

бот разработана долгосрочная программа реконструкции транспортной системы карьера ПАО «ЮГОК». Ее осуществление позволит эффективно отработать балансовые запасы месторождения.

Первый этап реконструкции транспортной системы карьера «ПАО «ЮГОК», заключающийся в проектировании и строительстве полутраншеи глубокого ввода железнодорожного транспорта, позволил увеличить пропускную способность рудного тракта на 3 млн т сырой руды в год, что существенно улучшило технико-экономические показатели работы карьера.

Библиографический список

1. Яковлев В. Л. Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров / В. Л. Яковлев. – Новосибирск: Наука, 1989. – 240 с.
2. Совершенствование транспортных схем выдачи руды для условий ОАО «Южный ГОК» / В. П. Протасов, К. А. Федин [и др.]. – Кривой Рог: Изд-во «Дионис», 2012. – 342 с.
3. Перегудов В. В. Современная методология формирования горнотранспортной системы карьера с использованием ГИС K-MINE на примере карьера «Южный ГОК» / В. В. Перегудов, И. А. Гамалинский, А. В. Романенко, К. А. Федин // Металлургическая и горнорудная про-

мышленность. – Днепропетровск: Укрметаллургинформ. – 2013. – № 7. – С. 126–130.

4. Реконструкция карьера в связи с его углубкой с целью поддержания мощности комбината. II очередь (до 2020 года) / ОАО «Укргипроруда». – Харьков, 2010.

5. Визначення параметрів бурових і вибухових робіт при виконанні будівництва траншеї: звіт про НДР / наук. кер. проф. Є. О. Несмашний. – Кривий Ріг: КТУ, 2009.

6. Визначення параметрів вибухових робіт, що забезпечують сейсмічну безпеку об'єктів, які охороняються навколо кар'єра ПівдГЗК з урахуванням використання сучасних вибухових речовин та засобів вибуху: звіт про НДР / наук. кер. проф. Є. О. Несмашний. – Кривий Ріг: КТУ, 2008.

7. Строительство траншеи глубокого ввода железнодорожного транспорта: Рабочий проект. Т. 1. Общая пояснительная записка // ОАО «Южгипроруда». – Харьков, 2008. – 36 с.

8. Единые правила безопасности при взрывных работах. – Киев: Норматив. 1992, – 172 с.

9. Проведення промислових вибухів. Норми сейсмічної безпеки. ДСТУ-4704:2008. – Київ: Держспоживстандарт України, 2008. – 16 с.

Поступила 21.09.2015



УДК 622.271.1.002.68:622.271

Производство

О. А. Медведева, С. Н. Киричко
Институт геотехнической механики
им. Н. С. Полякова НАН Украины

Стратегии разработки техногенных залежей хвостохранилищ

Проверено состояние хранилищ отходов обогащения Кривбасса. Установлены геометрические параметры залегания техногенных россыпей. Выбор добычного оборудования осуществляется исходя из условий его размещения в хвостохранилищах. (Ил. 4. Табл. 2. Библиогр.: 14 назв.).

Ключевые слова: технология, гидромеханизация, разработка, открытый способ, техногенные месторождения

The condition of beneficiating waste dumps of Krivbass is checked. Geometry of deposits of legacy placer is specified. The choice of mining equipment is made due to the conditions of its placement at tailing dumps.

Key words: technology, hydromechanization, development, open means, technogenic deposit

Актуальность исследования

Наибольшее количество ГОК и крупных шламонакопителей сосредоточено в окрестностях Кривого Рога (Днепропетровская область), где функционируют Северный, Центральный, Ингулецкий и Южный ГОК, ГОК «Сухая балка», Новокриворожский ГОК «Arcelor Mittal Кривой Рог», Криворожский железорудный комбинат (КЖРК) и ряд мелких предприятий. В других областях Украины выделим Полтавский ГОК (г. Комсомольск, Полтавская обл.) и Запорожский железорудный комбинат (ЗЖРК, г. Днепрорудное, Запорожская обл.). Эти предприятия являются одними из основных загрязнителей окружающей среды в своих регионах.

Каждый ГОК эксплуатирует как минимум одно крупное хранилище отходов (ХО). Всего в районе Кривого Рога находится восемь ХО. Это огромные резервуары, огороженные отвалами из шламов и пустой породы, которые наполнены пульпой (смесь измельченных отходов добычи руды с водой). По данным государственного проектно-конструкторского института обогащения оборудования («Гипромашобогатение»), в Приднепровском регионе (Днепропетровская, Запорожская и Кировоградская области) за счет отходов железорудных ГОК в ХО (которых всего около трехсот) аккумулировано более 3,5 млрд м³ отходов, из них (около 2,7–3 млрд м³) приходится на Днепропетровскую область, в том числе более 2 млрд м³ – на Кривбасс (табл. 1).

ХО горно-обогажительных комбинатов (ГОК) возводят, руководствуясь, прежде всего, требованиями безопасности эксплуатации, устойчивости бортов хранилища и надежности дамб обвалования [1–5]. Эти требования определяют геометрические параметры дамб обвалования: угол между основанием и внешним откосом дамбы обвалования, заложение наружного откоса дамбы обвалования, ширину верха дамбы обвалования. Этими же документами регламентируется длина пляжа, ширина карты и дли-

на фронта намыва. Граница земельного отвода под ХО определяет длину периметра и длины сторон, которые также регламентируют длину фронта намыва. Одновременно все эти величины являются определяющими для расчета параметров технологий гидромеханизации, применяемых при эксплуатации ХО.

Изложение материала

Технологии напорного и самотечного гидротранспортирования можно использовать как для доставки и складирования отходов обогащения, так и для доставки на повторную переработку добытых техногенных россыпей. В первом случае традиционно используется напорный гидротранспорт, а во втором перспективным считается самотечный, когда течение обеспечивает перепад геодезических высот начала и конца магистрали. Для этих технологий наиболее важными геометрическими параметрами ХО являются перепад геодезических высот и длина профиля образующей дамбы обвалования.

Технологии пульпообразования, гидромониторного размыва, использование земснарядов, а также технологии водоснабжения на основе насосов центробежного типа, как правило, составляют единую систему, функционирование которой прежде всего зависит от расстояния между местом водозабора и местом размещения добычного оборудования. Учитывая, что водозабор, как правило, остается на одном месте, а добычное оборудование в ходе отработки всего яруса перемещается по всему периметру верха дамбы обвалования, для этих технологий определяющими геометрическими параметрами ХО будет периметр верха дамбы, а также длины его прямых участков.

Применение технологий добычи россыпей открытым способом будет ограничиваться шириной верха дамб обвалования, боковых и заградительных дамб карты намыва, которые определяют габаритные размеры, вес и грузоподъемность оборудования.

Таблица 1

Параметры ХО ГОК Кривбасса

Наименование ХО	Высота дамб, м	Площадь, га	Емкость, млн м ³	Годовой объем отходов, млн м ³
«Войково» ЮГОК	От 50 до 74	250	156,5	11,50
«Объединенное» ЮГОК и АрселорМитталл	От 40 до 59	От 350 до 550	320,0	6,50
«Миропольское» АрселорМитталл	55	324	107,0	10,60
ХО ИнГОК	112	–	379,0	4,52
ХО ЦГОК	10	–	290,0	7,00
ХО СевГОК	76	1293	466,0	8,84
ХО № 2 ЦОФ шахта «Северная» им. В. А. Валявко	10	300	210,0	Не эксплуатируется

Геометрические параметры залегания техногенных россыпей обуславливаются длиной пляжа, шириной карты и длиной фронта намыва, а также законом распределения по длине пляжа ценного компонента в виде длин пляжа, которые отсчитываются от дамбы обвалования (рис. 1).

Эти величины определяют длину техногенного месторождения по простиранию яруса намыва, которая представлена суммой таких составляемых:

$$L_{III} = L_P + L_h, \quad (1)$$

где L_{III} – длина техногенного месторождения по простиранию яруса намыва; L_P – длина техногенной залежи по простиранию яруса намыва; L_h – вскрыша.

Для техногенных россыпных месторождений, образованных при складировании отходов обогащения гидравлическим способом, величина L_P не зависит от степени просушки пляжа, параметров дамб обвалования и высоты яруса намыва. Эта величина определяется свойствами твердых частиц, их гранулометрическим и компонентным составами, расходом и концентрацией пульпы, подаваемой на карту, а также требованиями к добываемым россыпям:

$$L_P = L_{II} - L_I, \quad (2)$$

где L_{II} – расстояние от внутреннего откоса дамбы обвалования, начиная с которого отходы обогащения не считаются техногенной россыпью; L_I – расстояние от внутреннего откоса дамбы обвалования, начиная с которого отходы обогащения считаются техногенной россыпью.

Основными признаками, по которым отходы обогащения относят к техногенной россыпи, являются содержание железа, плотность и крупность частиц. Перспективным является использование в этом случае гидравлической крупности частиц складироваемых отходов как характеристики, одновременно учитывающей плот-

ность и размер твердых частиц. Как показывает анализ ряда исследований [1–9] распределение вышеуказанных величин по длине пляжа может быть линейным, экспоненциальным, степенным, гиперболическим и параболическим. Условием определения L_I и L_{II} для формул будет следующее неравенство:

$$\Phi(L_I, L_{II}) \geq [\Phi], \quad (3)$$

где $[\Phi]$ – допустимое для техногенного месторождения значение фактора.

На выбор закона распределения твердых частиц по длине пляжа существенное влияние оказывает технология замыва карт. Решения неравенства (2) во всех случаях, кроме параболического закона, предполагает равенство нулю величины L_I . При этом характерный для параболического закона максимум соответствует случаю, когда возле внутреннего откоса дамбы в результате вымывания частиц струей пульпы обвалования образуется воронка. При перемещении в этой воронке частицы ценного компонента получают достаточно энергии, чтобы отскочить от откоса дамбы и аккумулироваться на некотором расстоянии от нее [1–5; 9].

Величина L_h зависит от соотношения углов откоса дамбы обвалования и внутреннего трения частиц россыпи при заданной влажности. Если угол откоса дамбы обвалования не превышает угол внутреннего трения частиц россыпи, то длина вскрыши будет определяться по следующей формуле:

$$L_h = (tg\alpha + tg\varphi)h_P, \quad (4)$$

а в случае если угол откоса дамбы обвалования больше угла внутреннего трения частиц россыпи, используется зависимость:

$$L_h = 2h_P tg\varphi, \quad (5)$$

где h_P – высота яруса намыва; α – угол откоса дамбы обвалования; φ – угол внутреннего трения частиц россыпи при заданной влажности.

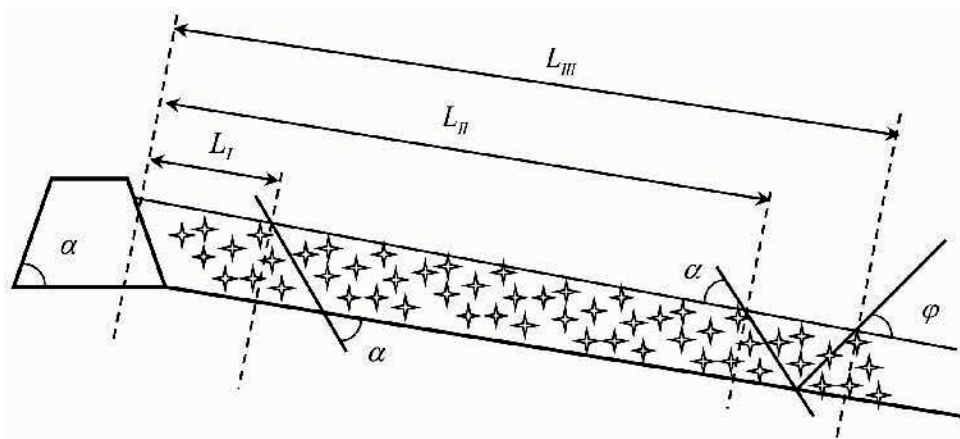


Рис. 1. Геометрические параметры залегания техногенных россыпей

С учетом приведенных формул (1)–(3) можно оценить объем добычи (рис. 1).

$$W_p = \left[2\varphi - 3\varphi_0 + (tg\alpha + tg\varphi) \frac{h_p}{L} \right] \frac{h_p}{2} BL, \quad (6)$$

$$\varphi = \frac{L_{II}}{L}, \quad (7)$$

$$\varphi_0 = \frac{L_I}{L}, \quad (8)$$

где L - длина по линии пляжа от дамбы обвалования до заградительной дамбы.

Кроме рассмотренных параметров, временные инструкции и рекомендации [1–4] регламентируют способ замыва, длину карты и пляжа, а также способ формирования пляжа - надводным или подводным методом. Через эти параметры фактически задается объем временного прудка, его глубина и доля длины пляжа, не покрытого водой (рис. 2).

Увеличивая объем временного прудка, можно изменять не только способ формирования техногенной залежи, но и увеличивать аккумуля-

лирующую способность прудка, организовав освещение воды во временном прудке до выпуска ее к водозабору (рис. 3). При этом возможно заполнение карты по схеме с надводным намывом, а затем, перед просушкой, карта используется для временной аккумуляции неосвоенной оборотной воды как временная секция прудка освещения (рис. 4).

Объем временного прудка освещения без учета слоя яруса намыва будет рассчитываться по формуле:

$$W_0 = B \frac{h_0^2}{2} (ctg\alpha + ctg\gamma), \quad (9)$$

где W_0 - объем временного прудка освещения без учета слоя яруса намыва; B - ширина карты; h_0 - глубина прудка; γ - угол наклона пляжа к горизонту.

Объем воды во временном прудке освещения с учетом намывного слоя, а также объем самого намывного слоя будут рассчитываться по следующим формулам:

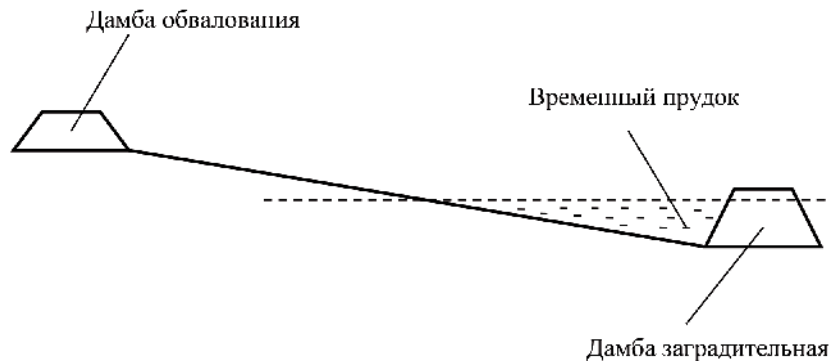


Рис. 2. Технология замыва карты с временным прудком освещения

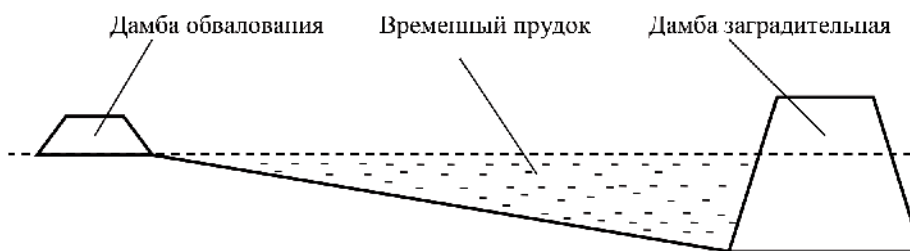


Рис. 3. Технология подводного замыва карты

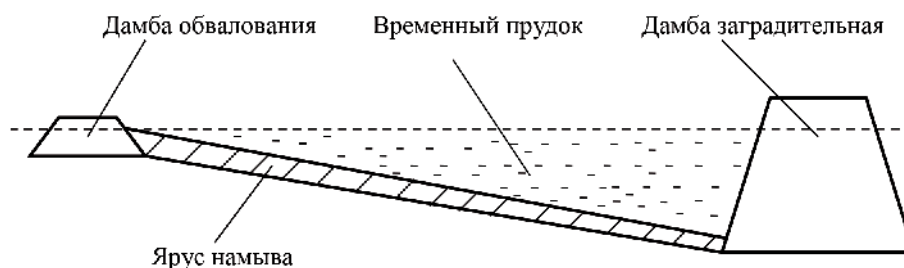


Рис. 4. Использование временного прудка для аккумуляции и освещения пульпы

$$W_m = B \frac{h_0^2}{2} (ctg\alpha + Mctg\gamma), \quad W_s = B(1-m)Lh_p,$$

$$M = 1 - \frac{2m}{\cos\gamma} \eta_p + m\eta_p^2, \quad (10)$$

$$\eta_p = \frac{h_p}{h_0}, \quad (11)$$

где W_m – объем воды во временном прудке осветления с учетом намытого слоя; W_s – объем намытого слоя; L – длина по линии пляжа от дамбы обвалования до заградительной дамбы; m – пористость слоя намыва.

Из всех известных технологий добычи, используемых при открытых горных работах при разработке россыпных месторождений, для рассматриваемых условий попутной добычи на текущем ярусе намыва ХО, могут быть использованы следующие: драглаины, скреперы, мехлопаты, перегружатели, роторные и ковшовые экскаваторы.

Добыча техногенной россыпи гидромониторами для рассматриваемых условий исключается, так как:

- поступление воды в придамбовую зону опасно потерей устойчивости бортов ХО;
- невозможно исключить засорение россыпи отходами обогащения из предыдущего яруса;
- является нежелательным дополнительное поступление воды в зону осветления прудка.

С учетом этих ограничений гидромониторы для рассматриваемых технологий можно использовать при пульпообразовании как средство подачи воды в узел пульпоприготовления, обеспечивающее эффективное перемешивание, гомогенность пульпы и дезинтеграцию образовавшихся при переэкскавации агломератов.

Техногенная россыпь, добываемая при попутной добыче экскаватором с текущего яруса намыва, доставляется к месту повторной переработки гидравлическим транспортом. При этом для ее доставки с дамбы ХО к обогащательному производству предлагается использовать напор, создаваемый пульпой в трубопроводе за счет разницы геодезических высот гребня дамбы и обогащательной фабрики. Для рассматриваемых ХО ГОК Кривбасса эта величина может достигать 50 м, что при правильном выборе диаметра трубопровода и концентрации транспортируемой гидросмеси может обеспечить сверхкритические режимы течения.

Выбор добычного оборудования для рассматриваемых условий можно осуществлять в рамках четырех следующих стратегий. Первая стратегия предполагает добычу техногенной россыпи машинами циклического или непрерывного действия, расположенными на дамбе обвалова-

ния. Вторая стратегия предполагает размещать добычные машины также и на боковых ограждающих дамбах карты или даже только на них. Третья стратегия предполагает размещение добычного оборудования на пляже яруса намыва. Четвертая стратегия рассматривает комбинированные схемы добычи, когда добычное оборудование может располагаться в любой части карты.

Первая и вторая стратегии позволяют:

- наиболее быстро начать добычу техногенной россыпи, еще до полного высыхания пляжа;
- использовать наиболее мощное и высокопроизводительное оборудование, поскольку несущая способность дамб выше, чем пляжа;
- минимизировать или отказаться от транспортного звена между добычным оборудованием и узлом пульпоприготовления, так как они оба располагаются на дамбе обвалования, рядом.

Первая и вторая стратегии ограничены:

- несоответствием габаритов экскаватора и ширины верха дамбы;
- необходимостью использовать минимальное количество единиц техники;
- несущей способностью и устойчивостью дамб;
- несоответствием длины стрелы экскаватора длине техногенной россыпи по простиранию;
- цикличностью подачи техногенной россыпи на обогащательное производство.

Третья стратегия позволяет:

- использовать большее количество единиц техники;
- осуществить более полную выемку тела техногенной россыпи;
- обеспечивать равномерную подачу техногенной россыпи на обогащательное производство.

Третья стратегия ограничена:

- использованием менее производительного оборудования;
- отложенным началом добычных работ, вызванных длительной просушкой пляжа;
- несущей способностью пляжа яруса;
- необходимостью иметь протяженное и мобильное транспортное звено между добычным оборудованием и узлом пульпоприготовления.

Четвертая стратегия позволяет использовать преимущества и обходить недостатки первых трех стратегий.

При выборе добычного оборудования для вскрытия и отработки техногенного месторождения открытым способом, не зависимо от выбранной стратегии, используют следующие его технологические характеристики: ширина за-

ходки, максимальная длина забойного блока, паспортная производительность и продолжительность рабочего цикла машины.

Выемочные машины характеризуются цикличностью своего процесса работы. Время цикла включает четыре операции: черпание породы, перемещение породы от забоя к месту разгрузки, разгрузку ковша и перемещение машины к забою. Поэтому в случае подачи твердого материала из добычного оборудования непосредственно в узел пульпоприготовления, расход твердого в узел рассчитывают по формуле [10–14]:

$$Q_E = Q_A K_E K_T K_O K_U, \quad (12)$$

где Q_E – эффективная производительность; Q_A – паспортная производительность; K_E – коэффициент экскавации; K_T – коэффициент влияния технологии выемки; K_O – коэффициент использования экскаватора во времени как машины; K_U – коэффициент управления, зависящий от квалификации машиниста и изменяющийся от 0,85 до 0,95.

При использовании для выемки экскаваторов или мехлопат объем забойного блока определяется по формуле:

$$V_W = H_Z A P, \quad A = K_A R_E, \quad P = K_W P_E, \quad (13)$$

где H_Z – средняя высота забоя; A – ширина заходки; K_A – коэффициент ширины заходки, изменяется от 1,5 до 1,7; R_E – радиус черпания экскаватора на уровне стояния; P – длина заходки; K_W – коэффициент длины заходки, изменяется от 0,3 до 0,5; P_E – длина хода рукояти экскаватора (табл. 2).

Таблица 2

Длины хода рукояти различных экскаваторов

Тип мехлопаты	Длина хода рукояти, м
Строительный	От 0,8 до 1,2
Карьерный	От 1,5 до 2
Вскрышной	От 4 до 6

При выемке драглайнами объем забойного блока определяется по формуле:

$$V_W = H_Z A P, \quad P = 1,7(0,4L_C - H_Z), \quad (14)$$

где L_C – длина стрелы драглайна.

При предварительной аккумуляции добытого материала на складах с последующим размывом гидромониторами сменная производительность добычного оборудования определяется по следующей формуле:

$$Q_C = Q_E T_C K_P K_K, \quad (15)$$

где Q_C – сменная производительность выемочной машины; T_C – продолжительность смены; K_P – коэффициент использования на основной

работе; K_K – коэффициент влияния климатических условий.

Выводы

Выбор добычного оборудования осуществляют исходя из возможности его размещения в хвостохранилище. Первая стратегия предполагает добычу техногенной россыпи машинами цикличного или непрерывного действия, расположенными на дамбе обвалования. При второй стратегии добычные машины размещают также и на боковых ограждающих дамбах карты или только на них. Третья – предполагает размещение добычного оборудования на пляже яруса намыва. Четвертая – рассматривает комбинированные схемы добычи, когда добычное оборудование может располагаться в любой части карты.

Библиографический список

1. РСН 275–75. Временные указания по технологии возведения намывных хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов: Утверждены Госстроем СССР 13.04.1975 г. – К.: Госстрой СССР, 1975. – 180 с.
2. Временные технические указания по гидравлическому расчету систем напорного гидротранспорта хвостов и концентратов обогатительных фабрик. – Л.: Ротапринт ин-та «Механобр», 1979. – 26 с.
3. Рекомендации по проектированию хвостовых хозяйств предприятий металлургической промышленности. – М.: Стройиздат, 1975. – 176 с.
4. Рекомендации по намыву шламов (хвостов) в плотины и дамбы шламоохранилищ железорудных горно-обогатительных комбинатов. – К.: Госстрой СССР, 1969. – 116 с.
5. Мелентьев В. А. Намывные гидротехнические сооружения / В. А. Мелентьев, Н. П. Копашкинов, Б. А. Волнин. – М.: Энергия, 1973. – 120 с.
6. Юфин А. П. Гидромеханизация: учебник [для студ. гидротехн. спец. вузов] / А. П. Юфин. – М.: Госстройиздат, 1966. – 496 с.
7. Нурок Г. А. Гидромеханизация открытых разработок / Г. А. Нурок. – М.: Недра, 1970. – 386 с.
8. Евдокимов П. Д. Проектирование и эксплуатация хвостовых хозяйств обогатительных фабрик / П. Д. Евдокимов, Г. Т. Сазонов. – М.: Недра, 1978. – 440 с.
9. Федоров И. С. Свойства и расчетные характеристики намывных хвостов рудообогатительных фабрик / И. С. Федоров, О. Х. Добровинская. – М.: Недра, 1970. – 152 с.

10. Новожилов М. Г. Открытые горные работы / М. Г. Новожилов. - М.: Недра, 1965. - 553 с.
11. Хохряков В. С. Открытые горные работы / В. С. Хохряков. - М.: Гостоптехиздат, 1963. - 360 с.
12. Фридман Б. Э. Разработка россыпных месторождений гидромеханизацией / Б. Э. Фридман. - М.: Металлургиздат, 1957. - 217 с.
13. Белан А. Е. Техничко-економические расчеты водопроводных систем на ЭВМ / А. Е. Бе-

лан, Л. Д. Хоруджий. - К.: Вища школа, 1979. - 192 с.

14. Брагин Б. Ф. Проектирование сооружений и систем трубопроводного и інших видів транспорту / Б. Ф. Брагин, Ф. Д. Маркунтович, Н. Б. Чернецька. - Луганськ: Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2004. - 208 с.

Поступила 10.03.2015



УДК 622.012.2:69.059

Производство

Б. М. Андреев /д. т. н./, Д. В. Бровко /к. т. н./,
В. В. Хворост /к. т. н./
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

Визначення надійності та обґрунтування параметрів об'єктів на поверхні шахт з урахуванням переходу на полегшені огорожувальні конструкції

Викладено концепцію надійності несучих конструкцій на поверхні шахт та виробничої безпеки як складової частини промислової безпеки. Наведено основні терміни та визначення надійності, відзначено основні небезпеки стану прогонових споруд шахто-видобувних підприємств. Розглянуто основні положення теорії надійності. Наведено математичні формулювання, що використовуються при оцінці та розрахунку основних властивостей і параметрів надійності технічних об'єктів. Виконано аналіз напружено-деформованого стану прогонових споруд за умови переходу їх на полегшені огорожувальні конструкції. (Л. 2. Бібліогр.: 6 назв.).

Ключові слова: надійність, об'єкти, шахта, огорожувальні конструкції

The concept of reliability of the bearing constructions on the surface of mines and production safety as a component of industrial safety is stated. The main terms and determination of reliability are provided, the main dangers of condition theory of superstructures of mine extracting enterprises are specified. Fundamental principles of the theory of reliability are considered. Mathematical formulations used at an assessment and calculation of critical parameters and parameters of reliability of technical objects are provided. The analysis of the intense deformed condition of superstructures is made upon their transition to the facilitated protecting designs.

Key words: reliability, objects, mine, walling

Окреслення проблеми та її зв'язок з практичними завданнями

Основні питання, які вивчає теорія надійності, – відмови технічних елементів об'єктів поверхні; критерії та кількісні характеристики надійності; методи аналізу та підвищення надійності елементів і об'єктів у цілому на етапах проектування, виготовлення, експлуатації та реконструкції; методи випробувань на надійність; методи оцінки ефективності підвищення надійності.

У конкретних галузях техніки досліджуються прикладні питання надійності. При цьому ви-

рішується питання про найбільш раціональне використання загальної теорії надійності в конкретній області техніки і ведеться розробка таких нових положень, методів і прийомів, які відображатимуть специфіку певного напрямку. У практиці вітчизняного шахтного будівництва значний внесок у розвиток проектування прогонових споруд зроблений науково-дослідними, проектно-конструкторськими і навчальними організаціями: ДП ДПП «Кривбаспроект», інститут «Механобрчормет», ДПП «Ленінградський Промбудпроект», Ленінградське відділення