельсом и почвой определяется по формуле сопротивления горизонтального заземлителя, расположенного у поверхности земли

$$R_{\text{ПЕР}} = (0,732\rho / l) \lg 4l / b, \quad (2)$$

где l и b – длина и ширина полосы (подошвы рельсов); ρ – кажущееся удельное сопротивление земли (для ориентировочных расчетов принимается $100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$) [3].

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Разность потенциалов между рельсовым путем и окружающими горными породами или металлическими предметами, находящимися в выработке, в некоторых случаях может достигать десятков вольт. Тогда в результате соприкосновения одного из проводов с поврежденной изоляцией, идущих к электродетонаторам (при ведении буровзрывных работ), а второго – с породой или металлическим предметом может произойти воспламенение электродетонаторов. Исследования показали, что разность потенциалов блуждающих токов свыше 7,5 В является опасной для воспламенения метано-воздушной смеси. Для более общего случая, когда в выработке с контактной откаткой проложены протяженные металлические предметы (бронированные кабели, трубопроводы, металлическая крепь и т.п.), который является типичным для условий подземных выработок горных предприятий, токи в рельсах, кабеле и земле, а также потенциалы рельс - земля и кабель-земля зависят от большого числа параметров и определяются сложными математическими выражениями, выполнение анализа по которым представляет значительные трудности. Для этого пригоден более простой метод определения блуждающих токов и потенциалов, если принять следующие допущения.

Поскольку в анодной зоне токи вытекают из рельсов, а в катодной, наоборот притекают к рельсам, схему замещения рельсового пути можно представить в виде простой П-образной цепи. Рассматривая случай когда электровоз находится в конце рельсового пути и принимая, что анодная и катодная зоны равны и симметрично расположены относительно середины участка рельсового пути, анодную и катодную зоны на упомянутой схеме можно представить в виде двух одинаковых сосредоточенных сопротивлений R_1 , подключенных между рельсами и землей соответственно в начале (у тяговой подстанции) и в конце (у нагрузки) рельсового пути. Представим, что по этим сопротивлениям ток вытекает из рельсов в землю (у тяговой подстанции) и притекает из земли в рельсы (у нагрузки). Продольное сопротивление рельсового пути можно представить также в виде одного сосредоточенного сопротивления R_p , подключенного между тяговой подстанцией и нагрузкой.

Параметры протяженного металлического предмета, например, бронированного кабеля, расположенного в выработке параллельно рельсовому пути, также можно представить в виде П-образной схемы замещения. Анодная и катодная зоны протяженного металлического предмета характеризуются двумя сосредоточенными сопротивлениями R_2 , подключенными между указанным металлическим предметом и землей в начале и в его конце. Продольное сопротивление металлического предмета (оболочки бронированного кабеля или металлического трубопровода) можно также представить в виде сосредоточенного сопротивления R_k , подключенного между сопротивлениями R_2 . Представление бронированного кабеля в виде такой схемы замещения понятно, если учесть, что кабель обязательно заземлен в своем начале в околоствольном дворе (у подстанции, расположенной, как правило, вблизи тяговой подстанции), а также имеет заземление в своем конце в месте входа в коммутационный аппарат или в иной аппарат. Окончательную схему процесса растекания блуждающего тока получим совмещением схемы замещения рельсового пути, протяженного металлического предмета и сопротивления горных пород R_3 (рис. 2).

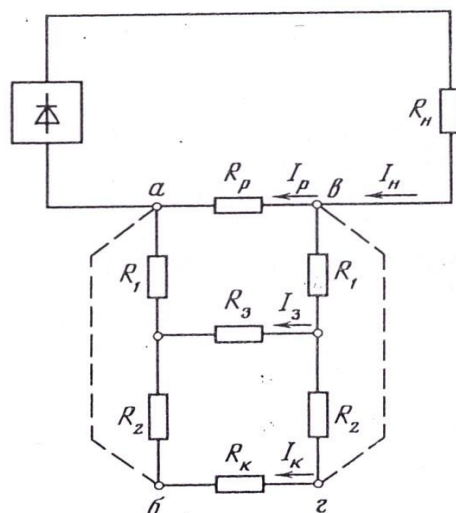


Рисунок 2 – Формалізована схема процесу растекання блуждаючого тока

Суммарное сопротивление рельсового пути зависит от длины пути, типа рельс, способа их соединения, степени загрязнения, обводненности горных выработок и других факторов, а для рельсов Р18 равно $62 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{км}$, или примерно втрое выше. Целесообразно считать, что R_p является переменной величиной. Суммарное продольное сопротивление металлических трубопроводов и металлических оболочек кабелей может быть определено в зависимости от их длины по известным удельным сопротивлениям. Так общее продольное сопротивление оболочек кабелей с учетом мест их соединения на длине 1 км в зависимости от сечения колеблется в пределах 0,8—3,7 Ом/км (меньшие значения соответствуют большим сечениям кабелей). Сопротивления R_1 и R_2 , характеризующие электрические процессы, происходящие в анодной и катодной зонах рельсового пути, зависят от сопротивления горных пород и переходного сопротивления между рельсовым путем и землей. Общее переходное сопротивление между рельсовым путем и землей R_{Π} может быть измерено с помощью измерителя. При этом на основании рассмотрения цепи, по которой протекает измерительный ток, имеем

$$R_{\Pi} = R_1 (R_p + R_3 + R_k) / (2 R_1 + R_3 + R_k). \quad (3)$$

Задаваясь значением R_3 при известных R_{Π} и R_p , можно определить сопротивление R_1 . Для упрощения можно принять, что $R_1 = 2 R_{\Pi}$ или $R_{\Pi} = R_1 / 2$. Сопротивление заземления рельсов r_3 осуществляется путем соединения их с заземлителями в околоствольном дворе и оно не должно превышать $r_3 = 2 \text{ Ом}$. Для упрощения также можно принять, что $R_2 = 2 r_3$ или $r_3 = R_2 / 2$. Такое допущение легко уясняется применительно к бронированному кабелю, заземленному у своих концов и оно приемлемо и для металлических трубопроводов также заземленных у обоих концов. При расчетах можно принять, что на схеме замещения сопротивление R_3 , характеризующее условия растекания тока по земле, равно общему продольному сопротивлению металлического предмета, проложенного в той же выработке, что и рельсовый путь. Следует учесть тот факт, что в соответствии с правилами безопасности угольных шахт [6] общее сопротивление за-

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

землення не должно превышать 2 Ом. По экспериментальным данным рекомендуется принимать значения расчетных величин переходных сопротивлений между рельсовыми нитями околоствольного пути и почвой в зависимости от поперечного сечения рельсов в пределах от 0,02 до 0,15 Ом / км. Примем для расчетов, что оптимальная длина рельсового пути равна 3 км. Тогда общее расчетное значение переходного сопротивления одноколейного рельсового пути относительно земли составит 0,0066 – 0,05 Ом.

По изложенной методологии получены зависимости для определения токов при условии, что рельсы в тяговой подстанции заземлены (перемычка между точками а и б схемы рис. 2 замкнута)

$$\text{ток в рельсах} \quad I_p = I_H (2R_{\Pi} + R_s) / (2R_{\Pi} + R_s + R_p); \quad (4)$$

$$\text{ток в земле} \quad I_3 = I_H R_p (2r_3 + R_k) / (2r_3 + 2R_k + R_3)(2R_{\Pi} + R_s + R_p); \quad (5)$$

$$\text{ток в кабеле} \quad I_k = I_H R_p (R_k + R_3) / (2r_3 + 2R_k + R_3)(2R_{\Pi} + R_s + R_p), \quad (6)$$

где $R_s = (2r_3 + R_k) (R_k + R_3) / (2r_3 + 2R_k + R_3)$; $R_3 = 2r_3 R_{\Pi} / (r_3 + R_{\Pi})$.

Потенциалы рельс-земля и кабель-земля у нагрузки определяются как падения напряжения на сопротивлениях $2R_{\Pi}$ и $2r_3$:

$$\text{рельс-земля} \quad U_p = I_H 2R_p R_{\Pi} / (2R_{\Pi} + R_s + R_p); \quad (7)$$

$$\text{кабель-земля} \quad U_k = I_H 2R_p r_3 (R_k + R_3) / (2r_3 + 2R_k + R_3)(2R_{\Pi} + R_s + R_p). \quad (8)$$

Аналогично определяются потенциалы у подстанции:

$$\text{потенциал рельс-земля} \quad U_p = I_3 r_3 2R_{\Pi} / (r_3 + R_{\Pi}); \quad (9)$$

$$\text{потенциал кабель-земля} \quad U_k = I_3 R_{\Pi} 2r_3 / (r_3 + R_{\Pi}). \quad (10)$$

Из полученных формул следует, что при принятых допущениях у подстанции потенциал рельс-земля равен потенциалу кабель-земля. С учетом выражения (5) имеем

$$U_p = U_k = I_H 2R_p R_{\Pi} r_3 (2R_{\Pi} + R_3) / (r_3 + R_{\Pi})(2r_3 + 2R_k + R_3)(2R_{\Pi} + R_s + R_p). \quad (11)$$

По полученным формулам произведены расчеты токов и потенциалов при значении параметров: $r_3 = 2$ Ом (согласно правилам безопасности); $R_k = 5$ Ом; $R_{\Pi} = 0,05$ Ом (в соответствии с длиной контактной сети 3 км); номинальном токе $I_H = 100$ А (например, при применении 14 – тонного электровоза с поминальной мощностью двух двигателей 88 кВт); сопротивлении рельсового пути $R_p = 3,6$ Ом. Получили: ток в рельсах $I_p = 40$ А; ток в оболочке кабеля $I_k = 20$ А; ток в земле $I_3 = 40$ А; потенциал рельс-земля $U_p = 32$ В; потенциал кабель-земля $U_k = 75$ В. Оценивая полученные результаты, можно сделать вывод, что величина потенциалов, наводимых блуждающими токами, превышает 7,5 В и поэтому представляет опасность воспламенения метана в шахтах, опасных по газу при искрении в цепях блуждающих токов.

Опасность преждевременного взрыва ВВ от блуждающих токов оценивается величиной тока, который может протекать в цепи электродетонаторов, если электровзрывная сеть (ЭВС) окажется под действием потенциалов рельс-земля или кабель-земля или рельс-кабель. Блуждающие токи попадут в ЭВС только в

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

случае, если она хотя бы двумя точками с поврежденной изоляцией контактирует с элементами, между которыми имеется разность потенциалов, созданная блуждающими токами. Особенно опасен случай, когда между точками контакта окажется всего один электродетонатор (ЭД), так как через него при прочих равных условиях пройдет наибольший ток, зависящий как от потенциала, так и от общего сопротивления электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = k [2l_c r_c + l_d r_d + N(l_k r_k + r_3)], \quad (11)$$

где $k = 1,24$; l_m, l_d, l_k – соответственно длина магистральных, участковых и концевых проводов (м), r_c, r_d, r_3 – соответственно сопротивление 1 м магистрального, участкового и концевого провода (Ом); r_3 – сопротивление одного электродетонатора (Ом); N – число последовательно соединенных электродетонаторов.

Согласно имеющимся данным сопротивление проводов, применяемых для электровзрывания, составляет от 0,041 до 0,52 Ом / м, а сопротивление электродетонаторов, применяемых для угольных шахт с проводами – 1,8 – 3,6 Ом [7]. Расчеты свидетельствуют, что при отмеченных величинах потенциалов блуждающих токов через один электродетонатор в электровзрывной сети с длиной магистральных проводов даже 100 м протекает блуждающий ток более безопасного тока электродетонатора, равного 0,2А. Это подтверждает реальную опасность взрывов зарядов ВВ от блуждающих токов электровозной контактной откатки. Одним из методов предотвращения такой опасности является отключение напряжения контактной электровозной сети при ведении буровзрывных работ в шахтах в пределах опасной зоны. Опасной зоной по длине рельсовой цепи считается зона, в которой величина протекающего в электровзрывной сети блуждающего тока ($I_{\text{бл}}$) превышает треть безопасного тока электродетонатора ($I_{\text{без}}$), т.е. $I_{\text{бл}} > I_{\text{без}} / 3$. Как показано ранее, блуждающий ток зависит от сопротивления рельсовой цепи, которое в свою очередь зависит от ее длины. Определение размеров опасной зоны может быть выполнено с привлечением полученных результатов настоящих исследований. Обеспечение общей безопасности, при ведении буровзрывных работ в шахтах, в том числе по предупреждению взрывов метана изложено в работах [8, 9].

ВЫВОДЫ. 1. Обосновано совершенствование методологии определения блуждающих токов, возникающих при применении электровозной контактной откатки в подземных выработках шахт.

2. Предложено рельсовый путь и имеющиеся в шахте протяженные металлические предметы представлять в виде сдвоенной электрической П-образной цепи с сосредоточенными сопротивлениями, имитирующими растекание постоянного тока в землю, что позволяет определять блуждающие токи и наводимые ими потенциалы методами расчета электрических цепей.

3. Обоснованы параметры схем замещения и установлены зависимости для определения токов в рельсах, в земле и в протяженных предметах (оболочках кабелей), проложенных в выработках с рельсовым путем, а также наводимых блуждающими токами потенциалов рельс-земля и кабель-земля, позволяющие оценить опасность взрыва зарядов ВВ блуждающими токами контактной электровозной откатки.

4. На основаниі отриманих результатів рекомендовано використовувати розроблену методологію визначення блуждаючих токів при розробці мер безпеки ведення буровзривних робіт і застосуванні відкатки контактними електровозами в угольних і залізничних шахтах, в тому числі для визначення розмірів небезпечної зони, в межах якої необхідно відключення напруги за умов запобігання вибухів зарядів ВВ від блуждаючих токів.

ЛИТЕРАТУРА

1. Граевский М. М., Ермошин В.Ф., Залесский П. С. и др. Защита зарядов взрывчатых веществ от преждевременных взрывов блуждающими токами. Под ред. М. М. Граевского. М.: Недра, 1987. 381 с.
2. Озерной М. И., Петров Ю. С. Исследование воздействия блуждающих токов на электровзрывные цепи и обоснование безопасных параметров электротонаторов. *Горный журнал*, 1972, № 6. С. 137–145.
3. Озерной М. И., Петров Ю. С. Критерии оценки горных предприятий по степени опасности в отношении преждевременных взрывов зарядов сторонними токами. В сб.: Проблемы охраны труда, Казань, 1974. С. 88–89.
4. Граевский М. М. Электрическое взрывание зарядов от сетей переменного тока. М.: Недра, 1974. С.40–50.
5. Колосюк В. П., Трач А. И. Электроснабжение шахтных контактных электровозов: Справочное пособие. М.: Недра, 1992. 256 с.
6. НПАОП 10.0 –1.01 – 10. Правила безпеки у вугільних шахтах. Київ: Держгірпромнагляд України, 2010. 432 с.
7. Способи ініціювання зарядів вибухових речовин: Навчальний посібник. В. В. Соболев, А. В. Чернай, В. М. Чебенко, О. В. Скобенко. Д.: ТОВ «ЛізуновПрес», 2013. 88 с.
8. Развитие мер безопасности при сотрясательном взрывании в шахтах. В. П. Колосюк, В. Н. Чебенко, А. А. Мурашко, А. В. Колосюк. *Журнал Уголь Украины*, 2016, № 11-12. С. 33–39.
9. Колосюк В. П., Чебенко В. Н., Колосюк А. В. Меры безопасности при сотрясательном взрывании в угольных шахтах. *Материалы XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні технології ведення буровибухових робіт та безпека застосування гранульованих і емульсійних вибухових речовин. Їх економічна ефективність і технологічна безпека»*. Кременчук: КрНУ, 2016. С. 39–44.

MODELING THE CONDITIONS FOR THE AWARENESS OF WALKING CURRENTS FROM ELECTRIC ROLLING IN MINES

V. Kolosyuk, V. Chebenko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: bgd@kdu.edu.ua

A. Kolosyuk

Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture

vul. Heroyiv Nebesnoyi Sotni, 14, Kramatorsk, 84333, Ukraine.

E-mail: andrii_vladimirovich@ukr.net

Purpose. Improvement of methods of determination of wandering currents in mines taking into account that the return wire of the contact traction network should consider not only the track, but also the conducting rocks and the presence of extended metallic objects **Methodology.** Improvement of the methodology of determination of wandering currents at application of contact electric locomotive rolling back in underground workings of mines is substantiated. The theoretical bases of determination of parameters of the system of pulse power supply of the consumer are outlined. **Results.** Improvement of the methodology for determining the wandering currents arising from the use of locomotive contact rollback in underground mine workings is substantiated. It is suggested that the track and the extended metallic objects in the mine be presented in the form of a dual electric U-shaped circuit with concentrated resistances simulating the spreading of direct current into the earth, which allows to determine the wandering currents and the induced potentials of the electric circuits. Substitution circuit parameters have been substantiated and dependencies have been established to determine the currents in rails, in the ground and in extended objects (cable sheaths) laid in the workings with the rail track, as well as the routing earth and cable-earth potentials that give rise to the potential for explosion of explosive substance by the wandering currents of contact electric locomotive rollback. On the basis of the obtained results, it is recommended to use the developed methodology for determining the wandering currents in the development of safety measures for drilling and blasting operations and the use of rolling away by contact electric locomotives in coal and iron ore mines, including to determine the size of the danger zone, within which the conditions for preventing the exclusion of voltages charges from stray currents.. **Originality.** For the first time, it was proposed the method of modeling the conditions for the awareness of walking currents from electric rolling in mines to ensure safety during drilling and blasting operations. **Practical value.** Given that the wandering current depends on the resistance of the rail circuit, which in turn depends on its length, the determination of the size of the danger zone can be performed by drawing on the obtained results of the present studies, which contributes to the overall safety during the blasting operations in the mines. References 9, figures 2.

Key words: switching power, line, consumer, load, active resistance, inductance, current, voltage, power.

REFERENCES

1. Graevskiy, M., Yermoshyn, V., Zalesskiy, P. (1987), *Zaschita zaryadov vzryivchatyih veschestv ot prezhddevremennyih vzryivov bluzhda-yuschimi tokami*, [Protection of explosive charges against premature explosions with stray currents], Nedra, Moscow, Russia.
2. Ozernoy, M., Petrov, Yu. (1972), "Investigation of the influence of stray currents on electric blasting circuits and the justification of the safe parameters of electric detonators", *Gorniy zhurnal*, no. 6, pp. 137-146.
3. Ozernoy, M., Petrov, Yu. (1974), *Kriterii ocenki gornyh predpriyatij po stepeni opasnosti v otnoshenii prezhddevremennyih vzryivov zaryadov storonnimi tokami*, [Criteria of safety assessment of mining enterprises according to the degree of danger in relation to premature explosions of charges by stray currents], Nedra, Moscow, Russia.

ria for assessing mining enterprises by the degree of danger in relation to premature explosions of charges by external currents], Kazan, Russia.

4. Graevskiy, M. (1974), *Elektricheskoe vzryvanie zaryadov ot setej peremennogo toka*, [Electric blasting of charges from AC networks], Nedra, Moscow, Russia.

5. Kolosyuk, V., Trach, A. I. (1992), *Elektrosnabzhenie shahtnyih kontaktnyih elektrovozov: Spravochnoe posobiye*, [Power supply of mine contact electric locomotives: Reference manual], Nedra, Moscow, Russia.

6. NPAOP 10.0 - 1. 01 - 10. Safety rules in coal mines. K.: Derzhgir-Promnadzor Ukraine, 2010. 432 p.

7. Sobolev, V., Chernay, A., Chebenko, V., Skobenko, O. (2013), *Sposobi pidrivannya zaryadiv vibuhovih rechovin. Navchalny posibnik.*, [Ways of blasting charges of explosives. Tutorial.], Lizunov Pres, Dnipro, Ukraine.

8. Kolosyuk, V., Chebenko, V., Murashko, A. Kolosyuk, A. (2016), "The development of safety measures in shocking blasting in mines", *Ugol Ukrainyi*, no. 11-12, pp. 33–39.

9. Kolosyuk, V., Chebenko, V., Kolosyuk, A. (2016), "Safety measures in the case of a blast in coal mines". *Proceedings of the XIII All-Ukrainian Scientific and Technical Conference "Modern technologies of drilling and blasting and safety of granular and emulsion explosives. Their cost-effectiveness and technological security"*. Kremenchuk: KRNU, 2016. pp. 39–44.

Стаття надійшла 27.11.2019.