Записки Ленинградского ордена Ленина Горного института
Том XVII—XVIII, 1948

Маркшейдерское дело

Маркшейдерские наблюдения за сдвижением поверхности под влиянием горных разработок в условиях Черемховского каменноугольного месторождения

Проф. *Д. А. Казаковский*

I. Общие замечания

Черемховское месторождение как по геологическим, так и по горно-эксплоатационным условиям существенно отличается от других каменноугольных месторождений СССР. Ввиду этого, применительно к указанным условиям, не представляется возможным без специальных наблюдений сделать уверенное заключение о характере процесса сдвижения поверхности под влиянием горных разработок. Между тем, такие вопросы, как скорость протекания процесса оседания, величина оседания поверхности, величина углов оседания и т. д., являются практически важными вопросами, выяснение которых необходимо не только для правильного построения предохранительных целиков и решения вопроса о возможности застройки ранее подработанных площадей, но также и для выбора способа управления кровлей и установления рациональной последовательности отработки нижнего и верхнего слоев главного пласта Черемховского месторождения.

До настоящего времени при построении предохранительных целиков на черемховских шахтах пользовались следующими углами сдвижения, заимствованными из Дортмундских правил: в наносах $\beta = \gamma = \delta = 45°$, в коренных породах $\beta = \gamma = \delta = 75°$ при ширине предохранительной бермы равной 5 м.

В апреле 1939 г., с целью изучения оседания поверхности под влиянием горных разработок, на поле шахты им. С. М. Кирова

была заложена первая наблюдательная станция, состоящая из трех профильных линий.

Наблюдения на этой станции, проведенные в период апрель 1939 г. — май 1942 г. силами работников маркбюро шахты, в основном свелись к нивелировке реперов профильных линий.

Измерение расстояний между реперами и ординат реперов было произведено только при закладке станции. Повторное измерение расстояний и ординат не производилось. К существенным недостаткам этой станции нужно отнести также следующее:

а) Место закладки станции было выбрано неудачно, вследствие чего летом 1943 г. ряд реперов станции был нарушен и дальнейшее их использование оказалось невозможным.

б) На станции удалось провести наблюдения только в период обработки верхнего слоя главного пласта.

в) Закладка станции, а в некоторых случаях и наблюдения проведены с отступлением от существующих инструкций.

Кроме того, станция № 1 являлась единственной станцией в бассейне, на которой были проведены инструментальные наблюдения.

При таких условиях возник вопрос о необходимости закладки новых наблюдательных станций. По предложению Техотдела НКУП в 1943 г. кафедрой маркшейдерского дела Ленинградского Горного института были произведены: обработка материалов указанной выше наблюдательной станции № 1, закладка новых наблюдательных станций № 2 и 3 и съемка провалов и трещин, образовавшихся при разработке нижнего слоя главного пласта на шахте М. Артем. Попутно с этим было произведено обследование обрушения поверхности над старыми подготовительными выработками на территории завода им. Карла Маркса.

Ввиду однообразия геологических и горно-эксплоатационных условий Черемховского месторождения и быстрого затухания процесса сдвижения поверхности, проведенные наблюдения дали вполне исчерпывающие результаты и позволили уже в 1944 г. составить проект правил охраны сооружений от вредного влияния горных разработок. В настоящее время эти правила приняты как обязательные при построении предохранительных целиков.

Прежде чем перейти непосредственно к описанию наблюдательных станций и результатов наблюдений, остановимся кратко на геологической и горно-эксплоатационной характеристике Черемховского каменноугольного района.

II. Краткая геологическая и горно-эксплоатационная характеристика Черемховского каменноугольного района

Из 11 производственных единиц треста Востсибуголь 9 разрабатывают пласты Черемховского и 2 — Владимирского угольных горизонтов.

Черемховский угольный горизонт представлен двумя рабочими пластами: нижележащим главным и вышележащим малым, разделенными межпластьем в несколько метров, состоящим в основном из аргилитов.

Малый пласт имеет преимущественно нерабочую мощность и часто выклинивается совершенно. И только на шахте № 5 этот пласт имеет общую мощность до 2 м и разрабатывается наряду с главным пластом. На всех других шахтах, расположенных в пределах контура Черемховского угольного горизонта, разрабатывается только главный пласт.

Возраст угольных отложений Черемховского бассейна — юрский, характер их — лимнический. Главный пласт имеет общую геологическую мощность от 1—2 м до 10 м и более и состоит из перемежающихся пропластков глины, углистых сланцев, глинистых сланцев, известняковых песчаников и угля.

Количество породных прослойков достигает в некоторых случаях 15 и выше. Мощность породных прослойков доходит до 0,5 м, чаще колеблется в пределах 10—15 см и ниже.

Мощность угольных пропластков не превышает 1,5 м, обычно составляя несколько дециметров. Общая полезная мощность главного пласта достигает 7 м, а в среднем составляет около 5 м.

При эксплоатации главный пласт, как правило, разделяется на 3 слоя: а) верхний (рабочий), б) средний (подкалочный) и в) нижний (зумпфовый). На одних шахтах разрабатывается пока только верхний слой, на других верхний и нижний.

На некоторых шахтах, ввиду заметного уменьшения мощности, главный пласт разрабатывается в один слой.

Средний слой не разрабатывается ввиду высокой зольности, а в ряде случаев, ввиду отсутствия опыта разработки, в три слоя и обрушается в выработанное пространство при разработке нижнего слоя. Главный пласт имеет в пределах всего месторождения практически горизонтальное залегание. В почве пласта залегает брекчиевидный конгломерат мощностью в несколько десятков метров. В кровле между (главным и малым пластами) — аргилит мощностью в несколько метров. Выше малого пласта залегает толща песчаников безугольного горизонта. С поверхности песчаники прикрываются послетретичными отложениями (глины, суглинки) мощностью до 2 м и растительным слоем мощностью около 0,5 м.

Подобный характер разреза, с некоторыми колебаниями мощностей, сохраняется на всем месторождении, за исключением участков с пониженным рельефом. На указанных участках наблюдается уменьшение мощности толщи песчаников. В некоторых случаях эти песчаники исчезают совершенно. В соответствии с рельефом колеблется и глубина залегания главного пласта. На выходах пласта она составляет несколько метров, а на возвышенных участках рельефа достигает 50—60 м. Сколько-нибудь значительные тектонические нарушения отсутствуют. В некоторых местах наблюдается проявление микронарушений дизъюнктивного характера, в виде ступенчатых сбросов небольшой ампли-

туды. Нарушения по своему происхождению относятся к атектоническим и объясняются «провалом» участков пласта вследствие образования карстовых пустот в подстилающих кембрийских известняках.

Владимирский угольный горизонт представлен несколькими пластами угля, из которых промышленным является так наз. нижний пласт, разрабатываемый двумя шахтами.

Ввиду неглубокого залегания на Черемховском месторождении имеет место разработка как открытым, так и подземным способами. Открытые разработки в настоящее время занимают подчиненное положение.

При подземной разработке подготовка выемочных участков ведется путем нарезки односторонних или двухсторонних панелей. Выемка панелей производится или системой спаренных лав (основная система), или камерно-столбовой системой.

Длина столбов, разрабатываемых лавами, составляет 200—250 м, ширина — 45—60 м. Столбы нарезаются путем проходки образных и сборочных штреков. Между каждой парой лав (около обрезных штреков) оставляются целики угля шириною до 10—15 м. Ширина целиков между выемочными участками панели (около слоевых откаточных штреков) 25—30 м.

Выемка угля в лавах производится с применением ВВ с предварительной подрубкой пласта тяжелой врубмашиной. Пустая порода из прослойков удаляется в выработанное пространство.

Управление кровлей полное обрушение с применением кустового или клетьевого крепления.

III. Характеристика наблюдательных станций

Станция № 1, как уже указывалось выше, была заложена в апреле 1939 г. на поле шахты им. С. М. Кирова над выработками верхнего слоя главного пласта.

В районе наблюдательной станции геологический разрез толщи (сверху вниз) представлен следующими породами (данные скважины № 2):

1. Растительный слой и глины мощностью до 2 м.
2. Песчаники безугольного горизонта мощностью до 43 м.
3. Пласт угля («малый») мощностью около 0,2 м.
4. Толща аргилитов мощностью от 3,5 до 4 м.
5. Пласт угля («главный») с полезной мощностью до 5,5 м.
6. Брекчиевидный конгломерат мощностью в несколько десятков метров.
7. Кембрийские известняки мощностью до нескольких сот метров.

Станция состоит из трех профильных линий, из которых две расположены перпендикулярно забоям спаренных лав № 105 и 106 и одна параллельно.

Профильные линии включают 6 опорных и 53 рабочих репера. Расстояние между реперами на краевых частях мульды сдвижения — 5 м, на прочих участках до 20 м.

Опорные реперы представляют собой забетонированные железные трубки диаметром до 3 см и длиною до 1,5 м. Рабочие реперы — железные трубки такого же размера, заложенные в грунт посредством забивки (без бетонирования). Выбранный тип опорных реперов оказался вполне удачным.

То же самое можно сказать и в отношении забивных реперов, нашедших широкое применение в других бассейнах (например в Кузнецком).

Забивные реперы являются вполне приемлемыми для наблюдательных станций с непродолжительным сроком существования в условиях сухого грунта, с незначительной глубиной промерзания.

Подобный тип реперов был применен и при закладке станций № 2 и 3.

Станция № 1 была подработана лавами № 105 и 106 в период с октября 1939 г. по март 1940 г.

Очистные работы велись по верхнему слою Главного пласта, вынимаемая мощность которого составляла 2—2,5 м. Глубина разработок колеблется в пределах 40—50 м. Угол падения пласта около 1°.

Геодезическая привязка станции и первичные наблюдения были проведены в мае—июне 1939 г. В дальнейшем, по мере подработки станции производилось геометрическое нивелирование по реперам профильных линий. Всего проведено 14 нивелировок, из которых последняя — в мае 1942 г.

Станция № 2, включающая 4 опорных и 39 рабочих реперов (1 профиль, расположенный параллельно забоям спаренных лав № 223—225 и 1 — перпендикулярно), была заложена летом 1943 г. на поле шахты № 7. Расстояние между реперами на границах мульды сдвижения 5—7 м, на прочих участках 10—14 м. Плановая и высотная привязка станции, а также первичные наблюдения произведены в период июль—сентябрь 1943 г. Подработка станции очистными выработками верхнего слоя главного пласта началось 30.X.43 г., и закончилась в июле 1944 г. Глубина залегания пласта в районе наблюдательной станции 37—47 м. Мощность наносов около 2 м.

Вынимаемая мощность верхнего слоя главного пласта 2,0 — 2,5 м. Залегание горизонтальное. Выше главного пласта залегает толща аргилитов мощностью до 5 м, над которой до границы наносов располагается толща песчаников.

Разработка верхнего слоя главного пласта призводилась спаренными лавами.

Систематические инструментальные наблюдения включали геометрическое нивелирование IV разряда и измерение расстояний между реперами вдоль профильных линий.

Геометрическое нивелирование в течение первых 15 дней после начала работы лав производилось через 5 дней, в последующие 2 месяца — через 10 дней, затем через месяц.

Всего произведено 15 нивелировок.

Измерение длин произведено трижды, а именно — в первые дни подработки станции, через полгода и через год.

Помимо нивелирования и измерения длин между реперами, производилась инструментальная съемка трещин, образовавшихся на поверхности.

Станция № 3 была заложена весной 1944 г. на поле шахты им. С. М. Кирова, с целью изучения деформации поверхности при разработке нижнего слоя главного пласта после выемки верхнего слоя. Выемка нижнего слоя на этом участке производилась через 2 с лишним года после выемки верхнего слоя.

Глубина разработок 33—40 м. Мощность наносов — 1,5 м. Вынимаемая мощность нижнего слоя — 2,5 м. Станция включала 3 односторонних профильных линии, заложенных над границами лавы. Каждая из этих линий включала по 2 опорных и по 8 рабочих реперов.

При этом две профильных линии были расположены перпендикулярно линии забоя лавы и одна — параллельно.

Расстояние между рабочими реперами 4—5 м. Разработка нижнего слоя под профильными линиями наблюдательной станции производилось одной лавой: Длина выемочного участка 110 м, ширина (длина линии забоя) — 60 м.

Линия забоя лавы располагалась перпендикулярно забоям лав, которыми ранее был отработан верхний слой. Очистные работы начаты 7 марта 1944 г. Первая посадка кровли произошла внезапно после отхода от целика на 10—12 м. Последующая работа лавы была связана с рядом завалов, ввиду чего подготовленный участок полностью отработан не был и лава была остановлена в расстоянии 10—13 м от штрека № 14-бис.

Это обстоятельство позволило по одному из профилей определить углы оседания в условиях вторичной подработки. Другие два профиля оказались над границами лавы совпадающими с проекциями границ очистных выработок верхнего слоя.

Так как при разработке нижнего слоя поверхность деформируется весьма сильно, наблюдения на станции № 3 заключались в геометрическом нивелировании по реперам без измерения расстояний между ними.

Необходимо отметить, что благодаря наличию густой сети опорных точек, незначительной протяженности профильных линий и спокойному рельефу, геодезическая привязка станций № 2 и 3, а также первичные и повторные наблюдения, были проведены с достаточной точностью.

Вследствие неглубокого залегания пласта особое внимание было обращено на точное фиксирование линии обреза кровли в очистных выработках и на проверку надежности соединительных съемок.

IV. Выводы из проведенных наблюдений

В результате обработки наблюдений, проведенных на станциях № 1, 2 и 3, были построены:

1) графики вертикальных смещений реперов,

2) графики сжатий и растяжений,

3) графики развития процесса оседания во времени.

Эти графические материалы в совокупности с результатами съемки трещин и провалов как в районе наблюдательных станций, так и на шахте М. Артем и на территории завода им. К. Маркса позволили установить следующие особенности процесса сдвижения поверхности.

1. Величина оседания поверхности

Величина максимального оседания (в центральной части мульды сдвижений) при разработке верхнего слоя главного пласта составляет 60—65% от полезной вынимаемой мощности слоя. При разработке нижнего слоя после выемки верхнего оседание составляет 70—75% от вынимаемой полезной мощности нижнего слоя.

2. Скорость развития процесса оседания

При отходе лавы от целика поверхность оседает сразу же после первой посадки кровли. При дальнейшем продвигании лавы волна оседания несколько опережает забой.

Активная стадия процесса при разработке верхнего слоя главного пласта длится около 3 месяцев у целика (со стороны обрезных штреков) и около 30—40 дней в средине выемочного участка. Полное затухание оседания в средине выемочного участка происходит в течение 2 месяцев.

У целика в сторону движения забоя лавы, т. е. в месте остановки лавы после ее отработки, затухание процесса оседания происходит более медленно, что объясняется зависанием пород кровли и влиянием остающегося в лаве крепления.

При разработке нижнего слоя главного пласта полное затухание процесса заканчивается примерно через 4 месяца после подработки.

3. Видимое проявление процесса сдвижения поверхности

При разработке верхнего слоя главного пласта лавами видимое проявление процесса сдвижения характеризуется следующими особенностями:

а) Мульда сдвижений хорошо различима на-глаз и имеет крутые края.

б) При движении забоя несколько впереди его образуются трещины, параллельные линии обреза кровли. Эти трещины после прохождения забоя закрываются. Трещины образуются

также на краях мульды со стороны обрезных штреков. Краевые трещины имеют очертание ломаных линий и располагаются над границами выработанного пространства. Ширина трещин достигает 30 см. Стенки трещин вертикальны.

в) После затухания процесса сдвижения краевые трещины остаются, а трещины, расположенные в центральной части мульды, закрываются и становятся совершенно неразличимыми на-глаз.

При подработке леса наблюдается наклон деревьев и обнажение корневищ. При этом деревья, расположенные в центральной части мульды, после прохождения забоя принимают вертикальное положение и не обнаруживают никаких последствий подработки. Деревья, попадающие на краевые части мульды, сохраняют наклонное положение, и в ряде случаев отмечается повреждение корневищ. Несмотря на это, а также на дренаж почвы вследствие трещинообразования подработка леса, как правило, не вызывает порчи деревьев.

Наличие незакрывающихся трещин на краевых частях мульды способствует циркуляции воздуха и является, очевидно, одной из причин возникновения и развития подземных пожаров, зафиксированных на шахте им. С. М. Кирова.

Борьба с подземными пожарами не может быть успешной до тех пор, пока не будет, наряду с другими мерами, применяться обортовка (засыпка грунтом) трещин на поверхности.

Вследствие незначительной величины шага посадки кровли в очистных выработках (около 3,5—4 м), расстояние между трещинами параллельными линии забоя на поверхности составляет в среднем 2—2,5 м.

Таким образом, толща покрывающих пород разбивается на небольшие блоки. Это обстоятельство, очевидно, является основной причиной трудности управления кровлей при последующей разработке нижнего слоя главного пласта.

При разработке нижнего слоя главного пласта системой лав внешнее проявление процесса сдвижения характеризуется следующими признаками:

а) Мульда сдвижений имеет вид провала, при этом ее борта обладают различной крутизной. Края мульды, расположенные над границами целиков по верхнему и нижнему слоям, имеют очень большую крутизну, а края, расположенные над выработанным пространством по верхнему слою, значительно более пологи.

б) Трещины на краях мульды сдвижения имеют очертание ломаных линий. Ширина трещин, расположенных над границами выемочного участка, достигают 30—40 см. Параллельно этим трещинам располагаются более мелкие трещины, ширина которых затухает как в сторону целика, так и в сторону выработанного пространства.

4. Углы оседания и обрушения

В условиях Черемховского месторождения, характеризующегося весьма бурным проявлением процесса сдвижения, графики горизонтальных деформаций имеют весьма незакономерный характер.

Максимум растяжений, как правило, располагается над границами выемочного участка, а максимум сжатий — в месте сопряжения краев мульды с ее дном.

Однако указанная картина распределения напряжений в ряде случаев осложняется трещинообразованием, нарушающим плавный ход кривых горизонтальных деформаций.

В связи с такой незакономерностью кривых, определение численных значений углов, сдвижение, производилось по графикам вертикальных смещений реперов.

При этом, по аналогии с Кузнецким бассейном, в качестве граничных точек принимались точки с оседаниями в 20 мм, 50 мм и 100 мм.

Необходимо отметить, что на разрезах перпендикулярных линий забоя лавы мульда оседаний во всех случаях имеет ассиметричную форму. Более крутой край располагается над обрезным штреком и более пологий в сторону движения линии забоя. На разрезах параллельных линии забоя форма мульды симметричная. Вследствие значительной крутизны краев мульды асимметрия мало сказывается на численных значениях углов оседания, полученных по точкам с указанными выше критическими значениями вертикальных смещений.

Поэтому при выводе окончательных значений углов асимметрия мульды в расчет не принималась.

В результате обработки материалов станции № 1 и 2 были получены следующие углы оседания для случая разработки верхнего слоя главного пласта:

1. Для точек с оседанием в 20 мм — 75° (среднее из 6 значений с колебаниями в пределах 70—80°).
2. Для точек с оседанием в 50 мм — 85° (среднее из 6 значений с колебаниями в пределах 80—90°).
3. Для точек с оседанием в 100 мм — 92° (среднее из 7 значений с колебаниями в пределах 86—95°).

Углы обрушений по различным профилям колеблятся в пределах 85—90°

В Кузнецком бассейне углы, полученные по точкам с оседанием в 20, 50 и 100 мм, используют при построении целиков под объектами I, II и III категорий охраны соответственно.

Для условий Черемховского месторождения, как видим, углы, соответствующие точкам с оседанием в 100 мм, больше углов обрушения.

В соответствии с этим в рассматриваемом случае целесообразно охраняемые объекты делить на две категории (группы) охраны и принимать для первой группы угол сдвижения равным 75°, а для второй — 85°

Углы оседания при разработке нижнего слоя главного пласта в границах разработки верхнего слоя, полученные по 1 и 2 профильным линиям станции № 3, составляют:

1) для точек с оседанием в 20 мм — 75—80°
2) для точек с оседанием в 50 мм — 85—87°,
3) для точек с оседанием в 100 мм — 79—80°.

Углы обрушения колеблятся в пределах 80—82° Как показывают наблюдения на 3 профиле станции № 3, углы оседания при разработке нижнего слоя в границах ранее отработанной площади верхнего слоя значительно выполаживаются и равны:

1) для точек с оседанием в 20 мм — 46°,
2) для точек с оседанием в 50 мм — 48°,
3) для точек с оседанием в 100 мм — 55°

Указанное обстоятельство необходимо иметь в виду при построении целиков по нижнему слою главного пласта под сооружениями, возводимыми на поверхности, подработанной верхним слоем. В этом случае углы наклона граничных плоскостей необходимо брать не более 50° в толще, затронутой процессом сдвижения от разработки верхнего слоя и 80° в толще, не затронутой процессом сдвижения от разработки верхнего слоя.

Факт выполаживания углов оседания в ранее подработанной толще подтверждается и данными съемки провалов, образовавшихся на поверхности при разработке нижнего слоя главного пласта на шахте М. Артем. Углы обрушения, наблюдавшиеся на этой шахте, составляют 68—79°.

5. Деформация поверхности при обрушении подготовительных выработок

В практике ведения горных работ на Черемховском месторождении отмечены случаи, когда обрушение подготовительных выработок, пройденных по главному пласту при незначительной глубине залегания его, вызывают обрушение поверхности.

Так на территории завода им. К. Маркса над подготовительными выработками (штреками), пройденными в 1920 г., в настоящее время (начиная с 1940 г.) наблюдается образование провалов шириною до 5 м (перпендикулярно осям выработок) и глубиною до 1,5—2 м. Образование провалов в ряде случаев вызывает сильное повреждение зданий. Обрушение поверхности происходит особенно интенсивно весной после оттаивания грунта, а также летом и осенью после сильных дождей.

Ширина и высота выработок в среднем составляют 2—3 м. Глубина от поверхности 14—15 м. Над выработками залегает толща песчаников, прикрытая сверху наносами мощностью до 1,5 м. Произведенное в 1941—1942 гг. обследование горных выработок показало, что большая часть их еще не обрушилась, но крепление пришло в ветхость. Наличие еще не сгнившего крепления, а также образование над выработками сводов замедляет процесс обрушения и обуславливает его разновременность для различных участков.

Так как небольшая глубина характерна для бо́льшей части Черемховского месторождения, то необходимо иметь в виду весьма значительное влияние обрушения подготовительных выработок на состояние поверхности. Необходимо также иметь в виду и то обстоятельство, что обрушение подготовительных выработок сказывается на поверхности по прошествии весьма длительного времени (до 20—25 лет).

В рассмотренном случае отношение глубины к высоте выработок равно приблизительно 7

При бо́льших значениях этого отношения случаев деформации поверхности над подготовительными выработками не отмечено.

Попутно укажем, что в 1942 г. вопрос сдвижения поверхности над подготовительными выработками был изучен нами по материалам, собранным на шахтах треста Куйбышевуголь (Кузбасс). Оказалось, что обрушение выработок достигает поверхности лишь при отношениях глубины к высоте выработок не превышающих 10.

V. Основные положения проекта правил охраны сооружений от вредного влияния горных разработок

1. Способы охраны сооружений

В качестве основного способа охраны сооружений от вредного влияния горных разработок в условиях Черемховского месторождения рекомендовано оставление предохранительных целиков.

Подобная установка объясняется следующими причинами:

1. Сильной деформацией поверхности, в связи с явлением сдвижения горных пород.

2. Сравнительно невысоким качеством угля и большими потерями его при эксплоатации (до 40%), на фоне которых потери в предохранительных целиках приобретают второстепенное значение.

3. Весьма ограниченной потребностью в оставлении целиков для охраны объктов, так как большинство объектов может быть расположено на безугольных участках.

При таких условиях оставление целиков является наиболее надежным и экономически целесообразным способом охраны сооружений (за исключением тех случаев, когда сооружение может быть без больших затрат перенесено на другое место).

2. Техника расчета предохранительных целиков

Вследствие практически горизонтального залегания пластов, наклон граничных плоскостей при построении целиков принимается одинаковым по всем направлениям.

Углы оседания в наносах фактическими наблюдениями не установлены, поэтому по аналогии с Кузнецким бассейном приняты равными 45°.

Вопрос о действительной величине этих углов, ввиду ничтожной мощности наносов, не имеет принципиального значения.

Уголы сдвижения в коренных породах, в соответствии с приведенными выше результатами наблюдений, могут быть приняты равными:

1. При расчете целиков по малому пласту и по верхнему слою главного пласта:

а) для объектов I группы — 75°,
б) для объектов II группы — 85°

2. При расчете целиков по нижнему слою главного пласта после выемки верхнего слоя в тех же границах:
а) для объектов I группы — 75°,
б) для объектов II группы — 80°

3. При расчете целиков по нижнему слою главного пласта на площади, полностью подработанной верхним слоем, — 50° для обеих групп охраняемых объектов.

Деление объектов не на 3, а на 2 категории (группы) объясняется отмеченными выше особенностями сдвижения поверхности в условиях Черемховского месторождения.

При этом в предложенных правилах в I группу включены те объекты, которые в Кузнецком и Донецком каменноугольных бассейнах принято относить к I категории, а во II группу — те, которые в названных бассейнах относят ко 2 и 3 категориям.

В целях снижения потерь угля при оконтуривании целиков горными выработками границы охраняемой площади на плане строятся в виде описанного около контура объекта прямоугольника, две стороны которого параллельны, а две перпендикулярны проекции забоя очистной выработки.

Такое расположение границ соответствует господствующему простиранию трещин кливажа и учитывает, таким образом, второй важный фактор, заслуживающий внимания при построении целиков в условиях месторождений рассматриваемого типа.

Следующим вопросом, который необходимо было решить в связи с разработкой «Правил», являлся вопрос о ширине предохранительной бермы и о связи ее с наблюдаемыми углами сдвижения.

В «Правилах», действующих в других бассейнах, этот вопрос решается различно, при этом без каких-либо обоснований.

В частности, в Донецком бассейне ширину предохранительной бермы ставят в зависимость от категории охраняемых объектов, принимая при этом углы сдвижения, имеющие одно и то же численное значение.

В Кузнецком бассейне не только ширина предохранительной бермы, но и углы сдвижения принимаются различными при построении целиков под объектами различных категорий.

Как известно, разделение объектов на категории производится в зависимости от степени важности их, а также в зависимости от последствий, вызываемых подработкой.

Этот принцип классификации является безусловно правильным. Принимая его, мы должны признать справедливыми следующие положения:

1. Углы сдвижения, используемые при построении целиков под объектами различных категорий, должны быть получены по точкам с различными значениями критических деформаций. Иначе говоря, эти углы должны иметь различные численные значения для объектов различных категорий.

2. Водоемы должны быть отнесены к особой категории, так как критические деформации для этого вида объектов имеют совершенно другую характеристику, отличную от характеристики критических деформаций при подработке сооружений.

Первое положение было нами учтено при составлении рассматриваемых Правил охраны сооружений в условиях Черемховского месторождения, а второе — при составлении (в 1946 г) Правил охраны сооружений для условий Воркутского каменноугольного месторождения.

С другой стороны, известно, что углы сдвижения, получаемые по данным инструментальных наблюдений, даже в пределах одного и того же месторождения с относительно однообразными геологическими и горно-эксплоатационными условиями, имеют различные значения с широкими пределами колебаний.

Эти колебания объясняются не только литологическими особенностями толщи пород, сколько ошибками инструментальных наблюдений и маркшейдерских планов, гидрогеологическими условиями и наличием или отсутствием трещиноватости в породах.

В связи с наблюдавшимися колебаниями численных значений углов возникают следующие вопросы:

1. Какие углы принимать в качестве исходных при построении целиков?

2. Каким принципом руководствоваться при выборе ширины предохранительной бермы?

Логичнее всего в качестве исходных принимать средние арифметические из численных значений углов, полученных на наблюдательных станциях.

В этом случае возможное отклонение углов в сторону выполаживания необходимо обезопасить правильным выбором ширины предохранительной бермы.

Следовательно, ширина предохранительной бермы должна быть связываема прямой зависимостью с глубиной залегания, обратной — с углом наклона граничной плоскости.

Высказанное положение подлежит уточнению для ряда условий и может быть принято как безусловно справедливое для условий горизонтального и неглубокого залегания пластов с интенсивным проявлением сдвижения поверхности.

В частности, этим положением следует руководствоваться при определении необходимой ширины бермы в условиях Черемховского месторождения и Подмосковного бассейна.

Для этих условий можно принять:

$$S = S_1 + S_2, \tag{1}$$

где S — общая ширина предохранительной бермы,

S_1 — часть общей ширины бермы, рассчитанная на возможное отклонение углов сдвижения в сторону минимальных значений,

S_2 — часть общей ширины бермы, рассчитанная на возможную ошибку оконтуривания целиков горными выработками. Как следует из рис. 1

$$S_1 = H\frac{\sin(\delta_{ср} - \delta_{min})}{\sin\delta_{ср}\sin\delta_{min}}, \qquad (2)$$

где H — глубина залегания пласта,

$\delta_{ср}$ — угол сдвижения, принимаемый при построении целиков,

δ_{min} — минимальное значение угла сдвижения, полученное по данным наблюдения.

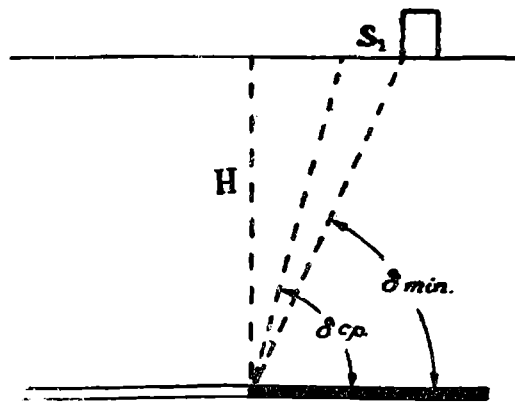


Рис. 1.

Величину S_2 можно принять равной 2 м. Как выше указывалось, для Черемховского месторождения $\delta_{ср}$ равно 75° для сооружений I группы и 85° для сооружений II группы, а δ_{min} — 70° и 80° соответственно.

Пользуясь приведенными выше формулами, получим:

при $H = 30$ м, $S \simeq 5$ м, при $H = 60$ м, $S \simeq 10$ м.

Таким образом для условий Черемховского месторождения ширина предохранительной бермы должна приниматься в зависимости от глубины залегания (5 м при $H \leqslant 30$ м и 10 м при H более 30 м).

Из высказанного выше принципа выбора исходных значений углов и ширины предохранительной бермы следует, что при проведении наблюдений за сдвижением поверхности особое внимание должно быть обращено на возможно точное определение минимальных значений углов (δ_{min}) и меньшее внимание на определение $\delta_{ср}$. С этой точки зрения, вопреки установившемуся мнению, увеличение числа наблюдений не всегда может привести к уточнению углов, необходимых при построении предохранительных целиков.

Из высказанного принципа далее следует, что расчет целиков должен быть подчинен, в первую очередь, требованию сохранности сооружений и во вторую — требованию снижения потерь угля в недрах.

Справедливость этого ясна еще и потому, что потери в охранных целиках, как правило, ничтожны, по сравнению с другими видами потерь, связанными с разработкой месторождений.

3. Возможность застройки подработанных площадей

В соответствии с приведенной выше характеристикой скорости затухания процесса сдвижения поверхности в условиях Черемховского месторождения было рекомендовано:

1. Разрешать постройку деревянных зданий на площадях, подработанных лавами, по прошествии одного года после выемки угля.

2. Постройку каменных зданий разрешать по прошествии 1—2 лет (в зависимости от капитальности здания) после выемки угля под площадкой.