

УДК 622.837:622.016.25

## ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О МЕРАХ ОХРАНЫ И ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СКВАЖИН

**Хохлов Б. В.**

(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

*На основі аналізу уявлень про заходи охорони технічних свердловин з моменту їх застосування у вугільній промисловості України, дано визначення поняття "технічна свердловина" і зроблено висновок про необхідність зміни діючого в даний час нормативного документа.*

*On the basis of analysis of pictures of measures of guard of technical mining holes from the moment of their application in coal industry of Ukraine, determination of concept is given "technical mining hole" and a conclusion is done about the necessity of change of normative document operating presently.*

Основной задачей геолого-маркшейдерской службы горного предприятия, является контроль над использованием недр на основе рационального ведения горных работ. Рациональная отработка включает в себя максимальное извлечение запасов угля из недр при сохранении эксплуатационных способностей зданий, сооружений, природных объектов и горных выработок, в частности технических скважин на весь период запланированной их эксплуатации.

**Под техническими скважинами** понимают вертикальные горные выработки диаметром более 0,07 м, пробуренные с земной поверхности и закрепленные металлической крепью (стальными трубами со сварными, резьбовыми или другими соединениями секций), которые в процессе эксплуатации выполняют от-

дельные функции связи между горными выработками и земной поверхностью.

В начальные периоды своего существования в угольной промышленности они использовались в основном в гидрогеологических целях, для изучения водопонижения и откачки воды, затем для спуска леса в шахту. Позже, с развитием буровых станков и увеличением диаметра, спектр их применения существенно расширился: технические скважины стали использовать в целях энергоснабжения, водоотлива, дегазации и вентиляции; их стали оборудовать подъемами, используя в транспортных целях и в качестве запасного выхода на поверхность. Такое расширение области применения технических скважин объясняется тем, что их бурение во многих аспектах выгоднее сооружения вертикальных шахтных стволов по ряду причин. Так, в стволах, предназначенных для спуска и подъема людей и грузов, максимальная скорость воздуха по ПБ допускается 8 м/сек., в то время как в вентиляционных скважинах она не ограничена, и, следовательно, можно пропустить большее количество воздуха.

Кроме того, проведенные во ВНИМИ измерения нагрузок на крепь вертикальных горных выработок, пройденных методом бурения [1], свидетельствуют о лучшей работе крепи, меньшей неравномерности распределения нагрузок по контуру и небольшой их абсолютной величине по сравнению со стволами, пройденными буровзрывным способом в однотипных условиях. Следовательно, крепь скважин менее подвержена влиянию деформирующегося породного массива.

Интенсивное развитие во всем мире бурения технических скважин (в том числе скважин большого диаметра) совпало с внедрением эрлифтных буровых установок, применение которых позволило снизить стоимость проходки в 2,5 раза при сокращении сроков в 3-4 раза. Так, широкое применение в Германии получили буровые станки фирмы "Вирт", в США – буровые станки фирм "Робинс" и "Хьюджес", в Японии фирмы "Мицубиси", которые позволили бурить вертикальные горные выработки диаметром до 8 м и глубиной до 1000 м [2]. Институтом ЦНИИподземмаш совместно со специалистами ГХК "Спецшахтобурение" в 90-х годах была создана и испытана на шахте им. Петровского

буровая установка УКБ, которая явилась более прогрессивной по сравнению с установкой типа Л-35 фирмы "Вирт" [3].

В 2008 г. ГХК "Спецшахтобурение" совместно с институтом "Луганскгипрошахт", трестом "Донецкшахтопроходка" и специалистами Минуглепрома Украины приступили к осуществлению масштабного проекта по комбинированному способу сооружения стволов большого диаметра в неустойчивых породах. Этот способ заключается в том, что начальные 100 – 150 м бурится скважина диаметром до 8 м, а с глубины залегания устойчивых пород применяется традиционная проходка ствола буровзрывным способом. Стоимость работ по освоению комбинированного способа проходки стволов составит не более 4,5 – 5 млн. грн., что дешевле альтернативных спецспособов [3]. В 2005 г. на шахте "Бутовская" ГП "Макеевуголь" сдана в эксплуатацию вентиляционная скважина диаметром 4,74 м вчирне и глубиной 500 м – самая глубокая скважина такого большого диаметра в государствах постсоветского пространства.

Широкое внедрение технических скважин приводит к тому, что они все чаще попадают в области сдвижения горных пород от очистных выработок. Повреждения технических скважин при подработке является причиной нарушения нормальной работы отдельных участков, что снижает производительность шахты в целом. Отсутствие обоснованных норм охраны технических скважин в одних случаях приводит к излишним потерям подготовленного к выемке угля в недрах, в других – к нарушению функциональной работы скважин.

Одной из основных мер охраны подрабатываемых объектов от вредного влияния очистных работ является оставление предохранительных целиков. Технические скважины, в отличие от зданий и сооружений на земной поверхности, необходимо защищать не только от влияния сдвижения породного массива, возникающего при подработке, но и от вредного влияния опорного давления, зона которого образуется в массиве у границ очистной выработки. Исходя из этого, при изучении вопросов эффективной охраны технических скважин следует выделять два варианта ведения очистных работ в зоне влияния на них – в пластах, залегающих под ее забоем, и в пластах, пересекаемых скважиной.

Долгое время в отечественной угледобывающей отрасли нормы охраны технических скважин вообще отсутствовали. Первые "Правила оставления предохранительных целиков для шахт Донецкого бассейна" вошли в действие в 1923 г. В этом и целом ряде последующих аналогичных документов 1939, 1949, 1968, 1972 гг. вопросы охраны технических скважин не регламентировались. Исключение составили "Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок в Донецком угольном бассейне" 1960 г., где вентиляционным скважинам была присвоена IV категория охраны. Это предполагало наличие бермы 10 м и безопасной глубины ведения очистных работ, равной 150 – 200 мощностям разрабатываемого пласта, ниже которой, как это считалось, горные работы не вызывают деформаций крепи скважин. Построение предохранительных целиков предлагалось осуществлять по углам сдвижения. Впрочем, в последующих нормативных документах "Правила охраны..." 1968, 1972 гг. эти нормы были опущены без какой-либо адекватной замены.

До 1981 г., технические скважины на практике охранялись целиками двух видов:

- целиками, построенными по углам сдвижения, как для второстепенных стволов (блоковых, воздухоподающих и пр.);
- барьерными целиками, которые оставлялись при бурении для предотвращения прорыва промывочной жидкости.

Ширина барьерных целиков  $d$ , определяется по формуле [4]:

$$d = 5m + 0,05H + 0,001L, \quad (1)$$

где  $m$  – вынимаемая мощность пласта, м;

$H$  – глубина разработки пласта в зоне целика, м;

$L$  – длина теодолитного хода от начальных точек, используемых для определения координат устья скважины и границ целика, м.

Выбор способа построения целиков осуществлялся исходя исключительно из назначения и значимости той или иной скважины, однако при этом не учитывался геомеханический аспект проблемы. Иногда энергетические или лесоспускные фланговые скважины малых диаметров вообще не охранялись целиками или

бурились в уже имеющиеся целики, построенные для других целей, т.е., без предварительного прогноза возможных последствий вредного влияния очистных выработок. Отсутствие конкретных правил построения целиков для охраны технических скважин в одних случаях приводило к излишним потерям запасов угля в недрах, в других – к нарушению крепи скважин.

Лишь в 1981 г., в нормативном документе "Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях" впервые появились правила построения предохранительных целиков под технические скважины, в основе которых лежали исследования Акимова А. Г. и Левченко И. А. [5, 6, 7]. В этом документе регламентированы размеры целиков, строящихся от границ охраняемой площади:

- по углам сдвижения  $\delta$ ,  $\gamma$  и  $\beta$ , если диаметр скважины более 2 м;
- по углам  $\delta + \Delta_1$ ,  $\gamma + \Delta_1$  и  $\beta + \Delta_2$  (но не более  $85^\circ$ ), если диаметр скважины 2 м и менее.

Охраняемая площадь включает контур охраняемого объекта и берму. Размер бермы принимается 15 м для скважин глубиной более 500 м, для скважин глубиной менее 500 м – 10 м.

В качестве основных недостатков предложенного способа следует отметить следующие:

- необоснованность поправок к углам сдвижения для разных диаметров охраняемых скважин;
- отсутствие каких-либо рекомендаций по отработке пластов, залегающих под забоями технических скважин.

В действующем в настоящее время нормативном документе [8] способы охраны остались практически такими же, как и в предыдущем, а, следовательно, сохранились и присущие им недостатки, не позволяющие создавать оптимальные условия защиты скважин от вредного влияния очистных выработок. И хотя здесь предусмотрена возможность изменения конфигурации целиков, однако четкие указания и конкретные параметры ведения очистных работ в зонах влияния на скважины отсутствуют. Основным недостатком является отсутствие каких-либо указаний о допустимой глубине подработки технических скважин, вслед-

ствие чего они по умолчанию ставятся в один ряд с вертикальными шахтными стволами, которые охраняются, как правило, без учета безопасной глубины подработки. Кроме того, в документе отсутствует определение понятия "техническая скважина", в связи с чем на практике возникает путаница в терминологии, а, следовательно, и в выборе мер охраны. Технические скважины большого диаметра, оснащенные подъемом, часто квалифицируются как стволы или шурфы, и на практике охраняются по более жестким правилам. Для охраны технических скважин малого диаметра (энергетических, лесоспускных, водоотливных, водоподающих и т.д.) часто используют барьерные целики, рассчитанные по формуле (1), которые защищают горные выработки от прорыва промывочной жидкости из скважины, но не гарантируют защиту скважины от вредного влияния очистных работ.

В истории развития представлений о правилах охраны вертикальных горных выработок вопросы защиты технических скважин от вредного влияния очистных работ тесно переплетены с вопросами охраны вертикальных шахтных стволов. Рассмотрим основные этапы научных исследований в вопросах влияния геомеханических процессов на крепь вертикальных горных выработок и защиты их от этого влияния.

На основе анализа результатов обследования вертикальных стволов в Донбассе в 50-х годах М. В. Коротковым [9] были сделаны выводы о необходимости их охраны путем построения целиков по углам сдвижения без учета безопасной глубины разработки. К такому же выводу пришел Д. А. Казаковский, который рекомендовал проводить построение целиков по углам сдвижения [10].

В своих работах Г. А. Крупенников, Н. С. Булычев и др. [11] проанализировали гипотезы горного давления и взаимодействия пород с крепью и как наиболее приемлемую выделили "гипотезу деформаций" (Ф. Мор). Авторы отметили, что основной режим работы крепи при подработке – режим заданной деформации. Разрушение крепи происходит в том случае, если ее деформационная способность ниже уровня непреодолимых деформаций, задаваемых сдвигающимся массивом горных пород. Ими были определены обобщенные нагрузки на крепь и разработан метод

расчета крепи с учетом ее связи с породами. Эти исследования горного давления в вертикальных горных выработках позволили создать основу для качественного подхода к выбору крепи, в частности технических скважин, в которых крепь, в основном, предназначена лишь для удержания монтажных и гидростатических нагрузок.

А. М. Козел, В. А. Борисовец, А. А. Репко продолжили исследования, и обобщенные результаты опубликовали в работе [1]. На основе фактических и научных данных они предложили рекомендации по улучшению состояния условий проходки и поддержания вертикальных горных выработок. В этой работе приведены основные сведения о массивах горных пород, их начальном напряженном состоянии и деформировании, даны результаты исследования механического состояния пород вблизи стволов. В работе также приведен сравнительный анализ нагрузок на крепь вертикальных горных выработок, пройденных методом бурения и буровзрывным способом. Отмечено, что при проведении вертикальных выработок бурением наблюдается более благоприятная работа крепи, меньшая неравномерность распределения нагрузок по контуру и небольшая их абсолютная величина по сравнению с буровзрывным способом. Кроме того, отмечена возможность скольжения крепи ствола, пройденного без опорных венцов, относительно вмещающих горных пород, что уменьшает вероятность ее нарушений в сдвигающемся массиве. К недостаткам работы можно отнести недоучет авторами такого параметра, как диаметр вертикальной выработки, пройденной методом бурения, влияющий на степень нарушенности ее крепи в деформирующемся массиве горных пород.

В монографии [12] "Крепь вертикальных стволов шахт" Н. С. Булычев и Х. И. Абрамсон анализируют полученные ими данные о состоянии крепи более чем 100 вертикальных горных выработок, пройденных бурением в пяти различных угольных бассейнах. Авторы указывают, что при анализе полученных материалов не встречено ни одного случая повреждения крепи в период эксплуатации. Все случаи повреждения крепи приурочены к периоду возведения крепи и вводу ее в работу. Обсадные трубы уязвимы при избыточном гидростатическом давлении, критиче-

ское значение, достаточное для смятия труб, составляет 0,05 – 0,10 МПа. Очевидно, авторами изучались только те стволы, пройденные методом бурения, которые охранялись целиками, построенными по углам сдвижения, а мелкие технические скважины, которые в то время охранялись барьерными целиками, к учету не принимались.

В работе "Крепление скважин большого диаметра" Г. Б. Добровольский, Д. М. Казикаев, В. П. Петриченко [13] приведен анализ многолетних исследований за деформациями массива горных пород и состояния крепи технических скважин при глубоком водопонижении. По характеру деформирования и разрушения скважин были сделаны выводы о том, что их крепь во всех случаях вначале испытывала осевое растяжение, а затем подвергалась горизонтальному сдвигающему усилию, что в одних случаях приводило к смятию или разрыву колонн, в других – к срезу с перемещением в горизонтальном направлении на 0,25 – 0,3 м. Учитывая неизбежность разрушения крепи скважин в дренируемых массивах пород, авторы предложили применять конструктивные решения, в частности, узел вертикальной податливости, позволяющий предупреждать разрывы труб. Однако, никаких конструктивных решений для защиты от сдвиговых усилий, приводящих к срезу труб, предложено не было.

В работах А. Г. Акимова и И. А. Левченко [5, 6, 7] на основе анализа данных о ведении горных выработок вблизи технических скважин установлено влияние временного фактора очередности бурения скважин и ведения очистных работ на состояние их крепи. Авторами сделан вывод о том, что технические скважины, пробуренные в целики, ранее оконтуренные очистными выработками, сохраняются лучше, чем в целиках даже больших размеров, но оконтуренных очистными выработками уже после бурения скважин. На основании этого вывода авторами был предложен способ охраны вертикальной технической скважины от вредного влияния очистных выработок при разработке пластовых месторождений, включающий формирование и оконтуривание очистными выработками целика с последующим бурением скважины после окончания активной стадии процесса сдвижения горных пород [14].

Недостаток этого способа заключается в том, что в реальных условиях работы горного предприятия по горно-геологическим или горнотехническим причинам зачастую невозможно осуществить предварительное оконтуривание целика под техническую скважину в определенном запланированном месте.

В работе [6] А. Г. Акимов отмечает, что из-за отсутствия четкой терминологии на практике трудно разграничить стволы, пройденные методом бурения, и технические скважины большого диаметра, однако определение самого понятия "техническая скважина" при этом не приводит.

В статье [7] И. А. Левченко описывает предложенные им способы охраны технических скважин и технические решения по предотвращению прорыва промывочного раствора в действующие выработки при бурении скважин в зонах влияния горных выработок. Автор, однако, отмечает, что вопрос подработки технических скважин очистными выработками, расположенными ниже зумпфа (забоя) скважины, остается неизученным и проблемным.

На основе изучения эксплуатационных способностей технических скважин, охраняемых предохранительными целиками различных размеров, А. Г. Акимовым и И. А. Левченко был предложен способ охраны технической скважины при пологом залегании угольных пластов и пересечении этой скважиной водоносного горизонта [15]. При этом способе цементацию затрубного пространства предлагается осуществлять только в местах пересечения водоносных горизонтов, а на остальных участках заполнять его податливым сыпучим материалом. Недостатками данного способа является то, что в условиях Донбасса почти каждый песчаник и известняк является водоносным горизонтом, а, значит, трудоемкость работ по практической реализации данного способа возрастает в несколько раз. Кроме того, данный способ защищает техническую скважину только от относительных вертикальных деформаций, поскольку обеспечивает свободное перемещение сдвигающегося массива относительно обсадных труб, но не исключает повреждения крепи от других, например, от сдвиговых деформаций по напластованию, которые могут привести к срезу труб.

Основываясь на результатах обследования состояния технических скважин [16] С. Б. Кулибаба пришел к выводу, что их крепь подвержена меньшему влиянию очистных выработок, чем крепь вертикальных стволов, пройденных буровзрывным способом в одинаковых условиях сдвигающегося породного массива, что может объясняться различной степенью взаимодействия этих горных выработок с вмещающими породами. Автор предположил, что, очевидно, здесь играют роль такие факторы, как способ проходки, вид крепи, различие в диаметрах стволов и скважин, однако эти факторы исследованы не были.

В УкрНИМИ были продолжены исследования сдвижения подрабатываемого массива горных пород, вмещающего технические скважины с целью разработки параметров их оптимальной защиты [17, 18]. В результате этих исследований была разработана методика по рациональному ведению очистных работ в зонах влияния на скважины. Методика позволяет определять безопасные условия выемки угля в окрестностях технических скважин при сохранении их эксплуатационных способностей.

Подводя итог всему сказанному выше, можно заключить, что отсутствие в научно-технической литературе однозначного определения понятия "техническая скважина" предполагает неопределенность в установлении конкретных правил защиты этих горных выработок от вредного влияния очистных работ. Эта неопределенность приводят, в одних случаях, к нерациональному использованию природных ресурсов, а в других – к повреждению крепи скважин. Оставленные в недрах запасы становятся практически недоступными для последующего извлечения, а бурение новых скважин взамен выбывших в результате неправильной подработки – длительный и дорогостоящий процесс. Оптимальным выходом из данной ситуации является переход на новый принцип охраны технических скважин, основанный на прогнозе сдвижений и деформаций породного массива, окружающего скважину. В связи с этим имеется реальная возможность расконсервации значительных запасов угля из уже существующих целиков без отрицательных последствий для технических скважин. Из этого также вытекает необходимость изменения действующе-

го в настоящее время нормативного документа [8] в части охраны технических скважин.

## СПИСОК ССЫЛОК

1. Козел А.М. Горное давление и способы поддержания вертикальных стволов / Козел А.М., Борисовец В.А., Репко А.А. – М.: Недра, 1976. – 293 с.
2. Качан В.Г. Бурение шахтных стволов и скважин / В.Г. Качан, И.А. Купчинский. – М.: Недра, 1984. 278 с.
3. Левит В.В. Новые технологии в строительстве вертикальных шахтных стволов / В.В. Левит // материалы міжнародної конференції "Форум гірників – 2009". НГУ. Дніпропетровськ, 2009. – С. 94–99.
4. Инструкция по безопасному ведению горных работ у затопленных выработок: Утв. приказом Министра угольной промышленности СССР № 378 02.10.84. – Изд. офиц. – Л.: ВНИМИ, 1984. – 66 с.
5. Акимов А.Г. О величине предохранительных целиков для охраны технических скважин в Донбассе / А.Г. Акимов, И.А. Левченко // Разработка месторождений полезных ископаемых. – К.: Техніка, 1980. – вып. 55. – С. 45–47.
6. Акимов А.Г., Обеспечение безопасной эксплуатации шахтных стволов / А.Г. Акимов, Х.Х. Хакимов. – М.: Недра, 1988. – 216 с.
7. Левченко И.А. Исследование и разработка способов охраны вертикальных технических скважин от подработки / И.А. Левченко // Совершенствование методов маркшейдерского и гидрогеологического обеспечения горно-добывающих предприятий. – Л.: Сб. науч. тр. ВНИМИ. – 1989. – С. 41 – 47.
8. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.00159226.001-2003. – [Затв. Мінпаливенерго України 28.11.2003]. – К., 2004. – 128 с.
9. Коротков М.В. Выемка угля под сооружениями в Донбассе / Коротков М.В. – М.: Углетехиздат, 1953. – 219 с.

10. Казаковский Д.А. О расчете околоствольных предохранительных целиков / Д.А. Казаковский // Уголь. – 1949. – № 1 (274). – С. 29 – 30.
11. Крупенников Г.А. Взаимодействие массивов горных пород с крепью вертикальных выработок / Г.А. Крупенников, Н.С. Булычев, А.М. Козел, Н.А. Филатов. – М.: Недра, 1966. – 315 с.
12. Булычев Н.С. Крепь вертикальных стволов шахт / Н.С. Булычев, Х.И. Абрамсон – М.: Недра, 1978. – 301 с.
13. Добровольский Г.Б. Крепление скважин большого диаметра / Добровольский Г.Б., Казикаев Д.М., Петриченко В.П. – М.: Недра, 1988. – 238 с.
14. А.с. 1346792 А1 СССР, МПК Е 21 С 41/06, 41/04. Способ охраны вертикальной технической скважины от вредного влияния очистных выработок при разработке пластовых месторождений / Левченко И.А., Акимов А.Г., Петухов И.А. (СССР). – № 4025108/22–03; заявл. 06.01.86; опубл. 23.10.87, Бюл. № 39. – 2 с.
15. А.с. 1006751 СССР, МПК Е 21 С 41/06, В 33/10. Способ охраны технической скважины при пологом залегании угольных пластов и пересечении этой скважиной водоносного горизонта / Акимов А.Г., Левченко И.А. (СССР). – № 3290905/22–03; заявл. 11.05.81; опубл. 23.03.83, Бюл. № 11. – 3 с.
16. Кулібаба С.Б. Маркшейдерське забезпечення охорони вертикальних стволів вугільних шахт Донбасу : автореф. дис. На здобуття наук. ступеня д-ра техн. Наук : спец. 05.15.01 "Маркшейдерія" / С.Б. Кулібаба. – Донецьк, 2004. – 32 с.
17. Хохлов Б.В. Рациональное ведение очистных работ в зонах влияния на технические скважины / Б.В. Хохлов, С.Б. Кулибаба // Наукові праці УкрНДМІ НАН України : зб. наук. пр. – Донецьк, 2009. – № 5. – С. 316-326.
18. Хохлов Б.В. Обгрунтування параметрів охорони технічних свердловин при відпрацьовуванні вугільних пластів Донбасу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.15.01 "Маркшейдерія" / Б.В. Хохлов. – Донецьк, 2010. – 18 с.