Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. XXXVII, вып. 1, 1958 г.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ДОПУСКИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ТОЧНОСТЬ МАРШЕЙДЕРСКИХ СЪЕМОК НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

А. А. Гурич

При проектировании, производстве и оценке маркшейдерских работ постоянно возникает вопрос, что является критерием необходимой и достаточной их точности. Богатая практика подземного способа разработки месторождений позволяет утверждать, что таким критерием является технически правильное и экономически целесообразное решение производственных задач, связанных с эксплуатацией месторождения. Маркшейдерские работы, проводимые на горнодобывающем предприятии, призваны обеспечивать его необходимыми горнотехническими, горногеометрическими и геодезическими данными. Естественно, что объем и точность этих данных должны определяться требованиями производства, находящими свое выражение в величинах производственных допусков. Проведение маркшейдерских работ без всестороннего учета установленных допусков может привести к ряду осложнений процесса добычи полезного ископаемого — нарушить нормальную деятельность предприятия. Следует сказать, что чрезмерно завышенная точность маркшейдерских работ так же вредна для производства, как и недостаточная; и первая и вторая ведут в результате к значительным потерям времени и средств, к нарушению нормального маркшейдерского обслуживания горных работ.

В настоящее время, вследствие чрезвычайно интенсивного развития горных работ и больших задач по дальнейшему росту добычи угля, вопрос установления производственных допусков становится особенно актуальным, так как только решив его, возможно осуществить качественное маркшейдерское обслуживание.

Нужно считать принципиально неверным существующий до сих пор порядок установления норм точности маркшейдерских работ, т. е. когда они устанавливаются исходя не из потребностей предприятия, а из технических возможностей маркшейдерской службы (имеющийся инструментарий, распространенная и освоенная в практике методика производства съемок и т. д.). Технические и организационные возможности маркшейдерской службы должны являться лишь функцией тех требований к объему и точности маркшейдерских работ, которые предъявляет (или может предъявить) производство в процессе эксплуатации месторождения.

Наше утверждение о необходимости установления обоснованных величин производственных допусков и широкого использования их при проектировании и оценке маркшейдерских работ ни в коей мере не претендует на оригинальность. Принципиальная сущность этого вопроса сформулирована в трудах И. М. Бахурина: «...Очевидно, что точность измерения должна определяться той точностью результатов, которая требуется для практического разрешения вопросов. От требуемой точности измерения всецело зависит и методика измерения и характер необходимых инструментов» [1].

Однако, несмотря на значительные успехи отечественной маркшейдерии, определение величин производственных допусков, а следовательно, и обоснование норм точности маркшейдерских работ нужно считать и по сей день вопросом нерешенным. Утвержденная в настоящее время Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ недостаточно учитывает потребности производства в отношении точности. В Правилах технической эксплуатации эти требования вообще отсутствуют; в горнотехнической литературе рассматриваемый вопрос, не в пример другим разделам маркшейдерии, представлен весьма ограниченным числом работ, всестороннее изучение которых тслько подтверждает факт недостаточной для практического использования изученности этого, одного из основных вопросов маркшейдерии.

В предлагаемой статье приведены выводы о величинах производственных допусков, определяющих необходимую и достаточную точность основной сети подземной полигонометрии. Эти выводы являются результатом совместного труда работников отдела методики ВНИМИ и кафедры маркшейдерского дела Ленинградского горного института.

До рассмотрения вопросов, связанных с установлением величин производственных допусков, считаем необходимым сказать, что такое производственный допуск.

Производственным допуском следует считать максимальное (предельно возможное) отклонение горных работ от проекта, при котором не нарушается нормальная деятельность горнодобывающего предприятия. Такое отклонение не должно создавать опасности травматизма трудящихся, занятых на подземных работах, снижать производительности труда, увеличивать сабестоимость угля, затруднять использование механизмов и оборудования, повышать процент потерь полезного ископаемого в недрах.

При решении ряда задач горного дела используются результаты маркшейдерских съемок. В зависимости от заданной степени точности таких результатов их получают или измерением по плану горных выработок, или аналитическим расчетом. Причем использование плана горных выработок имеет ряд важных преимуществ перед аналитическим расчетом: оно позволяет быстро определять искомые величины (координаты точек, длины линий, углы, площади и т. д.), обеспечивает простоту измерительных операций, позволяет горному надзору без участия маркшейдера решать ряд оперативных вопросов. Однако использование планов горных выработок не всегда возможно из-за недостаточной точности получаемых результатов.

Наиболее распространенными случаями, когда используется план горных выработок, следует считать: 1) составление графической документации геологических элементов и использование их в горнотехнических

[1] Бахурин И. М. Курс маркшейдерского искусства. Госгориздат, 1932.

расчетах; 2) планирование горных работ; 3) текущие эксплуатационные работы; 4) осуществление мероприятий, обеспечивающих безопасное ведение горных работ; 5) контроль учета добычи, учет движения запасов и потерь угля в недрах; 6) составление плана горных выработок.

Разнообразные случаи проведения горных выработок встречными забоями требуют применения аналитического расчета.

При установлении норм точности основной сети подземных теодолитных ходов может быть принято за основу два существенно различных положения. Проектируемая сеть должна обеспечить решение, во-первых, всех горнотехнических задач, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации месторождения и, во-вторых, решение наиболее распространенных в практике горнотехнических задач. В случае же необходимости высокой точности сети предусматривается проведение специальных съемочных работ.

Значительный производственный материал, собранный рядом исследователей, анализ горнотехнических задач, наиболее часто встречающихся при эксплуатации угольных месторождений, и известные методы построения основных сетей подземных теодолитных ходов убеждают в безусловном преимуществе второго положения, что мы и постараемся доказать ниже.

В защиту первого положения приводят обычно два довода: а) проведение горных выработок встречными забоями является в настоящее время повседневным делом маркшейдерских бюро шахт и относится к распространенному виду маркшейдерских работ; б) решение любых горнотехнических задач (в том числе и сбоек) на базе основной сети полигонометрии исключает необходимость проведения дополнительных съемочных ходов повышенной точности, что экономит время и снижает стоимость маркшейдерского обслуживания горных работ.

Несмотря на кажущуюся обоснованность этих доводов с ними согласиться нельзя. Действительно, маркшейдерское обслуживание встречных забоев при существующем оснащении маркшейдерской службы шахт и квалификации работников маркшейдерских бюро не вызывает каких-либо затруднений, и преобладающее большинство сбоек успешно смыкается. Но необходимо также учитывать, что объем полигонометрических работ, производящихся для обслуживания сбоек, по сравнению с основной сетью подземных теодолитных ходов весьма мал

В подтверждение этого приведем следующий пример. При обследовании работниками ВНИМИ в период 1951—1954 гг. шахт девяти трестов Донбасса (Краснолучуголь, Сталинуголь, Боковантрацит, Фрунзеуголь, Свердловскуголь, Буденновуголь, Куйбышевуголь, Макеевуголь, Кагановичуголь) установлено, что за последние 10 лет на всех шахтах этих трестов было произведено только 13 более или менее значительных сбоек. В то же время на большом числе шахт за весь период их эксплуатации вообще не возникала необходимость в проведении сбоечных работ. Проведенное же большинство сбоек не требовало для своего решения обоснования повышенной точности, а могло быть успешно решено на основе ходов полигонометрии, прокладываемых для составления плана горных выработок. Приведенный пример достаточно ясно показывает, что при установлении точности основной сети подземной полигонометрии исходить из необходимости обеспечения сбоек или других работ, известных в практике маркшейдерского обслуживания шахт, нецелесообразно. Это невыгодно экономически, да и не вполне грамотно технически.

При анализе сбоечных работ, произведенных на шахтах самых различных угольных бассейнов (Донбасс, Кузбасс, Карагандинский, Подмосковный, Воркутинский, Черемховский), мы не встретили случая, когда бы сколько-нибудь сложная сбойка осуществлялась без контрольных теодолитных ходов. Причем точность этих ходов в преобладающем большинстве была завышена относительно необходимой и достаточной для обеспечения смыкания забоев в пределах производственных допусков. Это и понятно. Так как на угольных шахтах обычно трудно рассчитывать на полную устойчивость точек подземной полигонометрии, то проще провести контрольный ход повышенной точности и этим гарантировать успешную сбойку.

Таким образом, приведенный довод в защиту первого положения отвергается практикой. Ею доказано, что для обслуживания сбоек экономичнее проводить специальные хода при нормальной точности основной сети подземной полигонометрии, чем проектировать высокоточную сеть теодолитных ходов и потом все же производить дополнительные съемочные работы.

Безопасность ведения горных работ и составление плана горных выработок требуют наиболее жестких производственных допусков для основной сети подземной полигонометрии.

Остановимся на принципе установления производственных допусков при проведении основных горных работ. Чтобы обеспечить безопасность работ, на основе плана горных выработок, решаются следующие задачи: 1) составляется план предупреждения и ликвидации аварий; 2) разрабатывается система контроля, обеспечивающая безопасность работ при вскрытии газоносных пластов и пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа, устанавливается также необходимое опережение отработки защитных пластов относительно горных работ, ведущихся по пластам, опасным по внезапным выбросам угля и газа и горным ударам; 3) устанавливаются в натуре границы барьерных и предохранительных целиков; 4) задаются горные выработки специального назначения с поверхности до встречи с горными выработками эксплуатационного горизонта. При решении последней задачи необходим наиболее жесткий производственный допуск.

В некоторых случаях практики возникает необходимость задания горной выработки или скважины с поверхности до встречи с подготовительными выработками эксплуатационного горизонта. Обычно это происходит при незначительной глубине выработок и при необходимости проходки вентиляционных шурфов и технических скважин различного назначения. Для того чтобы выполнить такое задание, используют план горных выработок. Если же маркшейдер не надеется на точность плана, производится специальная съемка для аналитического решения возникающей задачи.

Решение несколько осложняется при необходимости задания аварийных скважин. В этих случаях производить специальные съемочные работы нельзя ввиду отсутствия доступа в горные выработки аварийного участка. Величина допустимой ошибки положения забоя горной выработки на плане может быть определена на основании следующих рассуждений.

Минимальная ширина главных горных выработок основных эксплуатационных горизонтов в условиях подземного способа разработки угольных месторождений может быть принята 2,6 *м*. Аварийные скважины задаются в центр горной выработки, а фактическая точка их встречи должна находиться в пределах контура горной выработки. Таким образом, суммарное влияние ошибок — положения забоя горной

выработки, задания устья скважины и положения забоя скважины (за счет возможного искривления последней), не должно превышать половины ширины горной выработки, т. е. величины, равной 1,3 *м*.

Предельная ошибка задания устья скважины зависит от ряда причин (числа пунктов геодезического обоснования на дневной поверхности, имеющихся инструментов, методики производства работ), однако даже при неблагоприятных условиях ее величина не будет превышать $\pm 0{,}4$ *м*.

Искривление скважин применительно к нашему случаю (незначительные глубины эксплуатационных горизонтов, редко превышающие 100—120 *м*, и больший диаметр скважин), по данным практики комбинатов «Эстонсланец», «Тулауголь», «Москвоуголь», обусловливает ошибку положения забоя скважин относительно ее устья в пределах $\pm 0{,}2$—$0{,}3$ *м*.

Учитывая случайный характер рассмотренных ошибок, представляется возможным установить предельную ошибку положения забоя горной выработки

$$M_{гв} = \pm \sqrt{(1{,}3)^2 - \{(0{,}4)^2 + (0{,}3)^2\}} = \pm 1{,}2 \text{ м}. \qquad (1)$$

Такая же предельная ошибка положения может быть установлена и для наиболее удаленных точек подземной полигонометрии, являющихся основой для составления плана горных выработок. В этом случае средняя ошибка положения съемочных точек не должна превышать $\pm 0{,}4$ *м*.

Все остальные мероприятия, обеспечивающие безопасное ведение горных работ, могут быть успешно осуществлены при значительно бо́льших ошибках положения конечных точек подземной полигонометрии, достигающих в предельных значениях ± 3—7 *м*.

К установлению величины производственного допуска для правильного составления плана горных выработок мы подошли следующим образом.

При составлении плана горных выработок встречаются с затруднениями при изображении очистных работ. Эти затруднения заключаются в том, что длина очистного забоя, полученная измерением по плану горных выработок (как расстояние между откаточным и вентиляционным штреками, положение которых определяется соответствующими съемочными ходами), не равна длине этого забоя, определенной в натуре маркшейдерским замером.

В подобных случаях возникает два вопроса: во-первых, какое положение вентиляционного штрека (относительно откаточного) считать более верным, во-вторых, как исправить план горных выработок. Предпочтение обычно отдается съемкам подготовительных выработок и план не исправляется. Однако зачастую съемочные хода, проложенные по подготовительным выработкам, при значительной их протяженности имеют гораздо большие ошибки взаимного положения точек, нежели хода, проложенные вдоль очистного забоя, и дают в результате недопустимую ошибку измерения длины очистного забоя. Этим обстоятельством отчасти объясняется ведение во многих маркшейдерских бюро специальных «замерных» планов лав.

Средняя допустимая ошибка взаимного положения точек съемочных ходов, прокладываемых при замере очистных работ, установлена нами равной $\pm 0{,}8$ *м*. Она обеспечивает определение длины очистного забоя со средней ошибкой $\pm 0{,}6$ *м* и удовлетворяет производственный допуск определения площади извлеченного угля при контроле учета добычи, движения запасов и потерь угля в недрах ($\pm 1{,}5\%$ S).

Для достаточной точности изображения очистных работ на плане горных выработок и определения площади очистных работ по этому плану необходимо, чтобы длина очистного забоя определялась по данным съемок подготовительных выработок с той же точностью, что и по маркшейдерскому замеру.

Среднюю ошибку положения точек теодолитных ходов, проложенных по подготовительным выработкам, можно установить путем следующих элементарных рассуждений.

Обозначим: ε_L — истинная ошибка длины очистного забоя, ε_l и ε_{l_1} — истинные ошибки положения точек полигонометрии откаточного и вентиляционного штреков по направлению измерения длины. Из сущности решаемой задачи очевидно, что

$$\varepsilon_L = \varepsilon_l + \varepsilon_{l_1}. \tag{2}$$

Заменив в формуле (2) величины ε_l и ε_{l_1} соответствующими истинными ошибками положения точек, получим

$$\varepsilon_L = \varepsilon_l \cos\varphi + \varepsilon_{l_1} \cos\varphi_1, \tag{3}$$

где φ и φ_1 — углы между измеряемой длиной и направлением истинных ошибок положения точек полигонометрии.

Принимая угол φ равным φ_1, равенство (3) можно переписать

$$\varepsilon_L = (\varepsilon_l + \varepsilon_{l_1}) \cos\varphi,$$

и, переходя к средним ошибкам, получим

$$m_L^2 = (m_l^2 + m_{l_1}^2) \cos^2\varphi. \tag{4}$$

Считая ошибки положения m_l и m_{l_1} равными, что естественно при практически одинаковой длине теодолитных ходов, определяющих их, равенство (4) можно преобразовать следующим образом:

$$m_L^2 = 2m_l^2 \frac{\int_0^{2\pi} \cos^2\varphi d\varphi}{2\pi} = 2m_l^2 \frac{1}{2\pi}\left|_0^{2\pi} \frac{1}{4}\sin 2\varphi + \right.$$

$$+ \frac{1}{2}\varphi = 2m_l^2 \frac{1}{2\pi}\left(\frac{1}{4}\sin 4\pi + \frac{2\pi}{2}\right) = 2m_l^2 \frac{1}{2} = m_l^2, \tag{5}$$

т. е. средняя ошибка определения длины линии по плану равна средней ошибке положения ее конечных точек при равноточном и независимом их определении.

Пренебрегая ошибками графических построений, приходим к выводу, что средняя ошибка положения конечных точек подземной полигонометрии не должна превышать $\pm 0{,}6$ *м*, чем и обеспечивается необходимый производственный допуск.

Два рассмотренных выше производственных допуска значительно отличаются друг от друга по величине ($\pm 0{,}4$ *м* и $\pm 0{,}6$ *м*). Ввиду того, что задание скважин различного назначения до встречи с горными выработками эксплуатационного горизонта типично только для неглубоких горизонтов горных работ, мы считаем целесообразным дифференцировать допуски основной сети подземной полигонометрии в зависимости от глубины эксплуатационного горизонта. За граничный горизонт нами принята глубина разработок в 150 *м* (максимальная глубина первых эксплуатационных горизонтов при разработке угольных месторождений).

Помимо этого, на ряде угольных и сланцевых месторождений, для которых особенно типична эта задача (Подмосковное, Черемховское, Эстонские горючие сланцы, Ленинградские горючие сланцы и др.), полезное ископаемое залегает на глубине, не превышающей выбранного нами граничного горизонта.

Выводы

1. Каждая маркшейдерская работа производится для решения определенных горнотехнических задач. Допустимые ошибки при решении их будут определять производственные допуски. Величина производственных допусков является техническим и экономическим обоснованием для установления норм точности маркшейдерских работ.

2. Величины производственных допусков определяются схемой технологического процесса добычи угля, применяемыми механизмами и оборудованием, степенью изученности процессов, происходящих в горном массиве.

Вследствие непрерывного развития горной промышленности и закономерного повышения культуры горных работ производственные допуски с течением времени будут менять свою величину.

3. Производственные допуски устанавливаются с целью обеспечения безопасности горных работ, повышения производительности труда, снижения себестоимости продукции, обеспечения необходимых условий для полноценной работы механизмов, уменьшения потерь угля в недрах. Естественно, что при дальнейшем развитии горной промышленности будут прогрессивно повышаться требования к эффективности осуществления всех перечисленных мероприятий, что, в свою очередь, повысит требования к точности производства маркшейдерских работ.

4. Подземные теодолитные хода могут быть разделены по своему значению на две группы: а) проводимые для построения плана горных выработок и других маркшейдерских графиков; б) проводимые для аналитического решения горнотехнических задач.

Учитывая, что горнотехнические задачи, требующие аналитического решения, встречаются в практике сравнительно редко, считаем нужным рекомендовать устанавливать нормы точности основной сети подземной полигонометрии, исходя из необходимой точности при решении горнотехнических задач, основанных на использовании плана горных выработок.

5. Нормы точности теодолитных ходов основной сети, прокладываемых по горным выработкам различных эксплуатационных горизонтов, должны устанавливаться дифференцированно (до 150 *м* и более 150 *м*). Размеры шахтного поля не влияют на величину производственного допуска и, следовательно, не меняют норм точности полигонометрии.

6. При глубине разработок до 150 *м* главнейшим фактором, определяющим необходимую и достаточную точность основной сети подземной полигонометрии, является возможная необходимость задания с поверхности до горных выработок эксплуатационного горизонта скважин различного назначения (в том числе и аварийных). Производственный допуск при этом может быть принят равным 1,2 *м*, что определяет допустимую среднюю ошибку положения точки теодолитного хода на границе шахтного поля относительно подходной точки на поверхности порядка $\pm 0{,}4$ *м*.

7. При глубине разработок более 150 *м* главнейшими факторами, определяющими необходимую и достаточную точность основной сети

подземной полигонометрии, являются вопросы правильного составления и построения плана горных выработок и вопросы безопасности горных работ. Первые определяют величину производственного допуска около 1,8 *м*, вторые 5 *м*. Допустимая средняя ошибка положения точки теодолитного хода на границе шахтного поля относительно точки ориентирного стана не должна превышать $\pm$0,6 *м*. Увеличение ошибки положения конечной точки теодолитного хода за счет ориентирования подземной съемки допустимо до $\pm$1,7 *м*.

8. Необходимая и достаточная точность теодолитных ходов пониженной точности, прокладываемых с целью съемки очистного забоя, должна определяться допустимыми ошибками измерения площади по плану горных выработок. Производственный допуск в этом случае может быть принят равным 1,5% *S*, что определяет (для типичных условий) допустимую среднюю ошибку взаимного положения начальной и конечной точек хода $\pm$0,8 *м*.

9. В случае возникновения специальной задачи, требующей для своего решения проведения теодолитных ходов повышенной точности (относительно основной сети подземной полигонометрии), размеры производственных допусков, определяющих их точность, должны устанавливаться в каждом конкретном случае.