

УДК 622.221:622.882:721.011,1

В.И. Косенко, В.И. Деревянко, В.М. Гайдамака

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВ ОТРАБОТАННЫХ КАРЬЕРОВ

Розроблені способи доробки кар'єрів, які забезпечують зменшення шкідливого впливу гірничих робіт на навколишнє середовище. Обґрунтована технологія використання просторів відроблених кар'єрів для подальшої рекультивації і спорудження енергетичних комплексів за рахунок використання відновлюваних джерел енергії сонця, води і вітру. Розроблений варіант використання відробленого кар'єра для розташування в ньому енергоактивного агрокомплекса. Іл.1. Бібліогр.: 8 найм.

Проблема охраны окружающей среды при ведении горных работ включает и вопросы рационального использования пространств отработанных карьеров для нужд народного хозяйства. Эффективность их повторного использования зависит от географического расположения карьеров, близости населенных пунктов и промышленных центров, геометрических параметров: глубины, ширины, длины выработанного пространства, а также окупаемости затрат при заданном виде использования и рекультивации.

В проектах разработки месторождений полезных ископаемых и строительства горнорудных предприятий предусматривается горно-техническая рекультивация нарушенных горными работами земель, защита от эрозионных процессов, а также формирование нормального ландшафта. Преобразующая, мелиоративная, водоохранная, санитарно-гигиеническая, эстетическая и противоэрозионная роль лесных насаждений на рекультивируемых карьерах очевидна и обеспечивает социально-технический эффект рекультивации. Однако, экономическая эффективность горно-технической рекультивации крайне низка. Это обусловлено невозможностью сопоставить огромные текущие затраты на горные работы и дополнительное транспортирование горной массы с приведенным выше социальным эффектом, который может быть достигнут в будущем. В связи с трудным экономическим положением в стране рекультивация отработанных карьеров в настоящее время практически

не выполняется или ее период растягивается на неопределенное время. Параметры пространств отработанных карьеров зависят от горно-геологических условий, типа добываемого полезного ископаемого, производительности карьера и применяемой системы разработки. Рассмотрим их по типу разрабатываемых месторождений:

-Рудные карьеры. В основном это карьеры, расположенные в Кривом Роге, на юго-западе Днепропетровской области и в Крыму. Карьеры по добыче богатых железных руд практически отработаны. Они имеют относительно небольшую глубину (70 - 180 м) и небольшие размеры в плане (0,6 - 0,7 км). Карьеры по добыче бедных руд имеют значительные параметры, в том числе и отработанный Камыш - Бурунский карьер. Проектная граничная глубина Криворожских карьеров составляет 500 - 600 метров. Длина изменяется в зависимости от типа разрабатываемой залежи от 3 до 6 км, а ширина от 1,5 до 2,0 км.

Карьеры по добыче марганцевых руд в основном разрабатываются с применением внутреннего отвалообразования. Поэтому выработанное пространство имеет небольшие параметры и при последующей рекультивации может использоваться для рекреационных целей;

-Буроугольные карьеры. В условиях центральной Украины сосредоточены в Днепропетровской области и разрабатываются с применением внутреннего отвалообразования с последующей рекультивацией земли;

-Карьеры стройматериалов имеют относительно небольшой срок службы и годовую производительность. Предельная глубина карьеров составляет 50 - 200 метров, длина 1,5 - 2,5 км, ширина 0,5 - 1,0 км. Коэффициент вскрыши не превышает 0,5 - 2,0 м/м и применяется внешнее отвалообразование.

Систематизация видов объектов, которые могут быть размещены на месте отработанных карьеров, свидетельствует о более широких возможностях использования пространств, чем при подземной разработке. Преимуществами использования отработанных карьеров для сооружения объектов различного назначения являются:

а) уменьшение изъятия земель для создания новых предприятий;

б) снижение капитальных и эксплуатационных затрат на сооружение объектов.

На последней стадии доработки карьеров целесообразно применять рациональную систему разработки с применением щадящей технологии, особенно при производстве буровзрывных работ, с целью уменьшения трещинообразований на уступах. Предельная глубина карьеров Кривбасса может составлять 300 - 400 метров и размещение объектов на такой глубине может оказаться нецелесообразным из-за больших расстояний. Поэтому при таких глубинах необходимо вначале производить засыпку карьеров до определенного уровня, а затем осуществлять размещение объектов. Железорудные карьеры Кривбасса и их отвалы занимают площади 500 - 600 гектаров и более по поверхности, причем отвалы имеют еще и значительную высоту, что создает достаточные условия для размещения на них ветроэнергетических установок при организации автономного энергоснабжения за счет возобновляемых источников энергии - ветра.

Предлагается способ доработки карьера /1/(рис.1) с разделением карьерного поля породной перемычкой (барьерным целиком) на отдельные участки для размещения в них водоемов гидроаккумулирующей электростанции. При этом заключительное углубление участков карьерного поля, разделенных породной перемычкой, выполняют в разных уровнях с перепадом высот, а саму породную перемычку располагают перпендикулярно господствующему направлению ветра в данном регионе. В породной перемычке проводят водоподводящий тоннель на нижней отметке дна водоема верхнего участка карьера с уклоном 5 - 10 % по направлению в сторону нижнего участка карьера. Водоотливную разрезную траншею - канал на отметке верхнего уровня накопительного водоема проводят с таким же уклоном по направлению в сторону его верхнего участка накопительного водоема, причем разрезную траншею на перемычке выполняют тупиковой, путем оставления породного целика со стороны нижнего участка карьера. Кроме этого, с места расположения ветросиловой установки на породной

перемычке в направлении водозаборника бурят скважину для размещения водовода.

Режим работы комплекса энергетических установок следующий. В дневное время при повышенном расходе электроэнергии и наличии достаточной скорости ветра работают обе ветросиловые установки: бортовая - в обычном режиме, а размещенная на породной перемычке - в режиме водооткачки из нижнего водоема в верхний.

В ночное время при уменьшении энергопотребления на предприятии гидротурбина останавливается. Как следует из приведенных технических решений размещение какого - либо объекта необходимо предусматривать в период проектирования доработки карьера.

С целью повышения социально-экономической эффективности рекультивации нарушенных земель предложено техническое решение использования отработанных карьеров в агроэнергетическом направлении/ 2/. Эта цель достигается решением следующих задач:

- улучшение экологии и получение экологически чистой сельскохозяйственной продукции в агроэнергетическом комплексе с интенсивной технологией выращивания овощей, грибов, цветов, лекарственных растений, зеленных и др. На непродуктивных землях отработанных карьеров;
- снижение затрат энергоресурсов для агроэнергетического комплекса за счет круглогодичного использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии;
- обеспечение дополнительных рабочих мест при строительстве и обслуживании агроэнергетического комплекса с высоким уровнем технологии выращивания сельскохозяйственных культур;
- сокращение затрат энергоресурсов на отопление жилых и производственных зданий.

Предлагается вариант использования пространства отработанных карьеров государственного Балаклавского рудоуправления (г.Севастополь) по добыче флюсовых известняков. В настоящее время Западно-Балаклавский карьер этого рудоуправления находится в стадии завершения горно-технической рекультивации, Кадыковский и Псилерахский карьеры в стадии доработки и рудник на

основе месторождения горы Госфорт на стадии проектирования и строительства. Нарушенные земли карьеров находятся в густонаселенной пригородной зоне г.Севастополя, в непосредственной близости от Черного моря. Экологическая обстановка и нарушенные земли карьеров создают неблагоприятную санитарно-гигиеническую среду.

Предмет проекта (рис.1) заключается в том, что в отработанное пространство карьера 1 при запланированной горнотехнической рекультивации устанавливают герметично соединенные трубы 2 и резервуары 3 из теплопроводного, коррозионностойкого (или защищенного) материала, засыпают и утрамбовывают их теплопроводной массой (например, глиной) 4 и накрывают слоем теплоизоляции 5 на уровне бермы верхнего уступа, южную экспозицию которого дорабатывают до угла, равного углу географической широты местности (для Крыма 44-45 град.). После выравнивания площадки на ней размещают культивационное сооружение 6 с интенсивной технологией выращивания широкого ассортимента сельскохозяйственных культур (например, теплицу Т-100А), ветроэнергетическую установку 7, тепловой насос 8 и блок солнечных коллекторов 9, расположенных с южной ориентацией на верхнем уступе карьера. Функционально соединенные элементы и блоки технологического оборудования с заложенными в отработанное пространство рекультивированного карьера водозаполненными трубами и резервуарами представляют собой энергоактивный агрокомплекс. Для обеспечения технологических параметров микроклимата, повышения надежности и эффективности работы системы теплоснабжения комплекса за счет возобновляемых источников энергии, а также сокращения численности обслуживающего персонала энергоактивный агрокомплекс оснащен измерительно-вычислительной системой с мини-ЭВМ и датчиком теплового комфорта 10.

В теплый период года солнечная энергия (суммарный приход солнечной радиации в Крыму $1300 - 1400 \text{ кВт.ч/ м}^2$) поступает на солнечные коллекторы 9, установленные на верхнем уступе карьера с южной ориентацией под углом 45 градусов к горизонту. Конструкция солнечного коллектора КС-1,8-Н-2 со штампованным

абсорбером из нержавеющей стали разработана совместно с Павлоградхиммашем с учетом требований ГОСТ 28310-89. Теплоноситель (вода) нагревается до температуры 65-80 градусов и подается циркуляционным насосом в трубы и резервуары 2, 3, заложенные в отработанное пространство карьера 1 и выполняющие роль ядра сезонного водогрунтового аккумулятора тепловой энергии (ВГТ). Для повышения теплового потенциала и дублирования солнечной энергии в систему включена ветроэнергетическая установка (ВЭУ). Работоспособные ВЭУ разработаны КБ "Южное", НИИ НЭЭ Минэнерго Украины, ассоциацией УкрВЭНА и серийно выпускаются отечественными заводами. Предпочтение необходимо отдать тихходным агрегатам с вертикальной осью. Энергия ветра, скорость которого на побережье моря превышает 10 м/с на протяжении более 80 дней в году, преобразуется в нестабилизированную электрическую энергию для электродных водонагревателей в резервуарах ВГТ и генераторе теплового насоса абсорбционного типа (АТН). Тепловой насос 8 работает в режиме выработки тепла 50-60 градусов для зарядки ВГТ и холода 6-9 градусов для кондиционирования воздуха в культивационном сооружении - принципиально новой, комбинированной теплице Т-100А, разработанной ГПИ "Луганскгипропромтеплица" и серийно изготавливаемой Антрацитовским ЗСТ. Теплица имеет блочную компоновку для интенсивной, экологически чистой, безотходной технологии выращивания овощей, шампиньонов, земляники, цветов. Предлагаемая теплица позволяет интенсифицировать технологические процессы и обеспечить выход ранней продукции при естественном освещении в 2-3 раза больше, а при интенсивной светокультуре - в 5-6 раз по сравнению с традиционными теплицами.

В холодный период года накопленная теплота (50-60 градусов) из ВГТ подается по линии разрядки на абсорбционный агрегат 8, который переключается на работу в режиме теплового насоса, для получения горячей воды 60-65 градусов системы нагрева воздуха в теплице. Обогрев корнеобитаемого слоя в теплице осуществляется за счет теплоты саморазряда ВГТ через слой теплоизоляции 5. Технологические параметры теплового режима в теплице регулируются автоматическим устройством с датчиком теплового ком-

форта и мини - ЭВМ, которая обрабатывает измеряемую информацию, рассчитывает и оптимизирует систему кондиционирования микроклимата. Уровень возобновляемых источников энергии в Крыму и объем отработанных карьеров Балаклавского рудоуправления дают возможность подключения к линии разрядки ВГТ дополнительно системы теплоснабжения прилегающего жилого микрорайона.

При возможности реконструкции системы теплоснабжения прилегающего к карьере жилого микрорайона целесообразно устройство в отработанном карьере автономного крупномасштабного водогрунтового теплоаккумулятора для сезонного использования солнечной и ветровой энергии. В качестве аккумулирующих резервуаров горячей воды могут быть использованы специальные баки-аккумуляторы горячей воды, разработанные ВНИПИЭНЕРГОПРОМ для районов Крайнего Севера, переделанные нефтяные танки емкостью до 25000 куб.м., или переделанные железнодорожные цистерны емкостью 60 - 90 куб.м. при параллельном их соединении и соответствующей их защите от коррозии. Расчетный анализ ВГТ выполнен с учетом теплоаккумулирующих свойств, как воды, так и окружающего грунта. При аккумулировании тепла только в нагретой воде зависимость расхода $m(t)$ и температуры $T_b(t)$ воды от времени заряда (разряда) при поддержании постоянной тепловой мощности W_0 описываются выражениями вида:

$$m(t) = \frac{M_b \cdot W_0}{M_b \cdot C_p (T_b - T_0) - W_0 t}; \quad T_b(t) = T_0 - \frac{W_0 t}{M_b C_p}$$

Учет теплообмена между стенкой аккумулирующей емкости и прилегающим к ней грунтом производится путем решения уравнения нестационарной теплопроводности

$$\frac{\partial E}{\partial e} = \alpha \left(\frac{\partial E}{\partial k^2} + \frac{1}{k} \frac{\partial E}{\partial k} \right)$$

с граничными условиями третьего рода:

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial r} = \alpha(t) [T_p(t) - T_e(t)];$$

где: α - коэффициент температуропроводности грунта;
 r - пространственная координата.

Для решения задачи нестационарной теплопроводности использован метод конечных разностей. Хорошими теплофизическими свойствами для водогрунтовых теплоаккумуляторов обладают глина, скальные породы и хвосты обогащения железных руд. Рабочая температура водогрунтового аккумулятора тепловой энергии принимается 40 - 50 градусов, поэтому для этого типа хранилищ необходимы тепловые насосы для дальнейшего увеличения температуры теплоносителя до 65 - 70 градусов и разрядки теплоаккумулятора до 5 градусов. Расчетный коэффициент полезного действия сезонного ВГТ достигает 60% и в значительной степени зависит от его размеров. Это подтверждается экспериментальными данными шведских компаний, которые являются мировыми лидерами в области создания и эксплуатации энергосберегающих технологий и полномасштабных аккумуляторов тепловой энергии /3,4/.

Необходимо отметить, что рассматриваемый агроэнергетический комплекс патентоспособен, обладает высоким уровнем новизны и разрабатывается в отечественной практике впервые /1,2,5/. Зарубежный опыт по разработке и апробации подобных энергосберегающих систем практически отсутствует. Для подготовки и обоснования исходных данных для ТЭО и рабочего проектирования комплекса предусматривается проведение теоретических и экспериментальных исследований на физической модели, в качестве которой предусмотрено использование экспериментального жилого дома с солнечным коллектором, ВЭУ, аккумулятором тепловой энергии и тепловым насосом и АСУ.

Агроэнергетический комплекс для рекультивируемых карьеров относится к сложным биотехническим системам. Эта система состоит из взаимосвязанных подсистем: наружный микроклимат, рекультивируемый карьер, возобновляемые источники энергии, солнечные коллекторы, ветроэнергетическая установка, тепловой насос, теплица с интенсивной технологией выращивания сельскохозяйственных культур, инженерные системы кондиционирования микроклимата в теплице, деятельность обслуживающего персонала. Синтез оптимальной системы должен быть направлен на повышение эффективности капитальных вложений в строительство

комплекса, а также на их управление с минимальными затратами. В основу комплексной оптимизации системы с целью оценки ее экономичности и надежности заложены научные концепции исследования сложных теплоэнергетических систем с позиций методологии системного подхода /6,7,8/. Применительно к агроэнергетическому комплексу целесообразно создание системы взаимосвязанных статических моделей, которые должна включать комплекс моделей отдельных элементов оборудования и технологических процессов, а также обобщенную математическую модель для всего комплекса с укрупненным учетом зависимостей параметров от конструктивных решений по отдельным элементам оборудования и агрегатам. Из всего многообразия критериев, которые могут определять экономичность и служить для технико-экономического обоснования проектирования и строительства комплекса, предпочтение необходимо отдать наиболее объективному экономическому критерию - приведенным затратам, Π . В общем случае Π определяются значениями термодинамических T_i , расходных P_i и конструктивных L_i параметров, видом технологической схемы Γ , а также значениями внешних факторов окружающей среды A_i :

$$\Pi = \Pi (T_i, P_i, L_i, \Gamma, A_i)$$

Основными составляющими приведенных затрат (гривен/год) являются годовые эксплуатационные расходы и капитальные вложения:

$$\Pi_i = \sum (\Theta_{i,j,k} + E_n K_{i,j,k})$$

где: i - порядковый номер элемента, j - индекс режима; k - индекс топологии; Θ - эксплуатационные расходы, грн./год; K - капитальные вложения, гривен; E_n - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Капитальные вложения при технико-экономическом расчете комплекса включают основные единовременные затраты на приобретение оборудования, строительные-монтажные работы, транспортно-заготовительные и складские расходы:

$$K = K_{об} (1 + \mu_{об}),$$

где: $\mu_{об}$ - статический коэффициент, учитывающий долю строительно-монтажных, транспортно-заготовительных и складских расходов в стоимости оборудования.

Стоимость каждого вида оборудования в комплексе с некоторыми допущениями может быть выражена линейной функцией от тепловой мощности аппаратов Q_0 , расхода теплоносителя G_0 , поверхности теплообмена F_0 , мощности электропривода N_0 и др.:

$$K_{об} = a_0 + b_0 (Q_0, G_0, F_0, N_0)$$

Технические характеристики оборудования Q_0, G_0, F_0, N_0 выражаются как функции термодинамических T_i , расходных P_i и конструктивных L_i параметров оборудования:

$$Q_0 = Q_0(j, \dots, x, y, z);$$

$$G_0 = G_0(j, \dots, x, y, z);$$

$$F_0 = F_0(j, \dots, x, y, z);$$

$$N_0 = N_0(j, \dots, x, y, z);$$

Численные значения технических характеристик определяются в результате расчета системы. Исходными уравнениями для расчета технических характеристик оборудования являются классические уравнения: теплового баланса для каждого потока, теплопередачи, неразрывности потоков, гидравлического сопротивления по трактам, затрат мощности на циркуляцию теплоносителей, расчета линейных размеров поверхности теплообмена по каждому потоку.

Численные значения статических коэффициентов $\mu_{об}, a_0, b_0$ принимаются на основании обработки литературных источников, нормативных данных или результатов теоретических и экспериментальных исследований на физической модели комплекса - энергоактивном жилом доме.

Годовые эксплуатационные расходы $\mathcal{E}$ в общем случае учитывают затраты на электрическую $C_{э}$ и тепловую $C_{т}$ энергию, годовые отчисления на амортизацию $C_{ам}$, обслуживание и ремонт $C_{ор}$,

зарплату обслуживающего персонала C_{zn} и прочие расходы C_{pr} (на социальное страхование, технику безопасности и др.):

$$\mathcal{E} = C_{\mathcal{E}} + C_m + C_{ам} + C_{ор} + C_{zn} + C_{pr}$$

Технико-экономическое обоснование и разработка пилотного проекта агроэнергетического комплекса для условий рекультивируемого карьера по нашим исходным данным выполняет ГПИ "Луганскгипропром-теплица".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Положительное решение по заявке № 95073235 Способ доработки карьера. / М.С. Четверик, В.И. Косенко, В.И. Деревянко. - Заявлено 10.07.1995 г.
2. Положительное решение по заявке № 95104662 Способ рекультивации карьеров и устройство для его осуществления. / В.И. Деревянко. - Заявлено 24.07.1995 г.
3. Энергосберегающие технологии в современном строительстве / пер. с англ. Ю.А. Матросова и В.А. Овчаренко; Под ред. В.Б. Козлова. - М.: Стройиздат, 1990. - 296 с.
4. Г. Бекман, П. Гилли. Тепловое аккумулирование энергии. - М.: Мир, 1987. - 272 с.
5. Авт. свид. № 1816938. СССР. - Гибридный аккумулятор тепла / В.И. Деревянко и др. Оpubл. 23.05.93. Бюл. 19.
6. В. И. Деревянко и др. Программно-вычислительный комплекс для исследования СКМ энергоактивного жилого дома. - в сб. докладов Международного форума "Тепломассообмен -96". - Минск: ИТМО, 1996. - т.1X. - с27 - 31.
7. Мелентьев Л.А. Системные исследования в энергетике. - М.: Наука, 1979. - 415 с.
8. Деревянко В.И. Выбор и обоснование критерия эффективности для оценки систем кондиционирования воздуха на базе абсорбционных теплонасосных установок / Химическая технология, Киев: Наукова думка, № 5. - 1987. - с. 13 - 19.