

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДОБЫЧИ РУД В ГЛУБОКИХ КАРЬЕРАХ И ШАХТАХ КРИВБАССА

Викладено напрямки розвитку сировинної бази Кривбасу: розробка окислених кварцитів, підземний видобуток багатих руд на глибоких горизонтах, застосування технології перед збагачення руди в кар'єрах і на шахтах, підвищення кутів укосів бортів кар'єрів. Розглянуті особливості цих та інших напрямків.

PERSPECTIVE DIRECTIONS OF BOOTY OF ORES IN DEEP CAREERS And MINES OF KRYVBASS

Directions of development of the kryvbass source of raw materials are laid out: development of the oxidized quartzites, underground booty of rich ores on deep horizons, application of technology before enrichment of ore in careers and on mines, increase of corners of hay-crops of sides of quarries. Considered features of these and other directions

Глубина карьеров и шахт Кривбасса достигли величины, при которой необходимо принимать технические решения о дальнейших направлениях добычи железных руд, обеспечивая экономичность, экологичность и необходимую производительность. Это необходимо потому, что технические решения могут осуществляться продолжительный период, за который горные работы достигнут граничной глубины, при которой принимать технические решения будет уже поздно. Поэтому возникает необходимость выбора направления дальнейшего развития сырьевой базы для удовлетворения потребностей в железорудном сырье.

От выбранного направления развития сырьевой базы в Кривбассе будут зависеть научные, проектные работы, капитальные вложения, экологическое и социальное состояние региона. Несомненно, это окажет влияние и на экономику Украины.

Такими направлениями могут быть: а) освоение добычи, обогащения окисленных кварцитов, получения высококачественных концентратов; б) подземная добыча богатых руд; в) подземная добыча магнетитовых кварцитов; г) переход на открыто-подземную разработку; д) использование отработанных карьеров для размещения отвалов и отходов обогащения; е) повышение углов откоса нерабочих бортов карьеров с 36-38 градусов, принятых в настоящее время в проектах, до 50-60 градусов с обеспечением безопасности и заданного запаса устойчивости; ж) применение технологии предобогащения руды в карьерах и шахтах; з) освоение технологии выемки руды и вскрышных пород «волнами» с понижением горных работ «крутыми слоями»; и) сосредоточение добычи руды на одном или нескольких наиболее перспективных карьерах и закрытия остальных.

Необходима государственная политика, которая должна исходить из интересов региона, а не владельцев предприятий, и интересов Украины в области потребности в металле, в руде для внутренних нужд, а также для экспорта, ко-

торый возможно следует и ограничить.

Рассмотрим особенности развития сырьевой базы по этим направлениям.

Освоение добычи, обогащения окисленных кварцитов, получения высококачественных концентратов.

Проблема получения высококачественных железных концентратов из окисленных кварцитов давно стоит перед учеными и производственниками. Здесь необходимо остановиться на нескольких методах. Первый - это восстановление магнитных свойств путем обжига. При этом методе измельченная руда подвергалась обжигу в специальных трубчатых печах. Потом подвергалась магнитной сепарации в обычном магнитном поле. Он оказался весьма дорогостоящим из-за того, с нашей точки зрения, что обжигу подвергалась вся рядовая измельченная руда. Тепловая энергия расходовалась и на нагрев пустых пород. Эта технология была применена на комбинате ЦГОК. Оказалась дорогостоящей, не экологичной и не эффективной.

Второй метод - это обогащение окисленных кварцитов с использованием высокоградиентных сепараторов. Их особенностью является то, что они способны вначале выделять фракции руды, обладающие магнитными свойствами, а затем, в результате направления на рифленые магниты не напорной струи, выделяются слабомагнитные фракции. Но поскольку при этом методе не происходит разрушение кристаллической решетки минералов, то и качество концентратов по содержанию железа не весьма высокое. Его пытаются повысить путем применения флотации.

Возможно (так мы предлагаем) полученные железорудные концентраты из окисленных кварцитов с использованием высокоградиентных магнитных сепараторов подвергнуть обработке (нагреву) в поле сверх высокой частоты (СВЧ), то есть нагревать уже обогащенную руду без пустых пород. Затем снова подвергнуть ее, например, уже сухой магнитной сепарации. Этим же методом могут быть удалены и некоторые вредные примеси, например, сера.

Освоение технологии получения высококачественных концентратов из окисленных кварцитов надолго бы решило проблему сырьевой базы в Кривбассе и существенно бы снизило затраты на их добычу, а, следовательно, и себестоимость концентрата.

Подземная добыча богатых руд.

Проведенные ранее исследования структуры рудных полей и залежей на глубоких горизонтах действующих шахт свидетельствуют, что в диапазоне глубин 1500 – 2500 метров сосредоточено около 730 млн.т. богатых железных руд. Выемка богатых руд на таких глубинах потребует не только перехода на новую ступень вскрытия, но и создания, и освоения новой технологии добычи, которая позволяла бы непосредственно в шахте получать высокое качество сырья. На подземных горных работах подъем руды с глубины более 1500 м ограничен возможностями подъемных комплексов. Поэтому необходим выбор наиболее эффективных схем вскрытия глубоких горизонтов: наклонные съезды ниже глубины 1500 м, коренная реконструкция существующих подъемных установок или переход на 2-х ступенчатую схему подъема [1].

Подземная добыча магнетитовых кварцитов.

Одним из перспективных направлений является подземная добыча магнетитовых кварцитов. Это направление прогнозировалось осуществить еще в прошлом столетии, поскольку при открытой разработке с увеличением глубины карьеров увеличивалась себестоимость добычи руды и, соответственно концентрата. Промышленная добыча магнетитовых кварцитов была осуществлена на Первомайском подземном руднике. Рассмотрим особенности этой проблемы.

В составе Северного ГОКа, как сырьевая база, находятся Первомайский и Анновский карьеры. Они имеют высокий коэффициент вскрыши, добыча руды осуществляется в сложных горнотехнических условиях. На базе этих карьеров в 80-х годах прошлого столетия предусматривалось добывать около 45,0 млн. т руды в год. Однако, в связи с наличием на Анновском месторождении ряда труднообогатимых руд, низком качестве концентрата из них при большом коэффициенте вскрыши и рядом других причин, эта производительность не была достигнута.

Шахта «Первомайская» предусматривалась как сырьевая база создаваемого Первомайского железорудного комбината по подземной добыче магнетитовых кварцитов. Реконструкция рудника производилась с 1972 по 1991 год. При этой реконструкции были заложены технические решения и оборудование прошлого столетия, т.е. около 30 лет назад. Полученный железорудный концентрат при подземной добыче магнетитовых кварцитов имел более высокую себестоимость, чем при открытой разработке. В связи с осложнившейся экономической ситуацией рудник был законсервирован, а затем передан в состав СевГОКа.

При увеличении глубины карьеров СевГОКа, росте коэффициента вскрыши, несмотря на наличие рудного и строительство вскрышного комплекса циклично-поточной технологии, себестоимость концентрата будет увеличиваться. Ситуация постепенно изменяется в пользу подземной добычи магнетитовых кварцитов, себестоимость концентрата из которых может сравниться с произведенным из руды, добытой открытым способом. Поэтому ввод в эксплуатацию шахты «Первомайская» позволит увеличить производственную мощность СевГОКа по концентрату, поддерживать его себестоимость, повысить занятость населения. Добыча магнетитовых кварцитов производится и на других шахтах.

Переход на открыто-подземную разработку магнетитовых кварцитов.

Такая технология может быть применена, особенно на тех карьерах, где применяют циклично-поточную технологию. При этой технологии горизонты, на которых предусматривают производить подземную добычу руды, вскрывают наклонными съездами для автомобильного транспорта, а конвейер удлиняют и в шахте создают перегрузочные узлы. Это позволит не только добывать руду на подземных горизонтах, но и в карьере, сосредоточенной в целиках под перегрузочными пунктами.

Нужно отметить, что это направление требует более глубокого изучения как научными, так и проектными организациями.

Использование отработанных карьеров в хозяйственной деятельности, а также для размещения отвалов и отходов обогащения.

Эта проблема неизбежно стоит перед руководством региона и горнодобывающими предприятиями. Использование площадей отвалов, шламохранилищ, пространств отработанных в будущем карьеров для города Кривого Рога является одной из важнейших научно-технических, социально-экологических задач. В ближайшем будущем можно ориентироваться на использование пространств таких карьеров как №1 ЦГОКа, Анновский карьер СевГОКа и др. Необходимо по каждому карьере иметь технические решения об использовании его пространства.

Следует установить какое количество железорудного сырья в перспективе необходимо для собственных нужд, а сколько на экспорт. Целесообразно уже в настоящее время ограничить добычу руды в регионе и рассматривать переориентацию населения, подготовку кадров на новые виды деятельности. Наиболее перспективными направлениями будут: развитие энергетики и сельского хозяйства [2]. Принципиальная возможность восстановления земли на многих участках, где она нарушена, есть. Это направление победит в регионе тогда, когда доходы государства и населения от нового направления деятельности будут выше, чем при производстве железорудного сырья.

Повышение углов откоса нерабочих бортов карьеров с 36-38 градусов до 50-60 с обеспечением безопасности и заданного запаса устойчивости.

Основная мировая тенденция в области устойчивости бортов глубоких карьеров направлена на увеличение углов их откоса. Если в начальный период принимались углы откоса бортов карьеров 35 -38 градусов, то в настоящий период стремятся увеличить их до 45- 55 градусов. Это обусловлено как экономической, экологической необходимостью, так и достигнутыми результатами в области обеспечения устойчивости бортов карьеров с крутыми углами откосов.

Экономическая необходимость повышения углов откоса бортов глубоких карьеров, обусловлена существенным уменьшением объемов вскрышных пород при той же величине запасов полезного ископаемого или существенный прирост его запасов при объеме вскрышных пород, который предусмотрен в контуре карьера при пологих углах откоса бортов. Из этого исходит и экологическая необходимость: требуется меньшая земельная площадь под отвалы, нарушается меньшая площадь карьером. Обеспечение устойчивости бортов карьеров при крутых углах их откосов осуществляется в следующих направлениях. Прежде всего, исходят из того, что на глубоких горизонтах повышается прочность горных пород, меньшая их трещиноватость, а в некоторых случаях и обводненность.

Одним из параметров, который приводит к существенному уменьшению углов откоса бортов карьеров, является угол откоса нерабочего уступа. Согласно норм проектирования, его принимают 55-60градусов. Эта норма исходит как из условия обеспечения устойчивости уступа, так и обеспечения безопасности от возможного скатывания камней с верхней бровки уступа. Однако достигнутые успехи в ведении буровзрывных работ по гладкому взрыванию позволяют поддерживать высоту вертикального обнажения в скальных породах несколько меньше Н90. Этого достигают за счет гладкого взрывания, отсутствия наруше-

ния массива трещинами. Для предотвращения скатывания камней устраивают предохранительные валы, делают заоткоску верхней бровки уступа или другие приспособления.

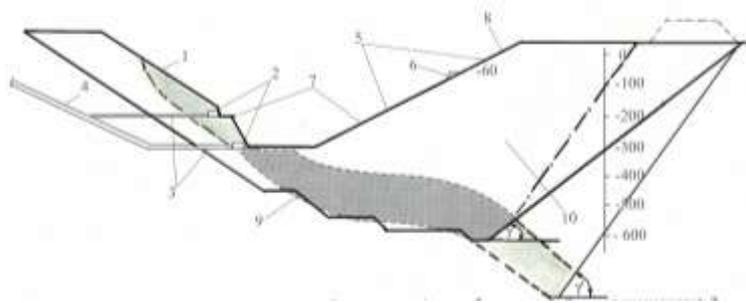
Вторым направлением, которое уже широко применяется в зарубежной практике, является укрепление бортов карьеров при крутых их углах откоса различными методами: анкерное крепление, бетонирование скважин и др.

Значительное влияние на уменьшение угла откоса нерабочего борта карьера оказывает наличие транспортных берм. Их параметры также могут быть уменьшены исходя из технологической необходимости, а также путем применения на глубоких горизонтах оборудования с меньшими параметрами. Существующие нормы проектирования ограничивают возможности при выполнении проектных работ повышать углы откоса нерабочих бортов глубоких карьеров. Тем не менее, при высоких технических и экономических показателях проекта возможны определенные исключения.

Могут быть два разных направления. Первое. Повышение углов откоса нерабочих бортов карьеров, в пределах выделенных и утвержденных запасов полезного ископаемого на данном карьере. Тогда увеличение углов откоса нерабочих бортов позволит уменьшить объем вскрышных пород в контурах карьера и тем самым повысить экономичность открытой разработки. Второе. Повышение углов откоса нерабочих бортов в пределах выделенного горного отвода позволяет увеличить граничную глубину карьера и тем самым увеличить количество запасов в его контурах (если они, конечно, имеются на этой глубине). При этом необходима их разведка, утверждение ГКЗ.

Повышение углов откоса нерабочих бортов карьеров требует решения двух главных проблем. Первая. Разработка технологии постановки бортов карьеров в нерабочее состояние с обеспечением безопасности и эффективности горных работ. Вторая. Обеспечение устойчивости борта карьера при угле его откоса 50-60 градусов, что может потребовать весьма ощутимых материальных затрат.

Карьеры Кривбасса разрабатывают два типа залежей: крылья и замки синклиналей и пластовые крутопадающие тела, что может вносить некоторые особенности в ведение горных работ и формирование технологических комплексов. При отработке глубоким карьером рудного тела, представленного крылом синклинальной складки и ее замка, происходит и горизонтальное и вертикальное перемещение горных работ (рис. 1).



1- зона добычи с применением циклично-поточной технологии (автомобильно-конвейерного транспорта); 2- дробильно-перегрузочные узлы по перегрузке руды с автомобильного в конвейерный транспорт; 3- квершлаг; 4- наклонный конвейер в стволе; 5- зона выемки вскрышных пород с применением автомобильно-железнодорожного транспорта; 6- перегрузочный пункт по перегрузке вскрыши с автомобильного в железнодорожный транспорт; 7- зона работы автомобильного транспорта; 8- зона работы железнодорожного транспорта; 9- руда; 10- вскрышные породы

Рис. 1 - Технологические комплексы по добыче руды и выемки вскрышных пород в глубоком карьере (синклиальная складка).

Если увеличить угол откоса нерабочего борта в пределах утвержденных запасов, то существенно уменьшается объем вскрышных пород в карьере, что можно ощутить в основном в будущем. Объем вскрыши, на величину которого уменьшится общий ее объем в карьере, можно определить по выражению

$$V_3 = l \cdot m \cdot L_d \quad (1)$$

Однако при этом в пределах горного отвода освобождается площадь, которая может быть уже в настоящем использована для размещения на ней отвалов. Если увеличить угол откоса в пределах горного отвода, (см.рис. 1), то кроме прироста запасов получаем и дополнительный объем вскрышных пород. Их величину можно определить по выражениям:

Прирост запасов

$$V_3 = l \cdot m \cdot L_d \quad (2)$$

Дополнительный объем вскрышных пород

$$V_4 = K \cdot V_3 \quad (3)$$

Несколько отличается величина прироста запасов и объем вскрыши при отработке карьером с крутыми углами месторождений, представленных крутопадающими пластами (рис. 2).

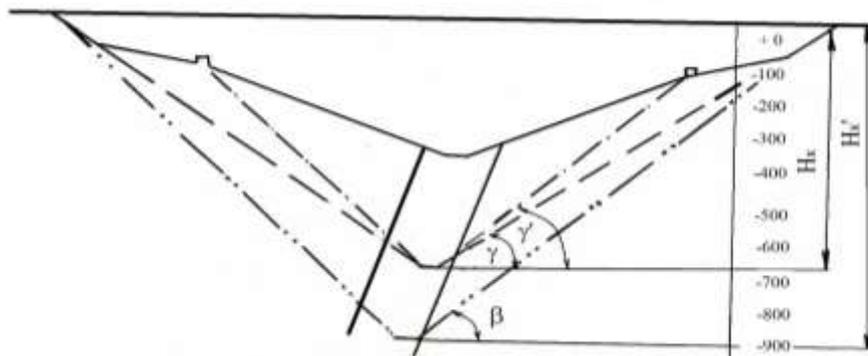


Рис. 2 - Развитие горных работ при отработке крутопадающего пласта с разными углами откоса нерабочего борта карьера.

Если увеличить угол откоса в пределах горного отвода, (см.рис. 2), то кроме прироста запасов получаем и дополнительный объем вскрышных пород. Их величину можно определить по выражениям:

Объем вскрыши

$$V_{\text{вск}} = \frac{L \cdot H_{\text{к}} \cdot m \cdot \tan \beta}{2} \cdot \left(\frac{H_{\text{к}}}{H_{\text{к}}'} - 1 \right) \cdot \left(\frac{\gamma'}{\gamma} - 1 \right) \quad (4)$$

Величина запасов

$$V_{\text{з}} = L \cdot H_{\text{к}} \cdot m \cdot \left(\frac{H_{\text{к}}}{H_{\text{к}}'} - 1 \right) \quad (5)$$

В выражениях 1-5:

$H_{\text{к}}$, $H_{\text{к}}'$ - глубина карьера, соответственно, при запроектированных углах откоса нерабочего борта и увеличенных, м; γ , γ' - углы нерабочих бортов карьера согласно проекта и увеличенные, град; m - мощность пласта, м; β - угол падения пласта, град; L - длина карьерного поля на данном горизонте, м; l - длина прироста запасов по падению залежи, м.

Величина дополнительных запасов или снижение объемов вскрыши, в контурах карьера, зависит, главным образом, от горнотехнических условий месторождения и физико-механических свойств пород.

Освоение технологии предобогащения руды в карьерах и шахтах.

При открытой добыче железных руд на глубоких горизонтах с понижением горных работ происходит постоянное ухудшение их качества. Оно обусловлено усложнением геологического строения продуктивной толщи, наличием некондитионных и забалансовых руд, применением технологии разрушения и выемки, которые приводят к разубоживанию руд, использованием комплекса машин большой единичной мощности, которые не позволяют производить отдельную выемку руд и пород. Снижение за счет нерудных включений качества руды, поступающей из карьера, является одним из главных факторов увеличения энергозатрат при производстве концентрата.

Объем подземной добычи железной руды за 11 лет (рис. 3) (по данным Вилкула Ю.Г. и др.) составляет 180 млн. тонн; потери руд -13%, а засорение - 8,7 %.

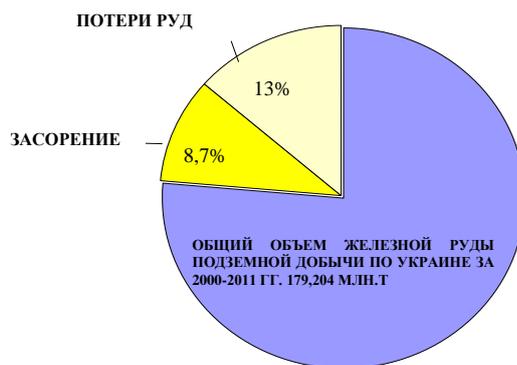


Рис. 3 - Соотношение добычи, потерь и засорения руды.

В числе основных проблем открытой добычи железной руды – обеднение сырьевой базы вследствие отработки наиболее богатых участков месторождений и значительные показатели потерь и разубоживания на различных этапах горного производства.

Наибольший процент потерь и разубоживания приходится на отработку приконтактных зон карьера. Руда, поступающая из таких забоев в рудопоток карьера, засорена пустой породой, процент содержания полезного компонента значительно снижен, что существенно влияет на общие показатели качества руды, поступающей на обогатительное производство. В зависимости от конфигурации рудной залежи и принятого порядка отработки карьера, объем добываемой руды в забоях приконтактных зон может составлять до 10-15% от общего объема рудной массы.

Истощение богатых запасов и вовлечение в разработку бедных и разубоженных руд привело к снижению показателя среднего содержания железа в исходной руде, что обусловило увеличение объемов обогащения сырья. Все эти обстоятельства повлияли на повышение себестоимости добычи и переработки, что может повлиять на снижение конкурентоспособности железорудных предприятий Украины.

Возникла необходимость в теоретическом обосновании и разработке технологии предобогащения руды в карьерах и на шахтах.

Достигнутые результаты в области взрывного и механического разрушения пород, создание производительного оборудования по сухой магнитной сепарации, применение крупного механического дробления в схемах циклично-поточной технологии, позволяют повысить качество исходного сырья путем применения технологии предобогащения руды в карьере и увеличить производство железорудного концентрата, улучшить его качество и снизить себестоимость.

В ИГТМ НАН Украины выполняются работы по разработке теоретических основ технологии предобогащения руды в карьере, которая базируется на ква-

лиметрической оценке качества сырья, взаимосвязях параметров систем разработки и схем вскрытия, закономерностях изменения соотношения взрывного и механического разрушения при выборе технологического комплекса по предобогащению, закономерностях изменения производственной мощности карьера по руде и обогатительной фабрики по концентрату, что обеспечивает увеличение объемов выпуска концентрата и повышение его качества (разработчик канд. техн. наук Бабий Е.В. [3]).

Для карьеров Кривбасса: Ингулецкий, Артемовский, Петровский разработаны технологические схемы технологии предобогащения руды в карьерах.

Технология выемки руды и вскрышных пород «волнами» с понижением горных работ «крутыми слоями».

Применение этой технологии на карьерах Кривбасса позволило осуществлять выемку руды с минимальными коэффициентами вскрыши. Ее сущность: выбирают участок на нижних горизонтах, где сосредоточена руда и которую необходимо вскрыть для последующей отработки; затем ограничивают участок по длине борта карьера (по фронту); угол откоса борта карьера на этом участке соответствует нерабочему; затем обрабатывают этот участок крутыми слоями, начиная с верхних горизонтов; при этом рассматривают обеспечение грузо-транспортной связи при отработке слоев с перегрузочными пунктами, а также переход экскаваторов с верхних горизонтов на нижние. Затем переходят к отработке очередного участка, граничащего с отработанным, и так далее; образуется волна.

Сосредоточение добычи руды на одном или нескольких наиболее перспективных карьерах и закрытие остальных.

Анализ геологического строения залежей, разрабатываемых карьерами в Кривом Роге, свидетельствует о том, что можно сосредоточить и обеспечить добычу руды в необходимом объеме на нескольких карьерах, а остальные – закрыть. Если объединить карьер ЮГОКа с карьерами НКГОКа (бывшего), и создать, так называемый по профессорам М.Г.Новожилову и А.Ю. Дрыженку, - СуперГОК, то можно достичь производительности до 80 млн.т руды в год. Это позволяет в будущем, после переориентации производственной направленности региона и занятости населения, часть карьеров закрыть. Такое решение государства и региона позволит существенно оздоровить обстановку в регионе и государстве.

Выемка горной массы горнодобывающими предприятиями Кривбасса в таких огромных объемах, сосредоточенных в одном месте, может привести к глобальным экологическим необратимым последствиям, землетрясениям и другим явлениям. Аналогичные проблемы возникли и в других горнодобывающих регионах [4].

Выводы

Изложенные направления развития железорудной сырьевой базы в Криворожском регионе, а также и при подключении Полтавского ГОКа (Большой Кривбасс) подлежат тщательному изучению. Необходимы обоснования и доказательства о необходимости ее расширения и дальнейшего развития.

Следует рассмотреть перспективу развития Криворожского региона не с позиций увеличения добычи руды, а из переориентации на новые виды деятельности с учетом занятости населения. Исходить из того, что Украине в таких огромных объемах добычи руды нет необходимости. Добыча руды на некоторых карьерах в ближайшем будущем будет не экономичной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Харін С.А. Розвиток наукових основ проектування будівництва залізородних шахт на великих глибинах/ С.А. Харін.- Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктора техн. наук. Дніпропетровськ. 2012.

2. Четверик М.С. Перспективы использования земельных ресурсов горнорудных предприятий Кривбасса для производства биотоплива / М.С. Четверик, Е.А. Ворон // Металлургическая и горнорудная промышленность.-Днепропетровск, 2012.-№3.-С. 71-75.

3. Бабий Е.В. Технология предобогащения железных руд в глубоких карьерах/ Е.В. Бабий.- Киев.: «Наукова думка», 2011.- 184 с.

4. Ильин С.А. Преодоление изначальных недостатков открытого способа разработки: опыт и результаты/ С.А. Ильин, В.С. Коваленко, Д.В. Пастихин // Горный журнал, 2012, №4, С.25-32.

УДК 539.3:622.831.322

Канд. физ. мат. наук А.Р. Сницер,
(НИИ ПГД ТНУ им. В.И. Вернадского)
д-р техн. наук Л.М. Васильев,
канд. техн. наук В.В. Зберовский
(ИГТМ НАН Украины),
инж. И.Ф. Чугунков
(ПАО «Краснодонуголь»)

ПЕРЕДАЧА ДАВЛЕНИЯ В УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ ПРИ ГИДРОИМПУЛЬСНОМ НАГНЕТАНИИ ЖИДКОСТИ В СКВАЖИНУ

У рамках теорії пружності розглядається задача про розподіл напружень навколо горизонтальної свердловини у вугільному пласті при заданій радіальній навантаженні її поверхні. Пласт розташований на заданій глибині від денної поверхні і передбачається зчепленим з масивом. Проводиться порівняння розподілів напружень навколо свердловини в шарі і в безмежному масиві при рівних умовах нагнітання рідини. Оцінюється вплив границь пласта на розподілення напружень.

PRESSURE TRANSFER IN THE COAL SEAM AT HYDROIMPULSIVE FLUID INJECTION INTO THE WELL

In the framework of the theory of elasticity, the problem of the distribution of stresses around a horizontal well in the coal seam at a given radial load its surface is considered. Reservoir located at a given depth from the surface of the Earth and adhered to the expected array. The comparison of the stress distribution around the hole in the layer and in an infinite array under equal conditions injection of fluid is done. The influence of reservoir boundaries on the stress distribution is evaluated.

Введение

В работе [1] исследована задача о распределении напряжений вокруг горизонтальной скважины в угольном массиве при импульсном нагнетании в нее жидкости. При моделировании учитывалось, что массив представлен упругой средой, в которой на определенной глубине от дневной поверхности располо-