

Критические замечания на некоторые пункты «Правил подработки...»



А. Н. ФЕОФАНОВ,
канд. техн. наук
(ИГМР НАН Украины)

Обоснована необходимость пересмотра и дополнений в свете последних научных разработок некоторых требований пунктов «Правил подработки...» [1] в части оценки провалообразований и повреждений земной поверхности, подработанной горными выработками на малых глубинах.

Ключевые слова: нормативный документ, глубина разработки пластов, угол падения, высота распространения обрушения, провалы, границы возможных повреждений, зона трещин, оценка возможности провалообразований.

Контактная информация: andrei.feo@mail.ru

Основной отраслевой стандарт Украины, устанавливающий правила рациональной выемки угля под существующими зданиями, сооружениями и природными объектами – «Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом» [1], утвержденные и введенные в действие приказом Минтопэнерго Украины от 28 ноября 2003 г. № 703 (далее – Правила). Положения этого нормативного документа применяют предприятия угольной промышленности независимо от форм собственности и организационно-правовых форм хозяйствования, выполняющие работы по добыче угля подземным способом. Разработчик стандарта – Украинский государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики и маркшейдерского дела НАН Украины.

Известно, что любой нормативный документ – квинтэссенция научных достижений и разработок, накопленных за определенный период времени, что требует его регулярного обновления. Предыдущая редакция Правил была внедрена в 1981 г. и использовалась более 20 лет. Они назывались «Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях» [2].

Последняя редакция Правил была издана 13 лет назад. За это время автор статьи проанализировал более 170 случаев повреждений земной поверхности, подработанной горными выработками на выходах угольных пластов [3]. Результаты проведенных исследований и научных разработок в области провалообразований отражены в научных статьях, патентах на полезную модель и др. Полученные результаты апробированы при внедрении заключений и рекомендаций, разработанных для производственных нужд угольных предприятий Донбасса.

Знания, накопленные сегодня, значительно дополняют существующие представления о процессах провалообразований на подработанных территориях. Поэтому пункты Правил 5.1.12–5.1.16 нуждаются в существенной переработке и дополнениях. Приведем критический анализ требований этих пунктов с позиций новых разработок, полученных после ввода нормативного документа [1].

Пункт 5.1.12 Правил [1]. Провалы (воронки) могут образовываться на земной поверхности при разработке пластов с углами падения $\alpha \leq 45^\circ$ на глубине менее 12 м от земной поверхности (где m – вынимаемая мощность пласта в метрах).

Во-первых, ограничение по углам падения не обоснованы. Во-вторых, учитывая, что вынимаемая мощность угольных пластов в Донбассе может быть до 1,5–1,8 м, то, согласно этому пункту, провалы образуются при разработке пластов на глубинах менее 20–22 м, и нижезалегающие выработки уже не представляют опасности для земной поверхности. Со-

ответственно при мощности наносов 20 м и более заброшенные выработки не опасны, что не соответствует действительности. В-третьих, неясно, где, над какими типами выработок и при каких условиях могут образовываться провалы.

Установлено [3], что провалы в виде воронок на земной поверхности могут образовываться при обрушении породного массива в заброшенные горные выработки и (или) сохранившиеся в них пустоты на глубинах максимум до 160 м. Причем к таким относятся как протяженные горизонтальные выработки (штреки, квершлагги, сбойки и т. п.), так и протяженные наклонные (уклоны, сбойки, наклонные стволы и т. п.). Старые очистные выработки (камеры, заходки, печи, копи и т. п.) при их малой площади поперечного сечения, соизмеримой с площадью сечения подготовительных выработок, также склонны к образованию провалов. Однако при увеличении размеров очистных участков они могут представлять опасность для земной поверхности из-за возможного возобновления процесса обрушения породного массива, залегающего над ними. Это так называемая активизация процесса сдвижения с образованием на земной поверхности зон локальных оседаний (микромульд) с характерными для них обрывистыми краями по периметру и большими деформациями по всей площади оседания.

Таким образом, решение проблемы с акцентом только на мощность отработанного пласта не корректно, так как отработка пластов разной мощности велась в основном камерным способом, при котором высота камер в зависимости от мощности пласта колебалась от 2 до 2,5 м.

Доказано, что глубина, с которой развивается провал, прежде всего определяется степенью метаморфизма добываемых углей. Характерна общая тенденция: с уменьшением степени метаморфизма увеличивается глубина, с которой возможен выход свода обрушения на поверхность с образованием провала.

Провалы могут образовываться и от ликвидированных вертикальных выработок (стволы, шурфы, скважины) при некачественной ликвидации и разрушении их устьев. В подобных случаях глубина не учитывается, поскольку вертикальные выработки как правило выходят на поверхность.

Очистные выработки, залегающие в районах малой (угли марок Д, Г) и средней (угли марок Ж, К, ОС) степени метаморфизма, не опасны для земной поверхности, так как сохранение пустот в них маловероятно. Для групп высокой степени метаморфизма (угли марок А, ПА, Т) наиболее опасны для земной поверхности очистные выработки, залегающие в интервале глубин 35–90 м, с вероятностью сохранения в них пустот до 80 %.

Пункт 5.1.13 Правил [1]. Границы зоны возможных провалов в плане устанавливаются по контуру очистной выработки, увеличенному на 5 м в каждую сторону.

Если нижняя граница очистной выработки расположена на глубине более 12 м, то границу зоны провалов со стороны падения пласта устанавливают на расстоянии 5 м по падению от проекции изогипсы пласта, проведенной на глубине 12 м.

Провалы сопровождаются зоной трещин шириной 10 м, нижняя граница которой располагается не дальше проекции изогипсы пласта, проведенной на глубине 20 м.

Во-первых, контур старой очистной выработки – понятие весьма неоднозначное, так как добыча на малых глубинах проводилась преимущественно камерным или камерно-столбовым способом. Во-вторых, глубины 12 м и 20 м необоснованны, так же, как и границы зоны возможных провалов 5 м в каждую сторону. При этом не учитывается ни глубина залегания выработки, ни угол ее падения. В-третьих, не все провалы сопровождаются зоной трещин шириной 10 м.

Границы возможных провалов прежде всего определяются геометрическими размерами в плане подготовительной выработки, а не очистной, а также ее направлением и мощностью наносов над ней [3].

В настоящее время установлены угловые параметры при активизации процесса сдвижения над старыми очистными выработками для районов Донбасса с разной степенью метаморфизма углей [4]. Это граничные углы со стороны восстания и падения пласта, а также углы максимальных оседаний. По ним определяются границы зон повышенных деформаций при образовании локальных оседаний. Установлены зависимости для определения значений деформаций.

Не все провалы сопровождаются образованием трещин. Они присущи именно антрацитовым районам Восточного Донбасса, где на давно отработанных шахтных полях часто встречаются хорошо сохранившиеся очистные участки благодаря наличию крепких слоев песчаников в толще, а наносные отложения малы или отсутствуют. Поэтому нельзя приурочивать образование трещин всякому провалу в любом из мест Донбасса.

Сегодня процесс трещинообразования при провалах мало изучен. Необоснованно утверждать о какой-то конкретной глубине, с которой образуется трещина, и ее ширине на поверхности без учета геометрии выработки, литологии массива и мощности наносов.

Пункт 5.1.14 Правил [1]. Провалы на земной поверхности при разработке пластов с $\alpha > 45^\circ$ образуются, если проекция на вертикальную плоскость целиков, оставляемых на выходах пластов под наносы, менее 60 м, а очистные работы под целиками ведутся на глубине менее 400 м.

Пункт 5.1.15 Правил [1]. Границы зоны возможных провалов на земной поверхности при разработке пластов с углами падения $\alpha > 45^\circ$ определяют на плане:

по простиранию – линией, проведенной параллельно границе горной выработки за ее пределами на расстоянии $l_{\text{п}}$ (но не менее 15 м). Расстояние $l_{\text{п}}$ в метрах следует определять по формуле

$$l_{\text{п}} = h \operatorname{ctg} \varphi; \quad (5.1)$$

со стороны лежачего бока – линией, проведенной на расстоянии $l_{\text{л}}$ (но не менее 15 м) от выхода почвы пласта под наносы. Расстояние $l_{\text{л}}$ в метрах следует определять по формуле

$$l_{\text{л}} = h \operatorname{ctg} \varphi; \quad (5.2)$$

со стороны висячего бока – линией, проведенной на расстоянии $l_{\text{в}}$ от выхода кровли пласта под наносы (но не менее 20 м). Расстояние $l_{\text{в}}$ в метрах следует определять по формуле

$$l_{\text{в}} = (H_{\text{в}} + 10) \operatorname{ctg} \alpha + h(\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{ctg} \alpha), \quad (5.3)$$

где $H_{\text{в}}$ – расстояние по вертикали от земной поверхности до верхней границы выработки, м (согласно п.5.1.14 $H_{\text{в}} < (60 + h)$); α – угол

падения пласта, град.; h – мощность наносов, м; φ – угол сдвижения в наносах, град.

К зоне провалов прилегает зона трещин: со стороны висячего бока шириной 30 м, со стороны лежачего бока и по простиранию – шириной 20 м.

Анализ зафиксированных случаев повреждений земной поверхности при наклонном и крутонаклонном залегании пластов показывает, что требования пп. 5.1.14 и 5.1.15 не отражают реальной картины происходящего. Установлено, что с изменением угла падения пластов от крутонаклонного до крутого в образовании провалов имеются отличительные особенности, а именно: при крутом залегании пластов, когда горизонтальные составляющие процесса сдвижения намного превышают вертикальные, зона образования провалов сосредоточена на выходах пластов. Это, как правило, провалы на устьях наклонных стволов, шурфов и провалы на выходе самого угольного пласта, образующиеся в основном за счет сползания по почве пласта предохранительных целиков, оставляемых для охраны подготовительных выработок по технологии выполнения очистных работ на крутых пластах. Возможны и оседания со стороны лежачего и висячего крыльев, зона которых сконцентрирована вдоль линии выхода пласта под наносы. Ширина опасной зоны прямо пропорциональна углу залегания пласта. Основная причина разрушения (сползания) целиков на выходах пластов – потеря прочностных свойств угля и пород зоны выветривания при обводнении как в результате затопления при ликвидации предприятий, так и в случае проникновения паводковых вод с поверхности (см. работу [5]).

Пункт 5.1.16 Правил [1]. Провалы земной поверхности над подготовительными выработками, в которых отсутствует перепуск обрушенных пород кровли, возможны, если глубина выработки от поверхности карбона меньше высоты распространения обрушения пород над выработкой $H_{\text{п}}$ в метрах, которую следует определять по формуле

$$H_{\text{п}} = \frac{2,5b}{K_{\text{р}} - 1}, \quad (5.4)$$

где b – высота выработки в черне, м; $K_{\text{р}}$ – коэффициент остаточного разрыхления, кото-

рый для однородной толщи пород кровли принимается: для аргиллитов 1,15, для алевролитов 1,20, для песчаников 1,25.

Для толщи переслаивающихся коренных пород, залегающих выше выработки, величину K_p следует определять по формуле

$$K_p = \frac{1,15\sum m_{\text{арг}} + 1,20\sum m_{\text{ал}} + 1,25\sum m_{\text{пес}}}{\sum m_{\text{арг}} + \sum m_{\text{ал}} + \sum m_{\text{пес}}}, \quad (5.5)$$

где $\sum m_{\text{арг}} + \sum m_{\text{ал}} + \sum m_{\text{пес}}$ – суммарная мощность слоев аргиллита, алевролита и песчаника, залегающих в кровле выработки, м.

При наличии в наносах пльвунов или песков с пльвунными свойствами, а также для выработок с углом наклона более 30° максимальная высота распространения обрушения пород над выработкой равна 80 м.

Выработки, над которыми возможно образование провалов, при погашении должны быть забучены породой или заполнены тампонажным раствором под давлением.

Во-первых, применяется усредненный коэффициент остаточного разрыхления K_p для всей рассматриваемой толщи, которую потом разрыхляют как один слой, что не соответствует реальному механизму послойного обрушения. Во-вторых, расчет построен только на трех основных литологических разностях Донбасса без учета других слоев и пропластков. В-третьих, однажды экспериментально полученные при определенных условиях значения K_p переходят из расчета в расчет и переносятся на литологию другого массива без учета его специфических свойств на момент оценки: степени метаморфизма, выветрелости, глубины залегания, обводненности, трещиноватости, подработанности и др. В-четвертых, предельная высота распространения обрушения пород над выработкой в 80 м не подтверждена и не обоснована.

В работе [6] детально на конкретных примерах доказана несостоятельность выражений (5.4) и (5.5), использование которых приводит к неверному результату, что при оценке безопасности подработанных участков земной поверхности недопустимо. В целях получения достоверного результата разработан и предложен способ послойного обрушения, адекватно отражающий процесс обрушения всех породных слоев в массиве, в том числе и наносов.

Общие замечания по перечисленным пунктам Правил:

- не учитывается степень метаморфизма углей как основной фактор, определяющий прочностные свойства пород и соответственно коэффициент остаточного разрыхления породного слоя;

- так называемый принцип самоподбучивания, на котором базируются выражения (5.4) и (5.5), работает только в условиях локально сохранившихся пустот, что на практике почти не встречается. При крутонаклонном и крутом залегании пород он не работает. Необходима его адаптация для конкретных условий подработки каждого конкретного случая [7];

- в расчетах по провалообразованию наносы не учитываются – их мощность в Донбассе варьируется в пределах 0–250 м. Это существенное упущение, отражающееся на конечном результате [8];

- не рассматривается образование провалов над наклонными протяженными выработками (уклоны, бремсберги, сбойки), в том числе с выходами на земную поверхность (наклонные стволы), имеющими характерные особенности при провалообразовании [9];

- не рассматривается образование провалов на устьях таких старых и некачественно затампонируемых новых вертикальных выработок, как стволы, шурфы, скважины [10];

- факторы тектоника, сеймика, гидрогеология, техногенный фактор, влияющие на процесс развития повреждений земной поверхности, не оговариваются и их проявление в расчетах не отражено [11];

- время образования провала на земной поверхности остается нерешенным вопросом [12].

Выводы. Пункты 5.1.12–5.1.16 Правил [1], призванные оценить возможные повреждения подработанной на малых глубинах земной поверхности, не дают адекватного и исчерпывающего ответа при решении практических задач, возникающих перед производителями угольной отрасли. В большинстве своем они имеют обобщающий характер или устарели. Отчасти это объясняется отсутствием соответствующих исследований по данному направлению к моменту подготовки последней редакции нормативного документа. Уже накоплен существенный научный опыт, который значительно расширяет

и обогащает имеющиеся представления о процессах провалообразований и деформаций земной поверхности.

Конечно, решать сложные, неординарные задачи, возникающие в отдельном конкретном случае, должны научные организации, специализирующиеся в данной сфере. Однако на основные вопросы: где ожидать провал, какой формы и размеров он будет, в каком направлении возможно его последующее развитие, какие будут границы опасной зоны на поверхности и какие деформации в ней ожидать, угольные предприятия должны получать ответ из соответствующих пунктов Правил [1], которые в существующей редакции нуждаются в переработке и дополнениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Правила* подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом [Текст]: ГСТУ 101.00159226.001–2003. – К., 2004. – 128 с. – (Нормативный документ Минтопэнерго Украины).
2. *Правила* охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях / Мин-во угольной пром-сти СССР. – М.: Недра, 1981. – 288 с.
3. *Феофанов А. М.* Обґрунтування параметрів урахування старих гірничих виробок на малій глибині для охорони поверхневих об'єктів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.15.01 «Маркшейдерія» / Андрій Феофанов; Донец. нац. техн. ун-т. – Донецьк, 2003. – 19 с.
4. *Гавриленко Ю. Н.* Максимальные деформации земной поверхности над очистными выработками на малых глубинах / Ю. Н. Гавриленко, В. Н. Ермаков, А. Н. Феофанов // Проблемы гірського тиску: зб. наук. пр. – Донецьк, 2001. – № 7. – С. 137–150.
5. *Феофанов А. Н.* Особенности развития поврежденных земной поверхности при крутом залегании пластов / А. Н. Феофанов, Е. И. Питаленко, В. Н. Ермаков // Наук. праці УкрНДМІ НАН України. – 2007. – № 1. – С. 146–157.
6. *Феофанов А. Н.* Оценка возможности провала земной поверхности / А. Н. Феофанов, Т. И. Скопич // Уголь Украины. – 2015. – № 11. – С. 7–12.
7. *Феофанов А. Н.* Принцип самоподбучивания при оценке провалообразований / А. Н. Феофанов // Уголь Украины. – 2016. – № 1. – С. 3–6.
8. *Феофанов А. Н.* Учет наносов при оценке провалообразований / А. Н. Феофанов // Уголь Украины. – 2016. – № 8. – С. 43–46.
9. *Феофанов А. Н.* Особенности развития провалообразований над наклонными стволами / А. Н. Феофанов, В. А. Дрибан, С. А. Голдин // Наук. праці УкрНДМІ НАН України. – 2010. – № 7. – С. 14–27.
10. *Феофанов А. Н.* О параметрах повреждений земной поверхности над заброшенными горными выработками // Наук. праці УкрНДМІ НАН України. – 2013. – № 12. – С. 62–82.
11. *Феофанов А. Н.* Переоценка влияния факторов на процесс активизации провалообразований // Наук. праці УкрНДМІ НАН України. – 2009. – № 5. – С. 18–32.
12. *A. Feofanov.* Vorhersage des erdoberflächeabsturzes oberhalb der alten kohlenrubenräumen / A. Feofanov, V. Nazimko, I. Khalymendyk, V. Driban // Altbergbaukolloquium. Freiberg. – 2010. – № 10. – 04. bis 06. – P. 391–400.

ПО МАТЕРИАЛАМ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ УКРАИНЫ» ПРОШЛЫХ ЛЕТ

Год 1977

В журнале № 8 в статье Н. А. Белана, З. Л. Голобочанского, П. А. Вербовой «Расчет количества гиросторон в подземных маркшейдерских опорных сетях» рассмотрены данные о фактической погрешности гироскопического ориентирования подземных маркшейдерских опорных сетей по результатам длительных наблюдений за колебаниями поправки гироскопа МВТ2 при различных способах ее определения.

Анализ расчетов показывает, что надежные опорные сети ($p = 0,997$) могут быть построены при размерах крыльев шахтного поля до 7 км. При больших размерах необходимо применять дополнительное центрирование сети на флангах. Секции длиной менее 500 м проектировать нецелесообразно. Количество гиросторон в подземных маркшейдерских опорных сетях устанавливаются в соответствии с протяженностью каждого полигонометрического хода и средней длиной секции, определяемой по графикам, исходя из погрешности наиболее удаленных пунктов и уровня надежности проектируемой опорной сети. Расчет обеспечивает заданную точность.