

В. П. Шупов /к. т. н./

Национальная металлургическая академия
Украины, г. Днепро, Криворожский
металлургический институт, г. Кривой Рог,
Украина

Использование принципа избыточности для повышения надежности управления взрывами на карьерах по радиоканалу

V. P. Shupov /Cand. Sci. (Tech.)/

National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro,
Krivoy Rog Metallurgical Institute, Krivoy Rog,
Ukraine

Using the principle of excavation to improve the reliability of the exploitation management on careers on the radio channel

Цель. Обеспечение высокой степени безотказности взрывания при управлении массовым взрывом по ультракоротковолновому радиоканалу.

Методика. Введение избыточности в энергетические, модуляционные, функциональные, кодовые и временные параметры команд управления.

Результаты. Разработана и широко используется аппаратура «Гром» и её модификации для управления массовыми взрывами на карьерах.

Научная новизна. Использование частотной манипуляции поднесущей частоты радиопередатчика для поразрядной синхронизации цифровых сигналов управления и широтной манипуляции для отображения значения разрядов сигнала. Введение служебных реперных разрядов в формат сигнала для увеличения помехоустойчивости.

Практическая значимость. Возможность использования радиоканала для телеуправления в условиях интенсивных помех. (Ил. 1, Библиогр.: 8 назв.)

Ключевые слова: карьер, взрывание, радиоканал, кодирование, модуляция.

Основным способом управления взрыванием блоков скважинных зарядов на карьерах при производстве массовых взрывов является использование ультракоротковолнового (УКВ) радиоканала для передачи команд дистанционного управления с безопасной зоны. Пионером такой разработки является аппаратура «Гром», сконструированная в 1982 г. НИИАЧерметом, прошедшая с того времени две модернизации («Гром-М», «Гром-МП») и выпускаемая опытным производством НИИАЧермет до сих пор [1–2]. Также находится в эксплуатации сходная по функционированию аппаратура «Друза-М» [3], а в последнее время начинает продвигать на горных предприятиях бывшего Союза свою аппаратуру «1670 Remote Firing Device» фирма Rothenbuhler Engineering (США) [4–5].

Главная задача, которая решается при создании такой аппаратуры, – обеспечение высокой степени безотказности взрывания, исключаящей

возможность как отказа срабатывания, так и несанкционированного срабатывания. Безотказность обеспечивается комплексом технических решений, положенных в основу разработки, и организационных мероприятий при ее эксплуатации. Требование к уровню надежности аппаратуры вытекает из показателей надежности исполнительного органа – электродетонатора. Так, требования стандарта к вероятности безотказной работы электродетонаторов как мгновенного действия, так и короткозамедленных, заключается в норме 0,9999 при доверительной вероятности 0,95. Следовательно, аппаратура управления должна иметь надежность хотя бы на порядок выше, т. е. вероятность ошибки должна быть не более 10^{-5} .

В данной работе рассматриваются основные аспекты использования принципа избыточности, положенные в основу радиоканала управления взрыванием на горных карьерах аппаратурой «Гром». Эти идеи могут быть использованы для

любых других применений цифрового радиоканала передачи команд телеуправления. Избыточность является универсальным показателем всех технических информационных систем, и обычно от нее стараются избавиться на стадии проектирования. Такие системы без избыточности относят к классу оптимальных. Введение избыточности выводит систему из класса оптимальных по параметру производительности, но привносит новые качества, в частности повышение достоверности приема кодовой команды в неблагоприятных условиях функционирования радиоканала.

Передача команд телеуправления отличается от передачи любой другой цифровой информации, по крайней мере, двумя особенностями. Во-первых, число команд очень ограничено по определению. Следовательно, на приеме происходит анализ принятой команды на соответствие одному из заранее известных кодов. Во-вторых, из-за ограниченного объема передаваемой информации не стоит проблема обеспечения высокой производительности канала. Эти особенности позволяют широко использовать различные виды избыточности канала без потери функциональных возможностей.

Выбор УКВ радиоканала обусловлен необходимостью принять радиосигнал с борта карьера на удалении до 6 км и в тоже время исключить распространение радиосигнала на большие расстояния в сотни и тысячи километров. Особенностью УКВ радиоканала является распространение сигнала только в пределах прямой видимости между передающей и принимающей антеннами. Для исключения пропадания сигнала из-за экранирования радиоволн рельефом местности, строениями и оборудованием рекомендуется использовать УКВ радиоканал в низкочастотной его части (30–80 МГц), где волны обладают существенной дифракцией, позволяющей обеспечивать связь за локальным препятствием [6].

Другой особенностью УКВ радиоканала является возможность кратковременного замирания сигнала из-за интерференции с сигналом, отраженным от какого-либо препятствия, например, противоположного борта карьера. УКВ радиоканал подвержен влиянию атмосферных и промышленных радиопомех, а диапазон 30–80 МГц в этом смысле является достаточно неблагоприятным. Электромагнитная обстановка на железорудных карьерах по различным исследованиям такова, что напряженность поля шумовых электромагнитных помех в указанном диапазоне частот составляет 2–10 мкВ/м [7], а это значительно превышает уровень чувствительности приемников современных УКВ радиостанций. Кроме непрерывных шумов, в канале могут проявляться импульсные помехи, значительно более

интенсивные, чем шумовые. В некоторых наиболее неблагоприятных обстоятельствах возможен кратковременный аномальный прием сигнала от очень далеких источников, как считается, за счет отражения волн от метеорных следов в атмосфере.

Помимо одиночных ошибок, изредка могут возникать пакетные ошибки, вызванные интенсивными импульсными помехами и замираниями радиосигнала. Пакетные ошибки приводят к искажению значительного числа разрядов команды, и ни один помехоустойчивый код не может нейтрализовать такие ошибки.

Указанные особенности канала должны быть учтены при разработке системы с высокой достоверностью передачи команд. Главным методологическим приемом обеспечения достоверности является использование различных видов избыточности: энергетической, модуляционной, функциональной, кодовой, временной. Отсутствие жестких требований к производительности канала позволяет в полной мере использовать такой прием.

Энергетическая избыточность. При проектировании систем промышленной радиотелемеханики стремятся создать в точке приема уровень напряженности поля переносчика сигнала на порядок больше уровня помех в случае аналогового сигнала и хотя бы в 2–3 раза больше в случае цифрового сигнала. Для УКВ радиосигналов промышленных АСУ ТП неоднократно проводились исследования вероятности появления ошибки связи в зависимости от уровня помех для различных видов модуляции сигнала. На рис. 1 показана зависимость вероятности появления ошибки Рош от отношения мощности сигнала P_c к мощности помех P_n для УКВ радиоканала с частотной модуляцией.

Приведенная на рис. 1 зависимость подтверждает эффективность повышения мощности передатчика в разумных пределах. Зная уровень напряженности поля электромагнитных помех E_n

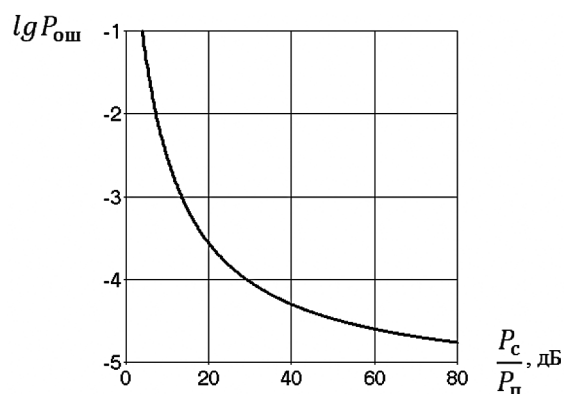


Рис. 1. Вероятность ошибки от соотношения сигнал – помеха

в карьере, выбираем такую мощность передатчика $R_{\text{пер}}$, чтобы обеспечить напряженность поля сигнала E_c , превышающую напряженность поля помех. Величину напряженности поля сигнала, распространяющегося в свободном пространстве, без учета интерференции, определяют известной в радиотехнике формулой:

$$E_c = \frac{\sqrt{30 \cdot R_{\text{пер}} \cdot G_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{пер}}}}{r} K_{\text{осл}}, \quad (1)$$

где E_c – действующее значение напряженности, В/м; $R_{\text{пер}}$ – мощность передатчика, Вт; $G_{\text{пер}}$ – коэффициент направленности передающей антенны; $\eta_{\text{пер}}$ – КПД антенного фидера передатчика; r – удаление исполнительного блока от командного, м; $K_{\text{осл}}$ – коэффициент ослабления радиоволн средой на интервале r .

$K_{\text{осл}}$ характеризует потери на распространение волны в пространстве. На расстоянии прямой видимости $K_{\text{осл}}$ может находиться в пределах от 0,25 до 1,0, но нужно принимать во внимание возможность работы не прямым, а отраженным от противоположного борта карьера сигналом. В этом случае значение $K_{\text{осл}}$ может уменьшиться до уровня 0,05.

Требуемое значение мощности передатчика для условия можно оценить следующим образом:

$$P_{\text{пер}} \geq 3,3 \frac{E_{\text{п макс}}^2 \cdot R_{\text{макс}}^2}{G_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{пер}} \cdot K_{\text{осл мин}}^2}. \quad (2)$$

Выражение (2) является условием обеспечения достаточной энергетической избыточности, при которой сигнал явно будет преобладать над помехой для худших условий радиосвязи. Для значений $E_{\text{п макс}} = 10$ мкВ/м; $R_{\text{макс}} = 5$ км; $G_{\text{пер}} = 1,0$; $\eta_{\text{пер}} = 0,6$ и $K_{\text{осл мин}} = 0,05$ получим $R_{\text{пер}} = 5,5$ Вт.

Эта цифра хорошо коррелирует с результатами натурных экспериментов в условиях карьеров.

Различными фирмами выпускается несколько относительно малогабаритных радиостанций в пределах мощности 5–10 Вт, работающих в низкочастотной части УКВ диапазона 30–80 МГц.

Модуляционная избыточность. Под модуляционной избыточностью понимают использование таких методов модуляции поднесущей частоты радиопередатчика, которые обеспечивают максимальную помехоустойчивость радиоканала. Серийные УКВ радиостанции и радиомодемы работают с частотной модуляцией несущей частоты, и потребитель не вправе изменить тракт высокой частоты. Диапазон поднесущих частот, которыми передается информация, находится в пределах 300 Гц – 3,4 кГц. В этом диапазоне возможно использование всех трех видов модуляции – амплитудной Ам, частотной Чм и фазовой Фм. В радиоканалах АСУ ТП фазовая модуляция практически

не применяется из-за неоправданной сложности кодера и декодера, вызванной необходимостью борьбы с явлением потери опорной фазы. Таким образом, выбор необходимо делать между Ам и Чм. Проще всего реализуется метод Ам одной поднесущей частотой с пассивной паузой. В этом случае на приеме в детекторе используется один частотный фильтр. Частота f_0 выбирается в средней части указанного диапазона 300 Гц – 3,4 кГц. Спектр сигнала состоит из рабочей частоты f_0 и двух боковых частот $f_0 - \Delta f$ и $f_0 + \Delta f$. При этом предельная скорость передачи $N_{\text{макс}} = \Delta f$. Достоинство амплитудной модуляции – простота реализации. Недостатком является то, что влияние помех и колебания уровня сигнала в канале приводят к существенным искажениям амплитуды сигнала, следовательно, к снижению помехозащищенности.

При использовании Чм приходится применять передачу кода с помощью двух поднесущих частот f_1 для нулей и f_2 для единиц. Эти частоты выбирают в том же диапазоне 300 Гц – 3,4 кГц, избегая их кратности между собой и промышленной частоте 50 Гц. В этом случае удваиваются аппаратные затраты на реализацию частотных кодеров и декодеров. Пассивная пауза отсутствует. Необходимая полоса частот Δf для передачи цифрового сигнала с допустимыми искажениями оценивается выражением:

$$\Delta f = \frac{f_2 - f_1}{2} = (1,4 - 1,5) m \cdot N, \quad (3)$$

где m – девиация частоты.

Тогда максимальная скорость передачи $N_{\text{макс}} = \Delta f / 1,4 \cdot m$.

В [8] показано, что для достижения вероятности ошибки приема одного бита информации Рош не более 10^{-5} при некогерентном приеме необходимо обеспечить значение величины N , характеризующей соотношение сигнал – помеха в полосе частот, занимаемой спектром послышки, равное 45 для амплитудной манипуляции и 22 – для частотной. Здесь:

$$N = \frac{Q}{P \cdot \Delta f_{\text{ф}} \cdot t}, \quad (4)$$

где Q – энергия сигнальной послышки; P – спектральная плотность шумовой помехи; $\Delta f_{\text{ф}}$ – полоса пропускания частотного фильтра нулей или единиц на приеме; t – длительность послышки одного разряда.

Следует иметь в виду, что при частотной манипуляции может возникнуть сбой поразрядной синхронизации при приеме кода с большим числом следующих друг за другом нулей или единиц, и тогда приемник может потерять границы битов. За счет введения дополнительной модуляционной избыточности – использование, кроме

частотной, еще и широтной манипуляции – этот дефект автоматически устраняется. При этом смена частот манипуляции осуществляет поразрядную синхронизацию кодового сигнала, а длительность битовой посылки отображает содержание бита: 0 или 1.

Таким образом, несмотря на усложнения технической реализации, с точки зрения максимальной достоверности приема команд, следует использовать частотно-широтную манипуляцию поднесущих частот радиоканала в сочетании с частотной модуляцией несущей частоты УКВ радиопередатчика.

Функциональная избыточность. Она заключается в использовании не одиночной команды, а их сочетания, поступающих в определенной, заранее известной последовательности, каждая из которых является необходимым, но не достаточным условием выполнения конечного действия.

Радиоканал управления взрыванием по определению должен передавать команду на взрывание, при приеме которой исполнительный блок в простейшем случае подключает электродетонатор к источнику электроэнергии, обеспечивающему создание требуемого тока через детонатор. Взрывной импульс от детонатора распространяется по взрывной сети блока скважинных зарядов, вызывая подрыв скважин в заданном порядке. Если аппаратно предусмотрено с целью безопасности исходное шунтирование выводов электродетонатора, то команда на взрывание сначала отключает это шунтирование, а потом подключает детонатор к источнику энергии – аккумулятору. Таким образом, функционально достаточным является использование только одной команды. Однако в этом случае существует потенциальная опасность несанкционированного взрыва по ряду причин.

Во-первых, ложный прием команд, хотя вероятность такого события незначительна. Для исключения такой возможности целесообразно осуществлять взрывание не одной, а несколькими командами, подаваемыми в определенной последовательности.

Во-вторых, техническая неисправность электрической цепи подключения детонатора к аккумулятору. В этом смысле целесообразно подключить детонатор не к постоянному источнику энергии – аккумулятору, а к вспомогательному источнику – накопительному конденсатору, который исходно находится в безопасном разряженном состоянии. Естественно, это требует усложнения конструкции из-за использования специального электронного генератора для заряда накопительного конденсатора. Емкость и напряжение конденсатора выбираются такими, чтобы обеспечить требуемую величину электро-взрывного импульса.

В этом случае для осуществления взрывания потребуются три независимых радиокоманды, следующих в перечисленном порядке. Первая команда «Разблокировать» приводит к снятию блокировки на возможность заряда накопительного конденсатора и размыкает предохранительную шунтирующую цепь с выходных зажимов исполнительного блока. Вторая команда «Заряд» вызывает включение генератора заряда накопительного конденсатора до рабочего напряжения. Третья команда «Взрыв» подключает электродетонаторы к накопительному конденсатору (если нужно, то с заданной заранее задержкой), после чего, выключает генератор зарядки накопительного конденсатора и восстанавливает предохранительную шунтирующую цепь. Для повышения безопасности используются дополнительные избыточности в виде временных блокировок. По команде «Разблокировать» исполнительный блок приходит в разблокированное состояние только на ограниченное время, например 10 минут, достаточное для инициирования взрывания, после чего самостоятельно возвращается в заблокированное состояние. Существуют и другие блокировки.

В устройстве «Гром», кроме указанных трех иницирующих команд, используется еще две для вспомогательных служебных нужд: «Заблокировать» для немедленного приведения исполнительных блоков в заблокированное состояние и «Запрос состояния» для проверки заблокированного состояния исполнительных блоков.

Таким образом, за счет использования избыточного количества команд возможность несанкционированного формирования взрывного импульса из-за приема ложной команды многократно уменьшается.

Кодовая избыточность. Любая команда управления представляет собой асинхронную бинарную посылку (код) определенной длины, содержащую информационные и служебные разряды. В качестве информационных выступают разряды собственно команды, разряды адреса исполнительного блока, которому адресуется команда, разряды признака данного предприятия и разряды, устанавливаемые индивидуально для данного массового взрыва в соответствии с проектом массового взрыва. Последние предотвращают возможность срабатывания при умышленной имитации команд управления с преступной целью.

В качестве служебных разрядов выступают битовая комбинация начала посылки (старт), а также специальные реперные биты, вводимые в соответствии с принципом избыточности, для повышения достоверности приема.

В условиях наличия сильных радиопомех правильность приема кодовых команд по радиоканалу часто оказывается критичной. Обычно

задача обеспечения требуемой достоверности решается применением помехоустойчивых кодов и контроля достоверности приема. Идея помехоустойчивого кода заключается в таком разнесении битовых комбинаций за счет введения избыточных (проверочных) битов, при котором искажения некоторых разрядов не приводит к искажению функционального содержания сообщения. При общем количестве разрядов кода n число информационных разрядов k и числе избыточных разрядов r избыточность кода можно оценить величиной $\frac{r}{n} = 1 - \frac{k}{n}$, а число возможных самостоятельных функциональных сообщений кода – величиной 2^k .

Количественным показателем избыточности корректирующего кода может служить число, показывающее, во сколько раз уменьшается скорость или увеличивается время передачи сообщений. Коэффициент избыточности определяется выражением:

$$R = \frac{n}{\log_2 N}, \quad (5)$$

где N – число сообщений.

Важно, чтобы кодовые комбинации различных команд максимально отличались друг от друга. Степень различия характеризуется кодовым расстоянием d – числом разрядов, в которых эти комбинации имеют различные символы. Критично значение $d_{\min}$. Все безыбыточные коды имеют значение $d = 1$, и в них все битовые комбинации рабочие. Существенным является оценка минимально необходимой избыточности кода. На практике чаще всего используют помехоустойчивые коды, у которых $d = 2$. Это коды с повторением, коды с четным числом или с постоянным числом единиц. Они позволяют избежать влияния сбоя в одном разряде. Одна разрешенная комбинация кода может перейти в другую только при двойной ошибке. При наличии интенсивных пакетных помех в канале и в случае очень жестких требований к достоверности приема коды с $d = 2$ нельзя считать приемлемыми.

Более выгодную помехоустойчивость обеспечивают коды Хэмминга, у которых $d_{\min}$ равно 3 или 4. Условие избыточности для таких кодов [8]:

$$r \geq \log_2 (n+1) \text{ для } d_{\min} = 3,$$

$$r \geq \log_2 (2n) \text{ для } d_{\min} = 4.$$

Для обеспечения сколь угодно высокой достоверности приема кодовой команды в реальном канале с помехами нужно увеличивать избыточность кода, следовательно, длину посылки. В то же время с ростом избыточности экспоненциально растет число операций по декодированию сообщения на приемной стороне. Поэтому в устройстве «Гром» избыточность за счет увеличения кодового расстояния дополняется избыточностью за счет введения в посылку репер-

ных разрядов, расположенных в заданных местах разрядной сетки. На приеме достаточно схемой совпадения зафиксировать наличие заданных значений в реперных разрядах, а после этого декодировать информационную часть кодового сообщения. Увеличение реперных разрядов не сказывается на усложнении декодирования, а только приводит к увеличению длительности команды. Общая длительность кодовой посылки может быть оценена следующим образом:

$$T = \left[\left(\frac{x_{10}}{f_1} + \frac{x_{20}}{f_2} \right) n_0 + \left(\frac{x_{11}}{f_1} + \frac{x_{21}}{f_2} \right) n_1 \right] \ell, \quad (6)$$

где f_1 и f_2 – поднесущие частоты манипуляции; x_{10} и x_{20} – число периодов, соответственно, частоты f_1 и f_2 и в разряде лог.0; x_{11} и x_{21} – число периодов, соответственно, частоты f_1 и f_2 и в разряде лог.1; n_0 – число разрядов лог.0 в посылке; n_1 – число разрядов лог.1 в посылке; ℓ – число дублирований посылки в сигнале команды.

На практике число реперных разрядов может достигать 100 % от числа информационных разрядов. При такой большой кодовой избыточности, особенно если число разрядов команд относительно велико ($n > 40$), вероятность ложного приема команды близка к нулю.

Временная избыточность. Методы временной избыточности предусматривают кратное дублирование команд и введение заданных временных блокировок между посылками команд.

Комплексно применяя избыточность по всем направлениям технической реализации передачи кодовых команд по радиоканалу, удастся обеспечить высокую достоверность телеуправления.

Библиографический список / References

1. Шупов В. П. Эксплуатация и модернизация аппаратуры «Гром» / В. П. Шупов, Е. И. Комский, Г. М. Моня // Горный журнал. – 1990. – № 6. – С. 47–48.
Shupov V. P., Komskiy E. I., Monya G. M. *Ekspluatatsiya i modernizatsiya apparatury "Grom"*. Gornyy zhurnal, 1990, no. 6, pp. 47–48.
2. Шупов В. П. Аппаратура «Гром-М» для дистанционного взрывания на карьерах и её усовершенствование / В. П. Шупов, Г. М. Моня, Е. И. Комский // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1999. – № 6. – С. 95–96.
Shupov V. P., Monya G. M., Komskiy E. I. *Apparatura "Grom-M" dlya distantsionnogo vzryvaniya na kar'erakh i ee usovershenstvovanie*. Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost', 1999, no. 6, pp. 95–96.
3. Лобко В. П. Опыт внедрения системы радио-взрывания «Друза М» / В. П. Лобко, И. О. Локотиллов // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – № 10. – С. 8.

Lobko V. P., Lokotilov I. O. *Opyt vnedreniya sistemy radiovzryvaniya "Druza M". Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2002, no. 10, p. 8.

4. Ищенко Н. И. Внедрение новых технологий как фактор повышения безопасности взрывных работ / Н. И. Ищенко, В. Ф. Монаков, О. В. Колтунов // Информационный бюллетень украинского союза инженеров-взрывников. – 2013. – № 3 (20). – С. 2–8.

Ishchenko N. I., Monakov V. F., Koltunov O. V. *Vnedrenie novykh tekhnologiy kak faktor povysheniya bezopasnosti vzryvnykh robot*. Informatsionnyy byulleten' ukrainskogo soyuza inzhenerov-vzryvnikov, 2013, no. 3 (20), p. 2–8.

5. Rothenbuhler Engineering. Home of the Talkie Tooter! 1670 Remote Firing Device [Electronic resource]. Available at: <http://rothenbuhlereng.com/>

6. Горячев А. А. Каналы радиосвязи АСУ ТП / А. А. Горячев. – М.: Связь, 1980. – 104 с.

Goryachev A. A. *Kanal'y radiosvyazi ASU TP*. Moscow, Svyaz', 1980, 104 s.

7. Поллер Б. В. Электромагнитная обстановка и радиоканалы передачи информации на горных предприятиях / Б. В. Поллер. – Новосибирск: Наука, 1979. – 102 с.

Poller B. V. *Elektromagnitnaya obstanovka i radiokanal'y peredachi informatsii na gornykh predpriyatiyakh*. Novosibirsk, Nauka, 1979, 102 p.

8. Пенин П. И. Системы передачи цифровой информации / П. И. Пенин. – М.: Советское радио, 1976. – 368 с.

Penin P. I. *Sistemy peredachi tsifrovoy informatsii*. Moscow, Sovetskoe radio, 1976, 368 p.

Purpose. *Providing a high degree of failure-free operation in the control of a mass explosion in the ultrashort wave radio channel.*

Methodology. *The introduction of redundancy in the energy, modulation, functional, code and time parameters of control commands.*

Findings. *The "Thunder" equipment and its modifications have been developed and widely used to control mass explosions in quarries.*

Originality. *The use of frequency subcarrier frequency shifting of a radio transmitter for digitally synchronizing digital control signals and latitudinal manipulation to display the value of the signal bits. The introduction of service reference digits in the signal format for increasing the noise immunity.*

Practical value. *The possibility of using a radio channel for telecontrol in conditions of intense interference.*

Key words: *quarry, blasting, radio channel, coding, modulation*

**Рекомендована к публикации
д. т. н. М. С. Четвериком**

Поступила 29.09.2017



УДК 332.3:622.272

Виробництво

Т. Г. Письменна

ПАТ «Кривбасзалізрудком», м. Кривий Ріг,
Україна

С. В. Письменний /к. т. н./,
О. Є. Куліковська /д. т. н./

ДВНЗ «Криворізький національний
університет», м. Кривий Ріг, Україна

Дослідження процесу відчуження земельних ділянок для їх використання гірничодобувними підприємствами з підземним способом видобутку

T. G. Pismenena

PAT «Krivbaszalizrudkom», Krivoy Rog, Ukraine

S. V. Pismenniy /Cand. Sci. (Tech.)/,
O. E. Kulikovska /Dr. Sci. (Tech.)/

DVNZ «Krivoriizky National University», Krivoy
Rog, Ukraine

Studying the process for the landing of land forms for their use of mining companies with long-term conditions of exploration

Мета. *Дослідження процесу відчуження земельних ділянок приватної власності громадян для використання гірничодобувними підприємствами з підземним способом видобутку шляхом визначення оптимального сценарію його інвестування за роками.*