

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ
Государственное высшее учебное заведение
"НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"



А.В. Бруй

МАРКШЕЙДЕРСКИЙ УЧЕТ ДОБЫЧИ УГЛЯ

Монография

Днепропетровск
НГУ
2012

УДК 621.1:528
ББК 33.12 Я75
Б89

Рекомендовано до друку вченою радою Державного ВНЗ "Національний гірничий університет" (протокол № 3 від 27.03.2012).

Рецензенти:

В.І. Бузило – доктор технічних наук, професор кафедри підземної розробки родовищ корисних копалин (Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»);

М.С. Четверик – доктор технічних наук, професор, завідувач відділу геомеханічних основ технологій відкритої розробки родовищ (Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України).

Бруй, А.В.

Б89 Маркшейдерский учет добычи угля [Текст]: моногр. /А.В. Бруй. – Д.: Национальный горный университет, 2012. – 121 с.

ISBN 978-966-350-345-5

В монографіи приведены результаты исследования точности маркшейдерского учета добычи угля, позволившие установить влияние геомеханического состояния угольного пласта по линии очистного забоя, геометрических параметров тектонических нарушений и искривленности линии очистного забоя на точность определения объемов добычи. Результаты исследований позволяют усовершенствовать методику маркшейдерских замеров выработанного пространства, и обеспечивают повышение точности и оперативности учета добычи.

© Г.В. Бруй, 2012

ISBN 978-966-350-345-5

© Державний ВНЗ "НГУ", 2012

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из основных направлений, обеспечивающих экономическое и социальное развитие Украины является повышение эффективности работы угледобывающей отрасли путем увеличения объемов добычи угля и улучшения его качества. Решение этой глобальной задачи в значительной мере обеспечивается увеличением нагрузок на лавы, что требует технического переоснащения шахт, совершенствования технологии горных работ, что в свою очередь, предъявляет новые требования к информации о количестве и качестве добываемых углей, которая является исходной для планирования добычи.

Учет добычи рядового угля является ответственной задачей маркшейдерской службы шахты, т.к. положен в основу определения движения запасов полезного ископаемого и является контролем оперативного учета. Правильный учет добычи угля способствует правильной организации труда, его оплаты, четкому планированию ведения горных работ.

Изменяющиеся горно-геологические и горнотехнические условия отработки угольных пластов (высокие скорости подвигания очистных забоев, оснащенных оборудованием нового технического уровня, увеличение глубины разработки, отработка запасов в участках геологических нарушений, и т.п.) усложняют объективную оценку количества и качества добываемого угля. Эти показатели оцениваются тремя видами учета: бухгалтерским, статистическим и маркшейдерским. Маркшейдерский учет, основывается на инструментальных замерах непосредственно в выработках, но в силу влияния многих факторов, имеет некоторые погрешности. Основными факторами, снижающими объективность маркшейдерских замеров являются: уменьшение мощности пласта в призабойной части и тектоническая нарушенность. Отсутствие научно обоснованных параметров маркшейдерского учета препятствует определению достоверных объемов добычи из лав. Поэтому, совершенствование методики учета добычи рядового угля в очистном забое с учетом горно-геологических, геомеханических и технологических факторов является актуальной научно-технической задачей.

Автор выражает глубокую признательность преподавателям и сотрудникам кафедры маркшейдерии, а также кафедры подземной разработки месторождений НГУ за помощь при проведении натурных наблюдений.

Надеюсь, что подготовленная книга будет интересна не только специалистам в области учета добычи угля, но и широкому кругу читателей, чья профессиональная деятельность связана с горным делом, а также студентам, изучающим маркшейдерское дело.

1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Состояние очистных работ на шахтах Западного Донбасса

Если рассматривать угледобывающие регионы по фактору интенсификации очистных работ, то одним из интересных районов для исследований, по нашему мнению, является Западный Донбасс. Он играет заметную роль в угледобывающей промышленности Украины: за период с 1991 до 2010 годы здесь добыто около 200 млн.т угля, причем в течение последних пяти лет годовая добыча превосходила 10 млн. т.

ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» – крупнейшее угледобывающее предприятие Украины. В состав объединения входят 10 шахт, а также предприятия транспортной и производственной инфраструктуры. Предприятие осуществляет добычу энергетического и коксующегося углей, при этом основной объем приходится на энергетические угли. Промышленные запасы «ДТЭК Павлоградугля» составляют 699,2 млн тонн, что при существующем уровне добычи представляет обеспеченность углем на срок 56 лет.

Угленосность Западного Донбасса приурочена к каменноугольным отложениям Самарской свиты (C_1^3) нижнего отдела карбона. В свите насчитывается до 60 угольных пластов и прослоев. Промышленное значение имеют от 6 до 24 пластов. К числу наиболее выдержанных, с преобладающей мощностью от 0,7 до 1,2 м относятся пласты c_{10}^6 , c_8^6 , c_8^H , c_7^H , c_6^1 , c_6 , c_5 , c_4^1 , c_4^6 , c_2 и c_1 . Угли, добываемые на шахтах Западного Донбасса относятся к маркам Г и ДГ, около 30% добычи идет в добавку к коксовой шихте. В качественном отношении угольные пласты мало- и среднезольные (5...12% золы), мало- и среднесернистые (1,3...2,3% серы). Углы падения пластов – 0...7°, глубина разработки 200-600 метров, что значительно меньше, чем в других угледобывающих районах Украины. Десять производственных предприятий по добыче угля в Западном Донбассе объединены в ПАО «ДТЭК Павлоградуголь». Это шахты: «Терновская», «Степная», «Юбилейная», «Павлоградская», «Самарская», «Днепровская», имени Героев Космоса, «Западно-Донбасская», имени Н.И. Сташкова, «Благодатная». Шахты региона

обеспечены геологическими запасами на длительное время – 50-70 лет.

В сравнении с остальными угледобывающими регионами Украины Западный Донбасс отличается высоким уровнем механизации основных производственных процессов, что позволило достигнуть большой скорости подвигания очистных забоев и ежегодного увеличения площади выемки.

За последние годы среднединамическая скорость подвигания очистных забоев ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» выросла до 89 м/мес (рис 1.2), что в два раза превышает среднюю скорость подвигания очистных забоев по Украине (39,4 м/мес) [1].

С 2001 года практически все шахты ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» вышли на плановые задания по добыче и реализации угольной продукции. Улучшению показателей способствовало приобретение оборудования нового технического уровня.

Большинство очистных забоев шахт Западного Донбасса оборудовано мехкомплексами КД-90, комбайна КА-200 и конвейера СП-26У.

В рамках программы по модернизации производства вводится в эксплуатацию новые лавы, оснащенные высокопроизводительными комплексами «Ostroj».

Преимуществами нового механизированного комплекса являются непрерывное производство и длительный срок эксплуатации. Механизированная крепь «Ostroj» разработана с учетом максимальной безопасности обслуживающего персонала.

Аналогичные мехкомплексы «Ostroj» с 2010 года успешно эксплуатируются на шахтах «Степная», «Благодатная», «Днепровская» и «Павлоградская» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» и уже доказали свою высокую производительность.

К примеру, в марте 2010 года на шахте «Благодатная» вскоре после начала эксплуатации нового комплекса был установлен первый рекорд угледобычи на новой технике – участок №3 выдал на-гора 79 тыс. 99 тонн угля из 124-й лавы. Среднесуточная нагрузка на забой достигла 2 тыс. 552 тонны угля. 10 апреля коллектив участка по добыче угля №3 впервые в истории угледобывающего объединения достиг максимальной суточной нагрузки на очистной забой, выдав на-гора 4065 тонн угля. Этот показатель в три раза превысил

среднесуточную нагрузку на очистной забой по объединению в целом. По итогам угледобычи в 2011 году участок №3 вошел в тройку лидеров предприятия с рекордным результатом – 644 тыс. 574 тонны угля.

Уже в октябре 2010 года участком №3 шахты «Павлоградская» благодаря комплексу «Ostroj» был установлен новый рекорд месячной угледобычи – было выдано на-гора 93 тыс. 971 тонн угля. Суточная нагрузка достигла 3031 тонны. Высокий профессионализм и ежедневный кропотливый труд без простоев плюс новейшая техника помогли участку уже 19 сентября досрочно выполнить годовое производственное задание – добыть 583 тыс. тонн угля. В течение 2010 года из 302-й лавы было выдано на-гора более 800 тыс. тонн угля. Среднесуточная нагрузка на лаву составила 2 тыс. 396 тонн. Сегодня чешский лавокомплекс работает в 304-й лаве, где по итогам января добыто 58 тыс. тонн угля.

Еще два комплекса чешского производства «Ostroj», с подобными производственными характеристиками сегодня работают в 1002-й лаве шахты «Западно-Донбасская» и 158-й лаве шахты «Степная». В 2010 году участком №1 шахты «Степная» с помощью чешского комплекса «Ostroj» была достигнута рекордная суточная добыча – 4 тыс. тонн угля. По итогам 2011 года оба участка стали рекордсменами по преодолению полумиллионных рубежей: участок №1 шахты «Западно-Донбасская» добыл 531 тыс. тонн угля, участок №1 шахты «Степная» – 511 тыс. тонн. И в январе текущего года горняки первого добычного на «Степной» уже показали высокий уровень добычи – более 70 тыс. тонн угля.

341-я лава шахты «Павлоградская» стала пятым по счету очистным забоем, оснащенным оборудованием производства «Ostroj», и четвертой – из введенных в эксплуатацию в 2012 году. Всего в текущем году запланирован ввод 32 очистных забоев

В ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» средняя годовая нагрузка на шахту составляет 1,1 млн. т, что в 2,5 раза выше, чем средняя по угольной промышленности Украины. В целом по всем 10 шахтам Западного Донбасса годовая добыча угля превышает 11 млн. т.

Если анализировать работу действующих лав на шахтах ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» за текущий год, то можно отметить, что 34% лав являются высоконагруженными, поскольку отрабатывают угольные пласты мощностью до одного метра с нагрузкой свыше

1000 т/сут. Еще 34% лав работают с нагрузкой от 700 до 1000 т/сут. Это свидетельствует о значительном резерве с точки зрения интенсификации ведения очистных работ в данном регионе. Таким образом, достигнутый уровень добычи и имеющиеся возможности ее увеличения позволяют считать регион Западного Донбасса достаточно перспективным.

Однако, несмотря на высокий в сравнении с другими районами Донбасса уровень механизации и технологии, небольшую глубину разработки, значительные геологические запасы углей и достаточно большие объемы добычи, подземная отработка угольных пластов на шахтах Западного Донбасса осложнена рядом факторов:

- вмещающие угольные пласты породы склонны к расслоению и вспучиванию. Устойчивость боковых пород – от средней устойчивости до весьма неустойчивых. Сложность горно-геологических условий усугубляется низкой механической прочностью углевмещающих пород и склонностью их к размоканию;

- наличием дизъюнктивных и пликативных нарушений, сопровождающихся зонами трещиноватых и ослабленных пород. Основной тип нарушений сбросы, образующие целые системы. Углы падения плоскостей сместителей колеблются в пределах 40...85°, амплитуда смещения от нескольких сантиметров до 300 метров;

- наличием сближенных угольных пластов, у которых мощность междупластья изменяется от 5,0 до 50,0 м;

- наличием крепких и вязких углей в пластах (коэффициент крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова $f = 3-4$, сопротивляемость резанию 250 кН/м);

- уголь пластов опасен по взрывчатости угольной пыли и газу метану;

- наличием большого количества (более десяти) водоносных горизонтов [2].

Таким образом, замена устаревшего оборудования способствует значительному увеличению объемов добычи рядового угля, становится возможным сокращение среднедействующего числа очистных забоев и на этой основе ликвидация разбросанности и упрощение планирования горных работ. Вместе с тем, внедрение в производство высокопроизводительной техники часто приводит к ухудшению качества угля, особенно при отработке тонких пластов в

сложных горно-геологических условиях. Следует отметить, что в очистных забоях с устойчивой кровлей засорение угля часто связано с присечкой пород из-за неточности регулировки исполнительного органа, волнистости кровли и почвы, колебаний мощности пласта. Поэтому, наряду с увеличением суточной нагрузки на лавы необходимы мероприятия по снижению зольности рядового угля за счет сокращения присечек боковых пород, отдельной выемки и выдачи угля и породы из подготовительных забоев. Это позволит увеличить выручку от реализации угля без прироста объема добычи.

В связи с этим повышается значимость маркшейдерского учета добычи угля, обеспечивающего объективную оценку не только его количества, но и его качества.

1.2. Основные виды учета добычи угля на шахтах и их назначение

Конечным результатом работы угледобывающего предприятия является кондиционный уголь. Для определения объема добычи на шахтах, как правило, производится три вида учета добытого угля: бухгалтерский, статистический и маркшейдерский [3].

Бухгалтерский учет ведется по документам об отгрузке товарного угля и о количестве угля, находящегося на складе. Добыча по результатам бухгалтерского учета соответствует зольности и влажности товарного угля и определяется она уже после того, как произошли технологические потери. Данные для этого вида учета определяются, в основном, путем непосредственного взвешивания угля в железнодорожных вагонах при отгрузке его потребителям.

Статистический учет ведется путем подсчета количества загруженных углем и выданных на поверхность транспортных или подъемных сосудов. Он предназначен лишь для обеспечения текущего контроля за ходом производственного процесса угледобычи. Достоинством такого вида учета является возможность получать данные о добыче горной массы в любой момент времени.

Маркшейдерский учет основан на маркшейдерских замерах площади выработанного пространства. При определении объема добычи угля используются качественные показатели, соответствующие зольности и естественной влажности угля в пласте. По результатам маркшейдерских замеров пополняются планы горных

работ, ведется документация движения запасов, определяется добыча по очистным и подготовительным забоям. Результаты маркшейдерских замеров являются основанием для определения остатков угля на складе, а также для определения объемов проведения подготовительных выработок. Расчетную добычу по маркшейдерским замерам используют для контроля данных оперативного учета добычи, распределения общешахтной добычи, принятой к учету, по участкам. С помощью этого вида учета контролируется выполнение шахтой установленных планов по добыче и производится планирование добычи угля на будущие периоды.

Каждый из трех видов учета имеет свое самостоятельное назначение. Бухгалтерским учетом определяется добыча в целом по шахте, однако этим учетом нельзя определить добычу по каждому забою в отдельности, необходимую для оплаты труда рабочим очистных забоев. Добычу всей шахты можно определить статистическим учетом, но это определение будет слишком грубым. Маркшейдерским учетом можно определить добычу как по каждому забою в отдельности, так и по шахте в целом, однако это будет добыча чистого угля, а не товарного. Следовательно, все три вида учета добычи не исключают, а взаимно дополняют друг друга.

Вопросы, связанные с бухгалтерским и статистическим видами учета добычи в данной работе не рассматриваются.

За последние годы в угольной промышленности произошли значительные перемены, которые не могли не повлиять на методику учета добычи угля по маркшейдерским замерам:

- интенсивность отработки запасов значительно увеличилась и продолжает расти. Уже в ближайшее десятилетие добычу планируется увеличить на 30% [4], что отражено в программе “Українське вугілля”;

- происходит техническое переоснащение шахт. Очистные и подготовительные выработки оснащаются высокопроизводительной современной техникой. Среднесуточная нагрузка на комплексно-механизированный забой (КМЗ) составляла около 760 т, а на лавы с техникой нового поколения – 1230 т. [5];

- техническое переоснащение дало возможность отрабатывать участки со сложными горно-геологическими условиями залегания

пластов, что повлекло необходимость в учете не просто количества добытого угля, но и его качества;

– с момента введения “Инструкции по учету объемов добычи рядового угля и готовой угольной продукции на шахтах, разрезах и обогатительных фабриках Минуглепрома Украины” [6] учет добычи ведется по фактическим показателям объема и качества без каких-либо пересчетов (приведение фактического объема рядового угля к объему, отвечающему расчетной норме зольности не производится). В результате введения данной инструкции на угледобывающих предприятиях возникло 3 формы оплаты непосредственным исполнителям за добытый уголь:

а) по весовому принципу, основой которого являются результаты маркшейдерских замеров;

б) распределение согласно бухгалтерского учета (по фактически проданной угольной продукции);

в) по площади выемки [7, 8].

Из изложенного следует, что маркшейдерский учет добычи угля играет важную роль в правильной организации работы шахты в целом. В связи с этим необходимо организовать точный учет количества и качества добываемого угля отдельно по каждому очистному и подготовительному участку. Это может быть достигнуто путем совершенствования системы маркшейдерского учета добычи.

1.3. Маркшейдерский учет и планирование добычи угля из лав

Первые работы по анализу постановки маркшейдерских замеров на шахтах Черемховского угольного бассейна комбината Эстонсланец и в Донбассе принадлежат Д.А. Казаковскому [9]. В результате выполненных исследований была разработана единая для всех угольных шахт инструкция по учету движения запасов. Им же было установлено, что ошибки замеров могут достигать следующих величин:

1. При определении объемов выемки и штабелей $\pm 2\%$;
2. При определении объемного веса в целике $1-2\%$;
3. При определении объемного веса в штабелях $\pm 3\%$.

Таким образом, общая ошибка результата замера добычи может быть в пределах $\pm 3\%$.

В более поздних работах [10-12] приведен анализ точности измерения мощности пласта в очистных выработках, а также точности определения объемного веса в целике. В отношении точности определения объема выработанного пространства в работе [10] сказано: “при подсчете кубатуры исходными величинами обычно являются подвигание забоя, средняя длина линии забоя и средняя вынимаемая мощность. Эти величины получаются путем непосредственных измерений и по замерным планам. Рулеточные замеры и съемки, проводимые с учетом особенностей горно-эксплуатационных и геологических условий, вполне обеспечивают подсчет площади с ошибками не превышающими $\pm 1-2\%$ ”.

Исследование ошибок определения объема выработанного пространства [13] позволило сделать вывод, что эти ошибки являются функцией месячной производительности очистного забоя. При небольшом объеме добычи ошибка определения объема выработанного пространства может достигать $\pm 8\%$.

Вопросы учета и контроля добычи угля для условий пологих пластов Донецкого бассейна исследовал Буц В.М. [14]. В результате анализа маркшейдерского замера добычи им предложена формула для определения предельной ошибки добычи по одному очистному забою:

$$M_{Q_{\text{уч}}} \% = \pm 3 \sqrt{2 + \frac{4}{n}},$$

где n – число лав на шахтопласте.

В этой же работе рассмотрена точность статистического учета и определяются допустимые расхождения между различными способами учета добычи угля. В разделе “Сравнение различных учетов” предложена формула перевода чистого угля (по маркшейдерскому замеру) в товарный уголь. Формула трудно применима, так как для ее использования необходимо иметь данные по потерям и разубоживанию угля по забоям. Таких данных по каждому забою на предприятии нет. Степень разубоживания угля характеризуется коэффициентом засорения, который возможно получить лишь косвенным путем.

В работе [15] маркшейдерский замер добычи угля рассматривается с точки зрения контроля статистического учета и отмечается, что расхождения между данными по маркшейдерскому и

статистическому учету имеют систематический характер и достигают 20%. Это объясняется различным подходом к объекту учета: маркшейдерский учет ведется в “чистом” угле, а статистический учет в товарном угле, при этом не учитывается ошибка маркшейдерского замера. В связи с этим, в работе предлагается формула пересчета угля по маркшейдерскому замеру в товарный уголь. Недостатком такого подхода является необходимость отбора дополнительных проб для производства качественного анализа породы, попадающей в уголь из кровли и почвы пласта.

В работе Л.А. Денисенко [16] исследуется влияние ошибок маркшейдерского и статистического учета на точность планируемой добычи угля. Автором приводится расчет ошибки маркшейдерского замера, зависящей от ошибок маркшейдерских съемок выработанного пространства, от точности построения контуров выработанного пространства на планах горных работ, от ошибок определения выработанного пространства по планам горных работ и от ошибок определения площади выемки, обусловленной ошибкой определения угла падения пласта. Исходя из ошибок результатов маркшейдерского замера и данных статистического учета, дается анализ ошибок расчета исходных горнотехнических показателей, определяющих плановую нагрузку на забой.

Первое “Руководство по съемке нарезных и очистных выработок” было опубликовано в 1960 году. В нем даны практические указания по выполнению маркшейдерских работ при съемке нарезных и очистных выработок; предлагаются методики выполнения съемочных работ на пластах пологого и крутого падения. Однако отсутствует нормативное обеспечение производства замеров.

Попытка систематизировать накопленный опыт по учету добычи угля осуществлена Боевым В.А. В работе [3] приведена методика учета добычи угля по результатам замеров выработанного пространства, определения объемного веса угля в массиве и в отвалах. Рассмотрены вопросы распределения общей добычи между отдельными участками и специфика этого распределения на шахтах со сплошной конвейеризацией и имеющих свою обогатительную фабрику.

В 1985 году было введено в действие “Руководство по производству и обработке результатов маркшейдерских замеров горных выработок на шахтах Минуглепрома Украинской ССР” [17], в

котором впервые регламентируются некоторые нормативы при производстве замеров подготовительных и очистных выработок. Даются указания по заполнению книги замеров горных выработок и расчету плановых параметров забоев. Однако в данном руководстве не уделено внимание влиянию влажности и засоренности на количество добываемого угля.

В 1988 году выпущены “Методические рекомендации по производству маркшейдерских замеров и учету добычи угля по их результатам” [18], где помимо основных положений по производству маркшейдерских замеров горных выработок рассмотрены вопросы определения остатков угля на складах и обработки результатов замеров в целях исключения систематических ошибок.

Наиболее полным отражением исследований, посвященных маркшейдерскому учету добычи угля можно считать “Методические указания по производству замеров” [19], в которых предлагаются методики определения количества добываемого угля при различных способах доставки его с участков. В данной инструкции регламентировано, что неточности определения количества добытого угля расчетным методом в основном обусловлены погрешностями, влияющими как случайные факторы (за счет природной изменчивости мощности угля, определения качественных характеристик, определения площади выемки) и погрешностями, влияющими как систематические факторы (сжатие пласта под влиянием опорного давления, возрастание плотности угля с глубиной разработки, засорение и смешивание выданного из лавы угля с породой из вывалов и геологических нарушений, технологические потери при отбойке и транспортировке). Так же достаточное внимание уделяется маркшейдерскому замеру угольных складов. Для сравнения качественных показателей добыча угля приводится к нормативу зольности по каждому очистному забою и по шахте в целом. Приводятся способы определения поправок к мощности угольных пачек за счет влияния опорного давления и в значения кажущейся плотности угля. Однако совсем не уделено внимание расчету плановых показателей. Нерешенными и мало изученными остаются вопросы учета угля от отдельной выемки при проведении горных работ и учет породовыборки на техкомплексе.

Влияние различного рода факторов на точность маркшейдерского учета добычи угля представляется возможным свести к минимуму

введением соответствующих поправок, которые определены на основании многочисленных натуральных и аналитических исследований [20-27].

Исследования сближения почвы и кровли угольного пласта у линии забоя в условиях Кизеловского угольного бассейна [20] показали, что в соответствующих условиях сжатие пласта под влиянием опорного давления может достигнуть 10% от первоначальной его мощности. На основании полученных данных предлагается в измеренную по лаве мощность пласта вводить поправку, учитывающую уменьшение ее вследствие влияния опорного давления. Однако определение величины этой поправки слишком трудоемко, так как требует проведения специальных выработок по каждому пласту, наблюдений за сближением пород почвы и кровли, и установление зависимости величины поправки от различных горно-геологических условий отработки.

В работе [21] приводятся результаты исследований деформации угольных пластов в очистных выработках на примере Интинского месторождения. Авторы приходят к выводу о неправомерности использования результатов замеров мощности угольного пласта в лавах. Рекомендуется измерять мощности угольного пласта при проведении штреков по выдержанным по мощности пластам через 20-25 м и по невыдержанным – через 5-10м. Однако, при большой длине очистного забоя непостоянство мощности пласта по падению и простиранию может быть настолько велико, что объем выработанного пространства, вычисленный с использованием средней мощности из оконтуривающих лаву подготовительных выработок будет определен со значительной ошибкой. Также неучтенными окажутся потери угля вследствие изменения гипсометрии пласта.

В условиях Донецкого бассейна, на общую погрешность учета добычи по замерам горных выработок наиболее существенное влияние оказывают погрешности определения кажущейся плотности угля и мощности пласта. В работе [22] предлагается вычислять поправку к величине кажущейся плотности угля Δd^d по формуле

$$\Delta d^d = 0,000070(H_0 - H_2) ,$$

где H_0 – глубина опробования угольных пластов, м;

H_2 – фактическая глубина ведения горных работ, м.

Величину сжатия пласта предлагается определять путем сопоставления данных о замерах мощности пласта угля в сопряженных точках в подготовительных и очистных выработках при отработке лав столбовой или комбинированной системами разработки на шахтах Донбасса. На основании анализа замеров сделан вывод: глубина разработки оказывает влияние на величину сжатия пласта на кромке очистного забоя. Определение поправки Δm к измеренной мощности пласта m в очистных забоях для глубин ведения горных работ до 1200 м автор предлагает производить по формуле

$$\Delta m = 0,0035 \cdot m \cdot H^{0,035} .$$

Однако, эта формула справедлива лишь для условий Донецкого бассейна, в котором степень метаморфизма угля выше, чем в районе Западного Донбасса, большие глубины, а вмещающие породы обладают другими физико-механическими и реологическими свойствами.

В “Методических указаниях ...” [19] мощность угольных пачек, измеренную в очистном забое для определения расчетной добычи по угольным пачкам D_y рекомендуется принимать, учитывая коэффициент влияния опорного давления. Ориентировочное значение коэффициента увеличения мощности приведено в зависимости от длины очистного забоя по результатам исследований В.И. Филатова в Центральном Донбассе (табл.1.1.).

Таблица 1.1

Поправка измерений в очистных забоях мощности угольных пачек за счет влияния опорного давления

Длина очистного забоя, м	Глубина горных работ, м		
	100-200	200-800	Свыше 800
Свыше 100	1,02	1,03	1,04
Менее 100	1,01	1,01	1,02

Этот коэффициент, учитывая влияние глубины разработки и длины очистного забоя, не учитывает физико-механические свойства угля и вмещающих пород, вынимаемую мощность, технические параметры крепи механизированного комплекса, скорость

подвигания очистного забоя, которые в совокупности влияют на объект исследования.

Исследованиями процесса деформирования боковых пород и угля впереди забоя очистной выработки [25] установлено, что суммарная величина сжатия целика впереди очистного забоя на расстоянии примерно 10 м от откаточного штрека для пластов пологого падения Донбасса составляет 0,28-0,55% от мощности пласта; максимальная суточная величина сжатия целика для пластов пологого падения в зоне опорного давления колеблется от 0,27 до 1,20 мм/сут. Суммарная величина отжима угля в зоне опорного давления различна для каждого пласта и по наблюдениям колеблется в пределах от 4 до 26 мм. Установлено, что суммарная величина отжима в зоне опорного давления больше, чем суммарное сжатие целика по нормали. Соотношение (O_T) между величинами сжатия целика по нормали и отжимом угля в первом приближении можно выразить следующей зависимостью

$$O_T = (1,10 \div 2,20) \eta ,$$

где η - величина сближения боковых пород по нормали.

Наблюдения [26] за отжимом угля показали, что в призабойной части пласта на расстоянии вглубь массива до 1,5 м имело место выжимание угля в сторону выработанного пространства (“зона положительного отжима”) а на глубине более 1,5 м – уголь сдвигался в направлении массива (“зона отрицательного отжима”). Исходя из этого, сделан вывод, что впереди забоя лавы образуется зона разгрузки.

В работе [28] величину сжатия угольного пласта в очистном забое в зависимости от глубины разработки предлагается определять по формуле

$$\Delta t = 3,85 \cdot t \cdot \sqrt[3]{H} , \text{ мм} ,$$

где Δt – величина сжатия пласта, мм;

t – мощность пласта, м;

H – глубина расположения очистного забоя, м.

На основании решения упругопластической задачи (плоская деформация) с применением методов механики сплошной среды в работе [29] описан процесс смещения кровли и перераспределения напряжений в массиве горных пород при его подработке лавой.

Начальное смещение пород кровли над забоем, которое является результатом проявления опорного давления, для конкретных горно-геологических условий предлагается определять по формуле

$$U_0^* = 2h_{nl} \frac{\gamma h}{E_{nl}},$$

где h – расстояние от угольного пласта до поверхности земли;

h_{nl} – мощность пласта;

E_{nl} – модуль упругости пласта угля.

Сжатие угольного пласта может изменяться в течении цикла, что не учитывается данной формулой.

Величину опускания кровли в зависимости от времени цикла в работе [30] предлагается вычислять по формуле

$$h = 0,5 \cdot k \cdot a \cdot t^2 + V_n \cdot t,$$

где a – ускорение опускания кровли в средней части лавы, мм/мин²;

k – коэффициент, равный 0,058;

V_n – начальная скорость опускания кровли, мм/мин.;

t – время, в течение которого опускается кровля (время цикла), мин.;

$$t = \frac{l_u}{V_3}, \text{ мин.},$$

где l_u – подвигание очистного забоя за цикл, мм;

V_3 – планируемая скорость подвигания очистного забоя, мм/мин.

Максимальная величина опускания кровли h_m в течении цикла находится из выражения

$$h_m = 0,5ka \frac{l_u^2}{V_3^2} + V_n \frac{l_u}{V_3}, \text{ мм.}$$

Если принять, что максимальное опускание кровли в течении цикла не должно быть больше максимальной просадочности крепи h_{np} , т.е. $h_m \leq h_{np}$, то можно определить минимальную скорость перемещения забоя, при которой еще будет обеспечиваться устойчивая работа гидрофицированной механизированной крепи

$$V_3 = \frac{l_u}{2h_{np}} (\sqrt{V_n^2 + 2h_{np}ka} + V_n).$$

В работе приводится график изменения максимальной податливости крепи в зависимости от скорости перемещения

очистного забоя, который является несколько идеализированным ввиду того, что не учитываются физико-механические свойства вмещающих пласт пород.

Предлагаемые в [30] формулы для определения величины опускания кровли в зависимости от времени цикла являются громоздкими и трудно применимыми. Необходимо иметь данные о величине ускорения конвергенции боковых пород в средней части призабойного пространства и начальную скорость опускания кровли. Этих данных по забоям на шахтах нет, а усредненные величины для всего района будут весьма приближенными, так как различны горно-геологические и технологические условия отработки запасов полезного ископаемого (силовые параметры крепи, скорость подачи комбайна, ширины захвата исполнительного органа комбайна), что данной формулой не учитывается.

Применение высокопроизводительной техники способствует увеличению добычи, однако часто приводит к ухудшению качества угля, особенно в сложных горно-геологических условиях, при выемке тонких пластов. В имеющихся технических инструкциях и руководствах по производству маркшейдерских работ [6, 17-19] не дается конкретных рекомендаций, каким образом новые технологии и техника повлияют на методику и точность определения добычи на основании маркшейдерских замеров? Действующими инструкциями не освещается система учета количества и качества добываемого угля при переходе лавой разрывного нарушения. Эти и многие другие вопросы в литературе и в нормативных документах практически не отражены.

Существующие в настоящее время инструкции, приказы и нормативные документы по маркшейдерскому учету добычи не в полной мере отражают особенности технологии выемки тонких пластов с присечкой и не отвечают на ряд вопросов методического и организационного порядка.

Из анализа выполненных работ и литературных источников можно сделать вывод, что вопрос оптимизации показателей планирования и учета добычи угля из лав остается не до конца решенным.

1.4. Анализ существующей системы учета добываемого угля при разработке тонких угольных пластов

Несмотря на наличие отраслевого нормативного документа [6] возникают значительные затруднения в распределении добычи между участками по весовому принципу, а весь учет количества и качества из-за разной степени засорения между участками осложнен, в основном, по таким причинам:

1. Волнистая форма залегания пластов, несоответствие параметров выемочной техники геологической мощности и наличие ложной кровли, зон тектонической нарушенности и размывов угольных пластов приводит к массовому засорению добываемого угля, в результате чего зольность резко возрастает и значительно превышает зольность угольных пачек. Между лавами имеется значительный разброс средней величины зольности.

2. Сопротивление резанию пород кровли и почвы, представленных аргиллитами и алевролитами не превышает сопротивления резанию углей, т.е. прочностные свойства боковых пород не оказывают особых затруднений для технологии выемки с их присечкой, что способствует дроблению породы на мелкие фракции и засорению добываемого угля.

3. Сплошная конвейеризация и транспортировка добываемого рядового угля от забоя лавы до загрузки в ствол, смешивание потоков высокозольных (40-50%) и низкозольных (18-25%) лав, отсутствие конвейерных весов и оборудованных мест для отбора и разделки проб на участках, невозможность организации оперативного учета добываемого угля по транспортным емкостям.

Можно считать все эти причины засорения добываемого рядового угля объективными, обусловленными структурными особенностями залегания угольных пластов и отсутствием соответствующей выемочной техники.

При равной вынимаемой мощности, но разной мощности угольных пачек в ней, по разным участкам происходит разная степень разубоживания, а поскольку плотность породы в 1,8-2 раза больше плотности угля, то сравнение получаемой добычи из этих участков по весовому принципу практически поощряет увеличение добычи за счет увеличения присечки породы. При применении расчетного способа учета объемов с достаточной степенью точности

определяется непосредственным замером длина забоя, его подвигание и площадь выемки. А вот параметр – производительность пласта имеет самую большую погрешность за счет присечек боковых пород и засорения при его выемке мехкомплексами (поскольку мощность чистого угля и присечек не измеряется непосредственно вслед за выемкой угля комбайном по каждой стружке).

Таким образом, при выемке тонких и нарушенных угольных пластов мехкомплексами при сплошной конвейеризации транспортировки рядового угля объективно возникло пять разных значений величины производительности 1 м^2 вынимаемой мощности пласта, а отсюда пять разных значений объемов добычи угля из очистного забоя.

1. P_v - производительность 1 м^2 вынимаемой мощности пласта m_v , (по техническому паспорту с учетом присечек боковых пород).

2. $P_{\text{чуп}}$ – производительность 1 м^2 мощности по чистым угольным пачкам – m_y .

3. $P_{\text{прив}}$ – производительность 1 м^2 вынимаемой мощности пласта – $m_{\text{прив}}$, приведенная к нормативу зольности по забюю.

4. $P_{\text{прив.ш.}}$ – производительность 1 м^2 вынимаемой мощности пласта, приведенная к нормативу зольности по шахте.

5. P_f – фактическая среднединамическая производительность 1 м^2 вынимаемой мощности пласта в целом по шахте, определенная по расчету путем деления принятой к учету добычи (по статистическому учету) на суммарную площадь выемки по шахте.

Фактические данные о результатах работы шахт ПАО “ДТЭК Павлоградуголь” объективно отражают негативную тенденцию: при росте мощности чистых угольных пачек ($m_{\text{чуп}}$) увеличивается вынимаемая мощность по забоям и по шахте в целом. Чем больше $m_{\text{чуп}}$, тем больше имеется возможность присекать пород, укладываясь в установленный норматив зольности, давать больше тонн породы для весового значения добычи и для выполнения плана.

Из вышеизложенного следует, что применение расчетных методов не только затрудняет объективное распределение добычи между забоями, но часто приводит к неразрешимым противоречиям, искажениям технико-экономических показателей и несоответствиям в оплате труда горнорабочих очистного забоя.

Для повышения эффективности разработки тонких угольных пластов за счет увеличения соотношения $m_{\text{чуп}}/m_v$ (снижение величины

вынимаемой мощности пласта за счет уменьшения величины присечки) предлагается [7, 8] оплату труда ГРОЗ участка вести по площади выемки. Цена одного м² должна включать в себя все трудозатраты по его добыче, что исключит стремление непосредственных исполнителей к большему добавлению породы в уголь в целях получения излишних тонн добычи. Система премирования инженерно-технических работников и горнорабочих выемочных участков за снижение величины мощности присечки пород будет стимулировать экономически выгодное для всех увеличение весового значения угольной, а не породной массы в добываемом рядовом угле.

В конечном итоге это позволит уменьшить величину вынимаемой мощности до технологически допустимой минимальной нормы для безаварийной работы забоя по выемке последующей стружки комплексом и будет способствовать высокой технологической дисциплине горного производства, достаточно большому подвиганию забоев, а значит – увеличению площади выемки.

Допустимое расхождение между объемами принятой к учету добычи и рассчитанной по замерам горных работ допускается не более 7% [19]. В инструкции [6] величину допустимого расхождения в процентах между оперативным учетом и объемом добычи по маркшейдерскому замеру предусмотрено определять по формулам:

– для добычного участка:

$$F_y = 4 + \frac{3000}{D_{np}}, \% ;$$

– по шахте в целом:

$$F_m = \left(4 + \frac{3000}{D_{cp}}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{n}}, \% ,$$

где F_y – допустимое расхождение по добычному участку, %;

D_{np} – объем добычи угля по участку за месяц по маркшейдерскому замеру, т;

F_m – допустимое расхождение по шахте в целом, %;

D_{cp} – среднемесячный объем добычи рядового угля из очистного забоя по маркшейдерскому замеру, т;

n – количество очистных забоев, работавших в течение месяца.

На шахтах, где объем добычи рядового угля по участкам определяют путем распределения общешахтного объема добычи рядового угля пропорционально объему добычи рядового угля по маркшейдерскому замеру, инструкцией рекомендуется причины расхождения, превышающего допустимое, объяснять в целом по шахте.

Сравнительный анализ добычи угля по статистическим данным и по данным маркшейдерских замеров по каждой шахте показывает, что средние квадратические отклонения между двумя видами учета существенно изменяются во времени (рис. 1.1, а). На двух действующих шахтах (“Павлоградская” и “Самарская”) с июля 2001 года результаты добычи угля по этим видам учета, как по каждому очистному забою, так и по шахте в целом, совпадают с точностью до тонны (рис. 1.1, б). Такие результаты могут достигаться вследствие корректировки маркшейдерами фактических данных объемов добычи. Доля таких данных в общем объеме составляет 14% (рис. 1.2). Обобщение результатов сравнительного анализа добычи угля по статистическим данным и по данным маркшейдерских замеров выработанного пространства по всем шахтам ПАО “ДТЭК Павлоградуголь” показало следующее: в 88% случаев добыча по результатам статистического учета превышает добычу по результатам маркшейдерских замеров (рис. 1.2).

Достаточно высокий процент случаев, когда добыча по результатам статистического учета превышает добычу по результатам маркшейдерских замеров, свидетельствует о систематических ошибках в определении объема добычи. И всего в 12% случаев добыча по маркшейдерским замерам превышает добычу по результатам статистического учета.

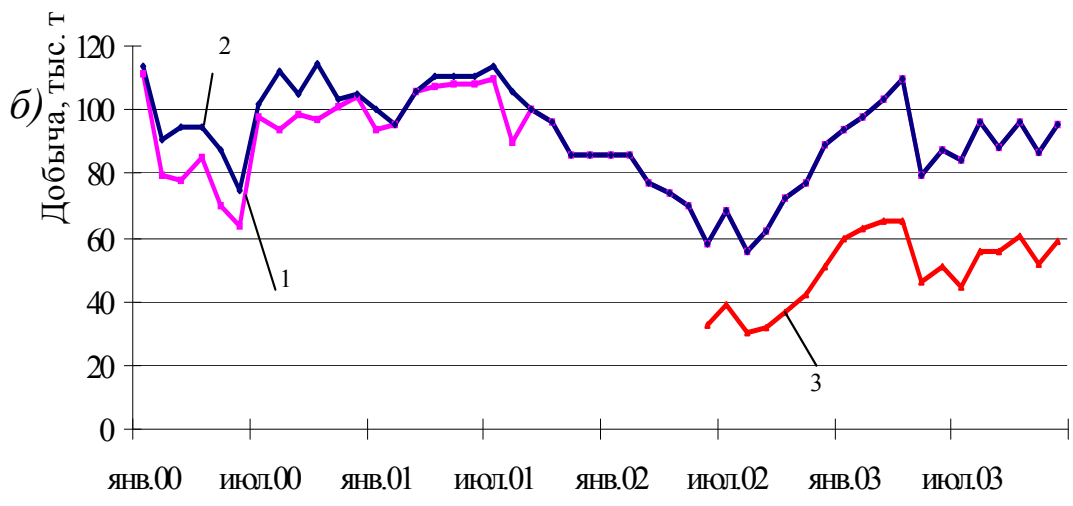
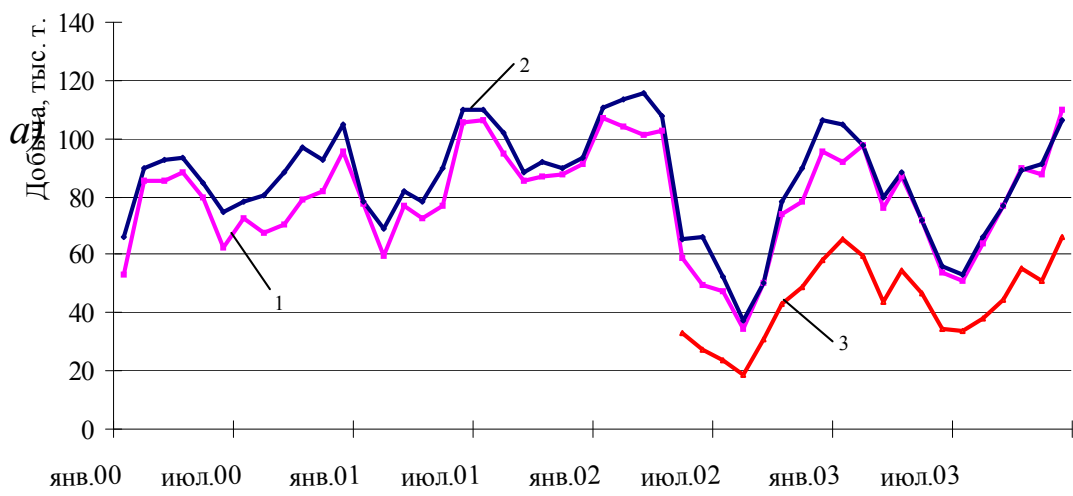


Рис. 1.1. Добыча угля за период 2000-2003 гг а) по шахте “Днепроvская” б) по шахте “Самарская”:
 1 - добыча по результатам маркшейдерского учета;
 2 - добыча по результатам статистического учета;
 3 - добыча по чистым угольным пачкам

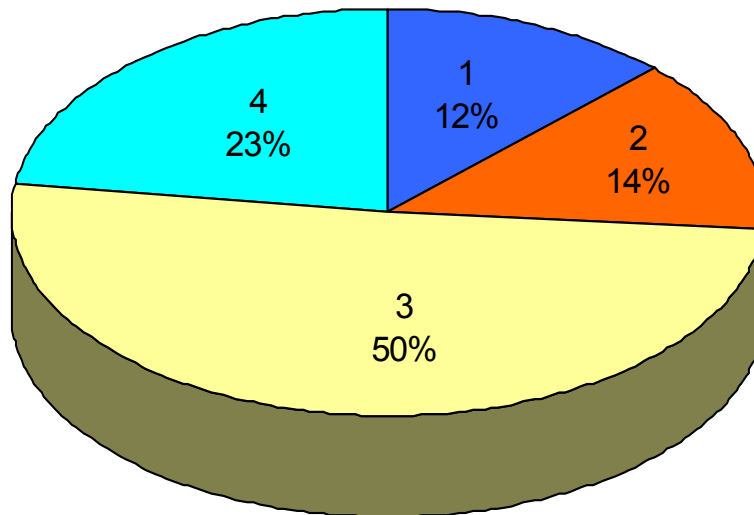


Рис. 1.2. Расхождения объемов добычи угля по данным статистического учета ($D_{ст}$) и маркшейдерских замеров ($D_{мз}$) по шахтам ПАО “ДТЭК Павлоградуголь” за период 2000-2003 гг.:

$$1 - D_{ст} < D_{мз};$$

$$2 - D_{ст} = D_{мз};$$

$$3 - D_{ст} > D_{мз}. \text{ При этом: } (D_{ст} - D_{мз}) \leq F_m;$$

$$4 - D_{ст} > D_{мз}. \text{ При этом: } (D_{ст} - D_{мз}) > F_m$$

Расхождения в результатах двух видов учета могут объясняться влиянием различных факторов: случайными и систематическими ошибками, а также субъективным подходом маркшейдерской службы к данной проблеме. В 23% случаев имеют расхождения по двум видам учета добычи превышающие допустимые действующей инструкцией [6].

Выравнивающая кривая распределения расхождений в объемах добычи по данным оперативного учета и по данным маркшейдерских замеров превышающие допустимые инструкцией (рис 1.3) описывается уравнением

$$f(\Delta D) = 52e^{-0.4\Delta D},$$

где $f(\Delta D)$ – функция теоретического распределения частоты значения ΔQ ;

ΔD – значения расхождения в объемах добычи по данным статистического учета и по данным маркшейдерских замеров в случаях, когда расхождения превышают допустимые инструкцией, %.

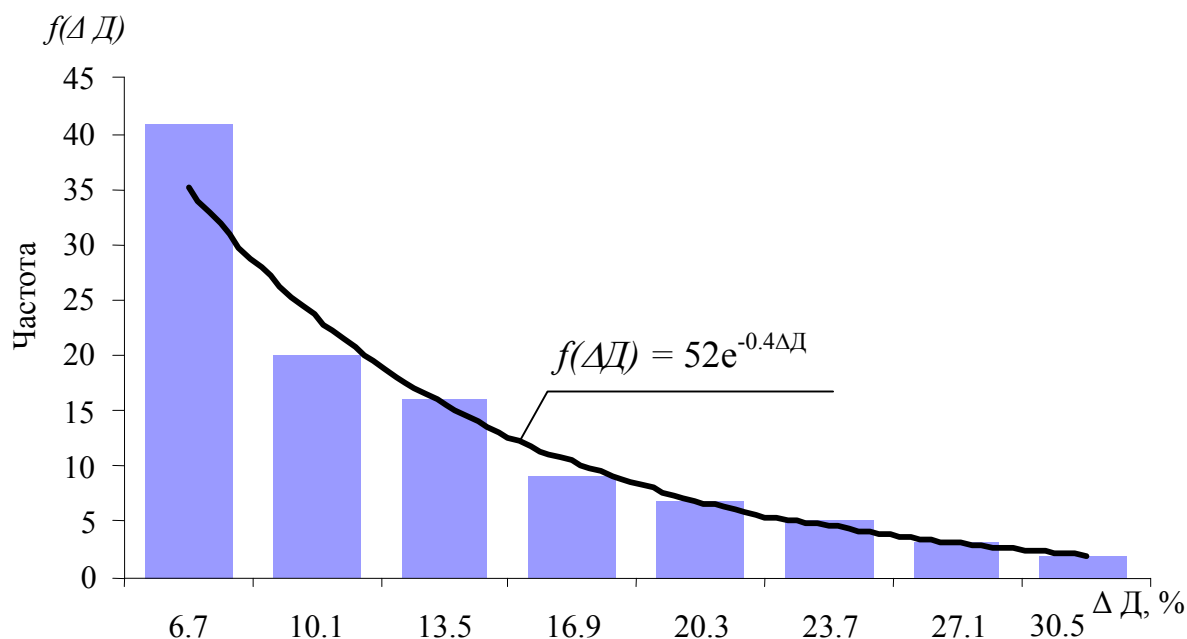


Рис. 1.3. Диаграмма и функция плотности распределения значений недопустимых расхождений в объемах добычи по данным оперативного учета маркшейдерских замеров

Данная проблема актуальна практически для всех угледобывающих районов. Так, в работе [31] приведена динамика добычи угля по Российской Федерации за период 1988-1995 гг., из которого следует, что при снижении объема добычи угля расхождение между добычей по статистическому учету и по маркшейдерскому замеру остается практически неизменным и составляет 15-18%.

1.5. Основные причины ошибок определения объемов добычи

Одной из наиболее вероятных причин систематической ошибки при определении объемов добычи, по нашему мнению, является отсутствие учета геомеханического состояния угольного пласта в призабойной части.

По общепринятым представлениям, часть веса вышележащей толщи пород передается на краевую часть пласта вследствие чего, происходит сжатие угольного пласта и выдавливание его из зоны повышенного давления в сторону выработанного пространства. Вопросам деформирования угольного пласта и вмещающих пород в зоне опорного давления посвящено достаточно большое количество

исследований. Сложилось мнение, что сжатие пласта в зоне влияния опорного давления имеют функциональную зависимость от многих горно-геологических факторов (глубина разработки, прочностные свойства угля и вмещающих пород, вынимаемая мощность пласта и др.), и описывается зависимостями, выявленными в результате проведенных исследований [32-41].

Наиболее распространенный на практике метод расчета деформаций массива подработанных горных пород и угольного пласта в зоне опорного давления приводится в работах [33,42]. Согласно исследованиям оседания угольного пласта находятся в прямой зависимости от оседаний земной поверхности и определяются по формуле

$$\eta_{пл} = \frac{\eta_{нов} \cdot m}{2\eta_0} \quad \text{или} \quad \eta_{пл} = \frac{S_{(z)} \cdot m}{2}, \quad (1.1)$$

где $\eta_{пл}$, $\eta_{нов}$ - оседания пласта и земной поверхности в соответствующих точках;

m - вынимаемая мощность пласта;

η_0 - максимальное оседание земной поверхности при полной подработке;

$S(z)$ - функция распределения оседаний, определяемая по Правилам [43].

Для условий Донбасса максимальное оседание земной поверхности над целиком при полной подработке равно 0,20 от вынимаемой мощности пласта [43]. Согласно (1.1) максимальное оседание кровли пласта может достичь величины 0,1 m .

В работе [44] автор приходит к выводу, что максимальное оседание кровли пласта у груди остановившегося забоя в условиях Донбасса при полной подработке составляет 0,06 от вынимаемой мощности пласта.

Но, несмотря на достаточно большой объем натуральных и аналитических исследований деформирования угольного пласта, вопросы влияния геомеханического состояния угольного пласта в призабойной части на точность маркшейдерского учета добычи угля не исследовались. При маркшейдерском учете добычи должны учитываться не только фактически измеряемые величины мощности угольного пласта, но и процессы, происходящие в зоне опорного давления. Существующая же методика маркшейдерских замеров

выработанного пространства [19] практически не учитывает деформирование вынимаемого пласта и горных пород в зоне сжатия, чем на наш взгляд, в основном и обусловлены некоторые отличия результатов расчетных объемов добычи угля по данным маркшейдерских замеров с данными статистического учета.

Другой причиной, существенно влияющей на точность определения объема добычи угля, на наш взгляд, – отсутствие научно обоснованной методики учета добычи угля при переходе лавой геологического нарушения, что для Западного Донбасса является достаточно актуальной проблемой, поскольку практически повсеместно отрабатываемые и подготавливаемые участки угольных пластов значительно нарушены мелкоамплитудными дизъюнктивами. Объем очистных забоев, отрабатывающих пласты с геологическими нарушениями, составляет порядка 60% от общего их числа [45]. Основной тип нарушений в исследуемом регионе – сбросы, амплитуда смещений которых колеблется от нескольких сантиметров до 300 м. Отработку лав, пересекающих нарушение, проводят с потерями угля и со значительной присечкой боковых пород. В целиках около нарушений теряется часть запасов угля. Если ранее переходимыми считались нарушения с амплитудой менее вынимаемой мощности пласта, то произошедшее техническое переоснащение дало возможность отрабатывать нарушенные участки с амплитудой нарушения кратной 4-5 мощностям пласта. Вопросы маркшейдерского учета добычи угля при переходе нарушений в литературе ранее не рассматривались, отсутствует обоснование системы учета добычи в нарушенных зонах и в нормативных документах. Методика маркшейдерского учета добычи угля [19] не предусматривает определение объемов добываемого угля при ведении очистных работ в зоне разрывного нарушения, что зачастую приводит к трудностям при учете объемов добычи. Наличие в регионе большого количества дизъюнктивных нарушений, сопровождающихся зонами трещиноватых и ослабленных пород вызывает необходимость в разработке рекомендаций по планированию и определению объемов добычи при переходе лавой разрывного нарушения, с учетом геометрических параметров нарушения и технологических параметров перехода.

Произошедшее техническое перевооружение способствует значительному увеличению объемов добычи рядового угля.

Внедрение в производство высокопроизводительной техники способствует увеличению добычи, однако часто приводит к ухудшению качества угля, особенно при отработке тонких пластов в сложных горно-геологических условиях Западного Донбасса. Если в качестве критерия оценки труда и планирования добычи использовать площадь выемки [7,8] и считать ее основным показателем эффективности работы трудового коллектива по добыче угля, представляется целесообразным рассмотреть вопрос повышения точности определения площади выработанного пространства по каждой выемочной единице. Технология маркшейдерского замера [18,19] предусматривает производство съемки лавы, что при современной технике и высоких темпах подвигания значительно осложняет и замедляет процесс определения площади выработанного пространства. Вместе с тем, исследования искривленности линии очистного забоя, оснащенного высокопроизводительной современной техникой, дадут возможность выявить закономерности, использование которых позволит упростить методику маркшейдерской съемки очистного забоя без потери точности.

Таким образом, выполненный анализ существующей системы учета добываемого угля при разработке тонких угольных пластов показал, что для условий Западного Донбасса необходимо совершенствование методики маркшейдерского учета добычи угля, которая бы учитывала специфику данного региона и достигнутый уровень механизации производственных процессов. Учитывая вышесказанное, маркшейдерский учет добычи угля, должен соответствовать потребностям современного производства и стать менее трудоемким, более оперативным и достоверным.

ВЫВОДЫ

1. На шахтах Западного Донбасса расхождения между объемами добычи угля по статистическому учету и маркшейдерскому замеру превышают допустимые действующей инструкцией в 23%. Это свидетельствует о наличии систематических ошибок в учете и указывает на необходимость дополнительного исследования факторов, которые их вызывают.

2. Одной из наиболее вероятных причин ошибки является отсутствие учета геомеханического состояния угольного пласта в

призбойной части лавы, а именно закономерностей деформирования угольного пласта в краевой части вследствие влияния опорного давления.

3. Отрабатываемые и подготавливаемые участки угольных пластов значительно нарушены мелкоамплитудными дизъюнктивами. Отсутствие в нормативных документах методики определения качественных и количественных показателей добываемого угля при переходе лавой разрывного нарушения приводит к неточностям при учете объемов добычи.

4. Технология маркшейдерского замера предусматривает обязательную съемку лавы, что при современной технике, технологиях и темпах подвигания значительно осложняет и замедляет процесс определения площади выработанного пространства.

2. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ТОЧНОСТЬ УЧЕТА ДОБЫЧИ УГЛЯ

2.1. Общие сведения

В этом разделе выполнено исследование геомеханического состояния призабойной части угольного пласта и разработана методика определения поправки к измеряемой мощности угольного пласта за счет влияния опорного давления на краевую часть пласта.

Первая задача решена на основании анализа результатов шахтных инструментальных наблюдений за параметрами горного давления в конкретных горно-геологических условиях. Шахтные исследования проводились с учетом стандартов, регламентирующих организационно-методические и нормативно-технические основы государственных испытаний горношахтного оборудования в соответствии с “Методическими указаниями по исследованию проявлений горного давления на угольных и сланцевых шахтах” (ВНИМИ), “Временным положением о разработке программы и методик Государственных испытаний горношахтного оборудования с механизированными крепями”. К исследованию приняты следующие параметры: величина и скорости сближения кровли и почвы в лаве, характер деформаций угольного пласта на концевых участках лавы, характер поведения угольного пласта и вмещающих пород в лаве при выполнении производственных процессов и при простоях, при этом фиксируются трещинообразование, вывалообразование и отжим пласта.

Вторая задача решена комплексным методом, включающим аналитические исследования и шахтные измерения. Установление степени влияния горнотехнических условий отработки угольных пластов на величину этой поправки производилось с использованием теории планирования эксперимента. В разработанной методике использовались параметры концевых участков лав, определенные в результате шахтных исследований в условиях Западного Донбасса. Обработка результатов выполнялась методами математической статистики и корреляционного анализа. В результате предложены зависимости поправки к измеряемой мощности пласта от глубины ведения горных работ, скорости подвигания очистного забоя и физико-механических свойств вмещающих пород.

2.2. Планирование эксперимента по определению величины изменения мощности угольного пласта в очистном забое

Исследование величины изменения мощности угля в результате сжатия угольного пласта опорным давлением и отжима в сторону выработанного пространства производится на основе выборочного обследования результатов замеров методами математической статистики и теории вероятностей. Выборка формируется таким образом, чтобы с требуемой точностью отражать исследуемые свойства генеральной совокупности.

Для обоснования необходимого объема экспериментальных данных по определению величины изменения мощности пласта вследствие деформации краевой части и отжима угля в сторону выработанного пространства воспользуемся положениями теории вероятностей и теорией планирования эксперимента [46,47]. Если задаваться вероятностью P , характеризующей надежность оценки рассматриваемого параметра, то вероятность ошибки при планировании эксперимента определится по формуле: $\Delta = 1 - P$. Указанную вероятность ошибки, при известном объеме опытных данных можно определить исходя из выражения

$$\Delta = \frac{1}{n - 3} .$$

Таким образом, объем опытных данных n может быть получен из следующей зависимости [47]

$$n = \frac{1 + 3(1 - P)}{1 - P} .$$

Таким образом, если задаться вероятностью $P=0,97$ необходимое и достаточное число экспериментальных данных для получения достоверных выводов по результатам исследований равно 36.

С целью установления влияния основных горно-геологических и горнотехнических факторов на деформирование краевой части угольного пласта анализировались условия уже отработанных и действующих в настоящее время лав Западного Донбасса.

Для получения более надежных данных сверх запланированных 36 очистных забоев были проведены исследования в 4 лавах. Таким образом, исследованиями были охвачены 40 очистных забоев, что удовлетворяет требованиям статистического анализа.

Для определения достоверного значения изменения мощности необходимо иметь ряд геометрических параметров очистного забоя, а также основные характеристики шахтопласта в пределах выемочного участка.

Таким образом, обследуются очистные забои с различными горно-геологическими условиями залегания, средствами выемки и крепления. Результаты обследований по каждому очистному забою записываются в виде таблиц. Полученный статистический материал анализируется и обрабатывается методом математической статистики.

2.3. Характеристика мест проведения исследований

Исследования выполнены в лавах, отрабатывающих наиболее характерные для Западного Донбасса тонкие пологие пласты.

Для каждого конкретного забоя подробно изучались:

- состав, строение и физико-механические свойства пласта и боковых пород, их трещиноватость;
- устойчивость кровли, наличие или отсутствие ложной кровли;
- глубина разработки;
- способ выемки, способ управления кровлей;
- длина лавы;
- скорость подвигания очистного забоя;
- характеристика механизированной крепи.

Изучение указанных параметров производилось по шахтной документации, а также путем непосредственных наблюдений и измерений.

Характеристика экспериментальных лав представлена в табл. 2.1. Как видно из данных таблицы, горно-геологические условия, а также применяемая в них угледобывающая техника являются представительными для шахт Западного Донбасса. Мощности отрабатываемых угольных пластов изменялись в пределах от 0,73 до 1,31 м, глубина ведения работ от 80 до 380 м., а скорости подвигания очистного забоя от 40 до 136 м/мес.

Для установления характера разрушения краевой части угольного пласта и боковых пород, определения фактических значений сближений боковых пород в лавах, силовых параметров крепи

очистных выработок при отработке сближенных пластов c_6 и c_6^I выполнялись исследования на шахте “Степная” ПАО “ДТЭК Павлоградуголь”. Исследования проводились в 2000-2004 годах во время отработки 117-й и 119-й лав сотрудниками НГУ при непосредственном участии автора [48].

Отработка 117-й и спаренной с ней 119-й лавы осуществлялась на площадях, надработанных 217-й и 219-й лавами в 2001 году. Выемочные столбы отрабатывались обратным ходом от гор. 400 м до гор. 300 м. Глубина разработки по длине столба изменялась от 380 м до 324 м. Лава 119-я опережала лаву 117-ю в среднем на 25 ... 40 м. Вынимаемая мощность в обеих лавых – 0,9...1,05 м. Газоносность в районе лав составляла 2,0...8,0 м³/т суточной добычи. Уголь пласта c_6 опасен по взрывчатости угольной пыли и газу метану.

Таблица 2.1

Горно-геологическая и горнотехническая характеристика мест проведения исследований

Шахта	Пласт	Лава,	Длина лавы, м	Глубина, м	Мощность пласта, м	Породы кровли	Породы почвы	Оборудование лавы	Скорость подв., м/мес
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Им Героев Космоса	с ₁₁	1144	200	300	0,79	песчаник, аргиллит	алевролит	КД-80; 1К-103М	83
		1127	155	305	0,78	аргиллит	аргиллит	Донбасс, МК-67М	78
		1148	180	300	0,82	аргиллит, песчаник.	аргиллит	КД-80; КА-80	65
Им Героев Космоса	с ₁₀ ⁶	1035	190	350	0,73	аргиллит	аргиллит	КД-80; КА-80	42
		1042	154	330	0,84			КД-80; КА-80	100
		1013	154	430	0,92			Донбасс, 1К-101	55
		1017	154	430	0,98			КД-80; КА-80	73
Им Героев Космоса	с ₉	929	180	370	0,99	песчаник, аргиллит	аргиллит	КД-80; КА-80	95
		927	170	370	0,98			КД-80; КА-80	100
		933	155	370	1,01			КД-80; КА-80	110
Павлоградская	с ₈	809	90	80	1,65	аргиллит	аргиллит	1МКМ, ГШ-68	113
		830	155	140	0,96			Донбасс, МК-67	70
		837	70	100	1,31			1МКМ, ГШ-68	100
Павлоградская	с ₇	708	130	125	0,86	аргиллит	аргиллит	Донбасс, МК-67	80
		755	175	95	1,11			Донбасс, МК-67	90
		707	155	125	0,79			Т4У, ОКУ; МК-67	40

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Павлоградская	с ₆	606	115	180	1,12	аргиллит, алевролит	аргиллит, алевролит	КД-80; КА-80 КД-80; КА-80 КД-80; КА-80 КД-80; КА-80	70	
		615	170	150	1,14					60
		610	125	180	1,12					80
		608	125	180	1,07					40
Павлоградская	с ₅	551	140	200	1,05	аргиллит, песчаник	аргиллит, алевролит	КД-80; КА-80 КД-80; КА-80 КД-80; ГШ-200	45	
		525	160	180	0,96					70
		513	165	180	1,20					84
Благодатная	с ₉	930	160	170	1,09	аргиллит	аргиллит	Донбасс, 1К-101 Донбасс, 1К-101 Донбасс, 1К-101	60	
		926	170	175	1,04					50
		914	175	165	1,10					65
Благодатная	с ₈	820	160	185	0,89	аргиллит	аргиллит	Донбасс, МК-67 Донбасс, 1К-101	30	
		829	160	200	0,99					35
Благодатная	с ₇	754	175	230	1,20	аргиллит песчаник песчаник	алевролит	КД-80; КА-80 КД-80; КА-80 Донбасс, 1К-101	55	
		728	160	225	1,23					70
		710	160	160	0,97					40
Благодатная	с ₅	527	170	245	1,20	песчаник аргиллит аргиллит аргиллит	аргиллит	КД-80; КА-80 КД-80; КА-80 КД-80; КА-80 КД-80; КА-80	47	
		513	180	175	1,18					69
		529	160	245	1,10					35
		501	175	185	0,92					40
Благодатная	с ₁	102	160	260	0,92	алевролит	алевролит, песчаник	Донбасс, 1К-101 КД-80; К-101УД КД-80; КА-80	63	
		112	160	254	0,86					27
		110	160	255	0,91					35
Степная	с ₆	117	175	350	0,87	аргиллит, алевролит	аргиллит	КД-80; 1К-103 КД-80; 1К-103	70	
		119	200	350	0,85					65

С начала отработки выемочного столба 117-й лавы (ПК 105) и до ПК75, а так же с ПК 67 до ПК 48 в кровле пласта залегал аргиллит мощностью 2,6...4,0 м. Нижний слой мощностью 1,2...1,5 м являлся непосредственной кровлей. На остальных участках выемочного столба в непосредственной кровле залегал алевролит $m=0,5...3,4$ м с частыми прослоями песчаника. Естественная трещиноватость непосредственной кровли составляла 4...5 трещин на метр, направление трещин было различным.

Все инструментальные измерения в лавах производились на специально оборудованных замерных станциях, расположенных в средней части лавы (секция 53) и на концевых ее участках (секции 5, 10 и 92, 97). В качестве измерительного инструмента использовались измерительные стойки СУИ-II с насадками и индикаторами часового типа ИЧ-10. Схема размещения замерных станций в лаве и оборудования на замерной станции представлены на рис. 2.1. и 2.2.

Первая измерительная стойка устанавливалась на расстоянии до 0,1 м от забоя между перекрытиями соседних секций (рис. 2.3), а вторая – за лавным конвейером на расстоянии 1,2 м от забоя между этими же секциями. Показания индикатора снимались через каждые 15 секунд. При подходе комбайна стойка переставлялась позади комбайна, и измерения продолжались. Расположение второй стойки СУИ II позволяло наблюдать за конвергенцией боковых пород в момент прохода комбайна. Для непрерывного контроля конвергенции при отходе комбайна две секции механизированной крепи, между которыми была установлена стойка, к забою не задвигались. Таким образом, велось непрерывное измерение конвергенции боковых пород за весь период выемочного цикла с увязкой расстояния до комбайна.

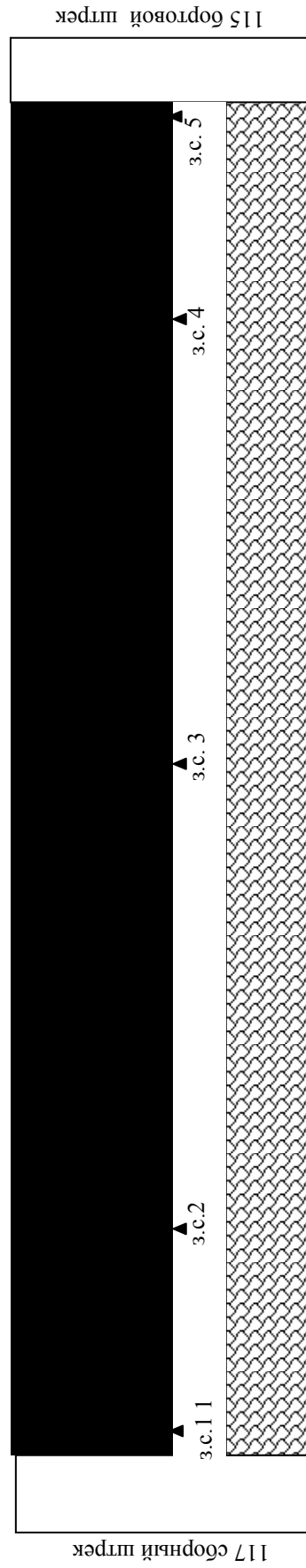
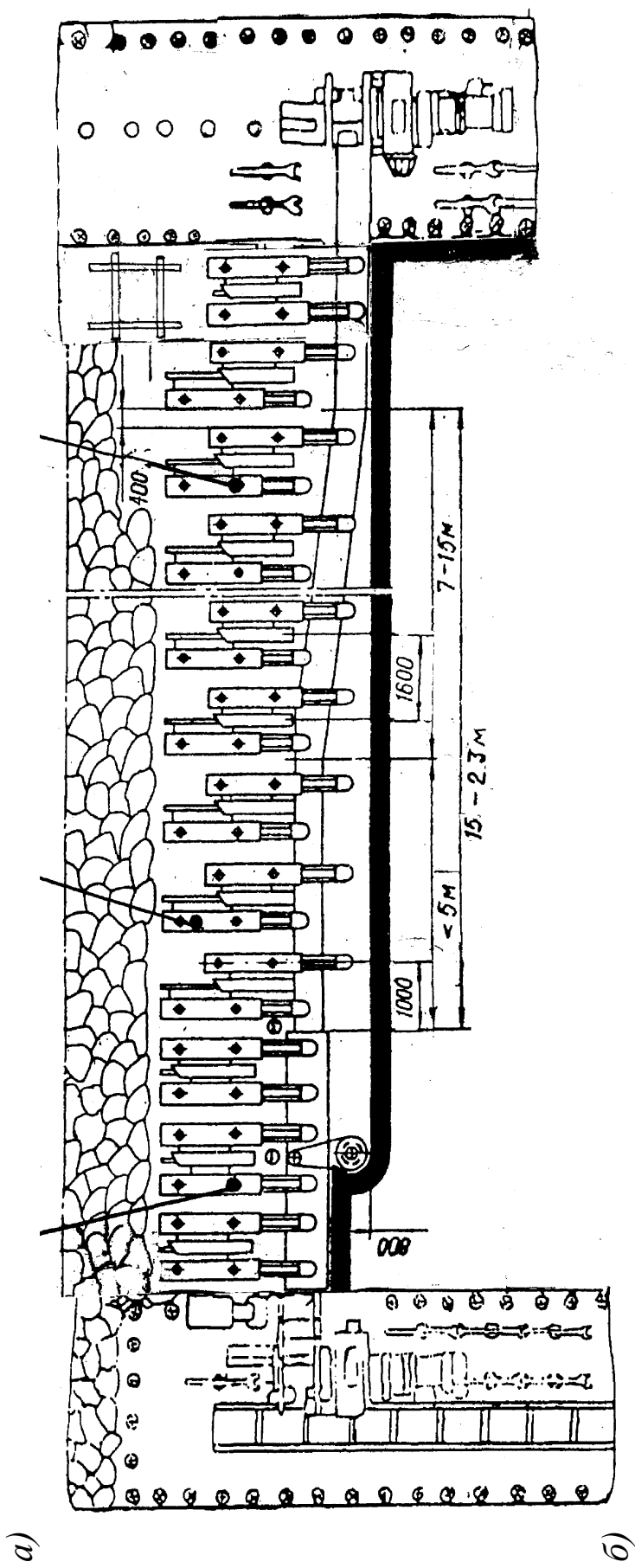


Рис. 2.1. Схема 117-й лавы пласта с₆ (а) и схема расположения замерных станций по длине лавы (б)

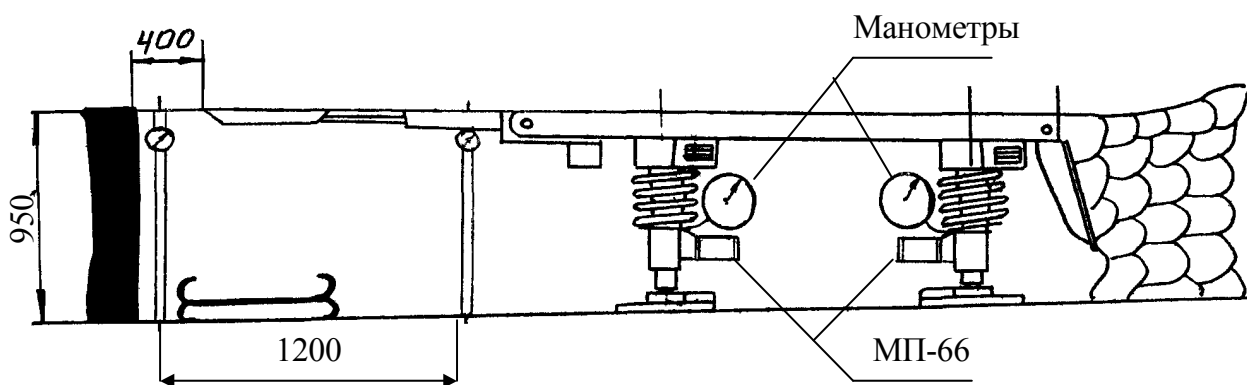


Рис. 2.2. Расположение первой измерительной стойки на замерной станции №5 (секция 53)

За смену производилось два цикла по выемке угля. Машинное время одного цикла равнялось в среднем 50 мин., рабочая скорость

движения комбайна по лаве составляла 2,5-3,5 м/мин. Оставшееся время затрачивалось на концевые операции, технологические простои, профилактический осмотр и ремонт выемочного комбайна и другого оборудования.

2.4. Исследования зоны разрушения угля в призабойной части пласта в условиях шахт Западного Донбасса

По современным представлениям [32-33, 50-54] опорное давление на угольный пласт и вмещающие его породы возникает вследствие того, что часть веса вышележащей толщи пород передается на краевую часть пласта. Под влиянием опорного давления происходит сжатие угольного пласта и выдавливание его из зоны повышенного давления в зону пониженного давления, т.е. в сторону выработанного пространства. Локализация и накопление энергии в зоне, прилегающей к обнаженной поверхности, приводит к хрупкому разрушению породы с отрывом ее от основного массива и дроблению на куски.

Вопросам деформирования угольного пласта и вмещающих пород в зоне опорного давления посвящено достаточно большое количество исследований. В работах [32-37, 50, 55] установлена зависимость ширины зоны опорного давления от глубины ведения работ. Установлено также, что относительное сближение кровли и почвы угольного пласта на расстояниях 100 м и более, впереди очистного забоя достигает величин $2 \cdot 10^{-3}$.

Согласно исследованиям [38], наибольшее влияние на формирование зон опорного давления оказывают глубина разработки и предел прочности пород на сжатие.

Много исследований параметров зоны опорного давления выполнено на моделях [32, 39-40]. Все авторы сходятся во мнении, что сжатие пласта в зоне влияния опорного давления имеют функциональную зависимость от многих горно-геологических факторов (глубина разработки, прочностные свойства угля и вмещающих пород, вынимаемая мощность пласта и др.), и описывается зависимостями, выявленными в результате проведенных исследований.

Инструментальными наблюдениями [56,57] установлено, что размеры зоны опорного давления, концентрация нагрузок и

местоположение ее характерных точек нестабильны: они изменяются в зависимости от времени, характера и степени воздействия производственных процессов на угольный пласт. В наибольшей степени указанные факторы влияют на часть зоны опорного давления в области с максимальными нагрузками и, прежде всего, в краевой части пласта, находящейся в предельно-напряженном состоянии. Величины деформаций и разрушений в краевой зоне определяются отношениями интенсивности опорного давления и механическими характеристиками пласта и боковых пород, условиями на контактных поверхностях, продолжительностью действия нагрузки, строением пласта и многими другими факторами. Указанное влияние тем больше, чем шире вынимаемая полоса угля и чем больше скорость ее выемки. Этими параметрами характеризуется размер поверхности обнажения, отнесенный к единице времени, т.е., в конечном счете, – интегральная скорость перемещения поверхности обнажения [58].

Непосредственно к границе отработанной площади примыкает зона разрушения угля. По вопросам определения границ этой зоны, мнения многих исследователей расходятся. В.В. Ходот, В.Г. Гмошинский, В.Т. Давидянц, Г.И. Гойхман считают, что зона нарушенного угля распространяется от груди забоя до точки, в которой давление будет максимальным. Другие авторы (С.Г. Авершин, Л.Д. Шевяков) придерживаются мнения, что раздавливание угля происходит в зоне пониженных напряжений и ограничивается областью, в которой возрастающее значение напряжений достигло величины первоначальных.

Исследователями [59,60] зона разрушенного угля из зоны опорного давления вообще исключается, тогда как другие авторы [61,62] считают рассматриваемую зону частью зоны опорного давления, что по нашему мнению наиболее правильно, несмотря на то, что в пределах этой зоны нагрузка на угольный пласт резко падает. Последнее объясняется тем, что под влиянием высокого опорного давления краевая часть пласта, находящаяся в условиях одноосного сжатия, подвергается разрушению, в силу чего высокая нагрузка перемещается в глубь массива. Таким образом, зоной разрушенного угля будем считать расстояние от забоя до точки, в которой уголь находится в состоянии предельного равновесия. В “Руководстве...” [63] глубина зоны разрушенного угля определяется формулой

$$S = \frac{m}{2 \cdot \lambda \cdot \operatorname{tg} \rho} \cdot \ln \left[\frac{(q_0 - 2 \cdot c \cdot \sqrt{\lambda}) \cdot \operatorname{tg} \rho}{c(2 \cdot \sqrt{\lambda} \cdot \operatorname{tg} \rho + 1)} + 1 \right],$$

где m – мощность пласта, м;

$\operatorname{tg} \rho$ – тангенс угла внутреннего трения для угля;

$\lambda = \operatorname{tg}^2(45 + \rho/2)$ – коэффициент бокового распора;

q_0 – наибольшее давление на пласт, кН/м²;

c – сцепление угля, кН/м².

Для установления характера разрушения краевой части угольного пласта и боковых пород нами выполнены наблюдения в 407-й лаве шахты “Благодатная” (рис.2.3).

Угольный пласт c_4 – сверхкатегорийный по газу, опасный по пыли и внезапным выбросам, газоносность 25 м³/т. Длина 407-й лавы – 170 м, оборудована она мехкомплексом КД-80 с комбайном КА80. Система разработки длинными столбами по восстанию (простиранию). Лава отработывается обратным ходом, без оставления целиков. Мощность вынимаемая – 1,1 м. Глубина разработки – 220 м. Угол падения пласта 3-5°.

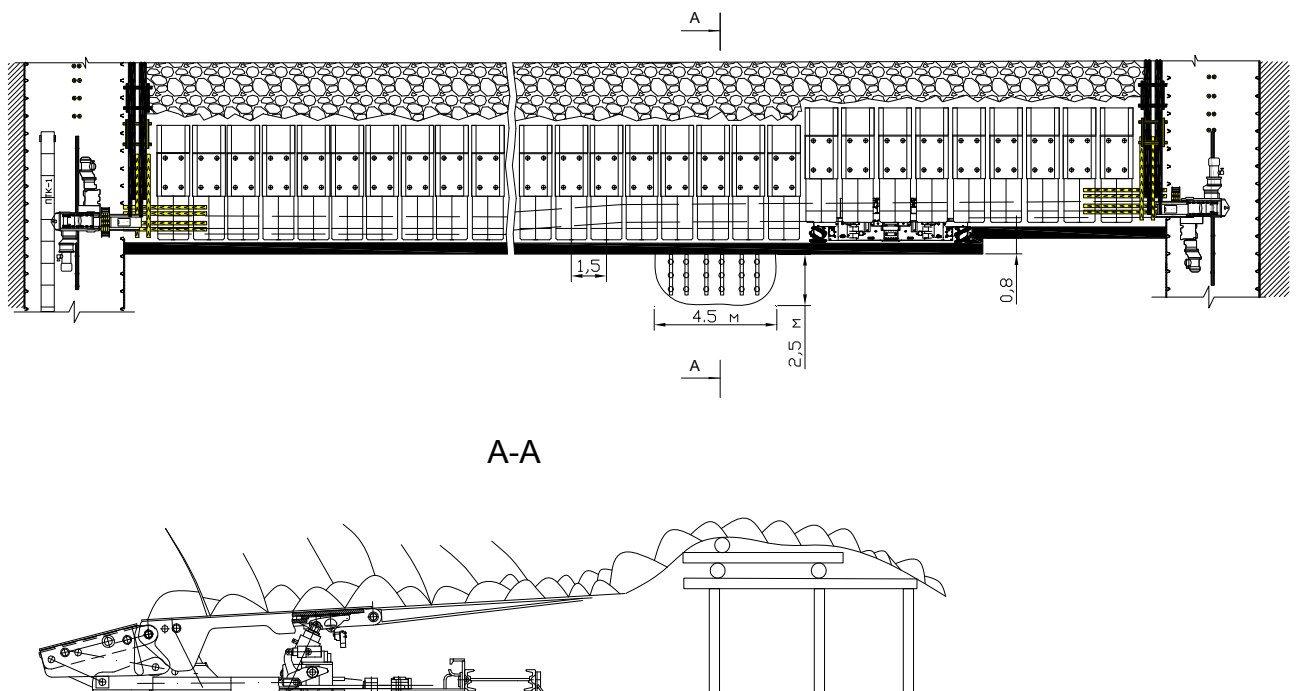


Рис. 2.3. Схема 407-й лавы шахты “Благодатная” при проведении «присечки» в центральной части лавы

Почва пласта представлена аргиллитом ($f = 2$), кровля пласта – алевролит ($f = 2,5$). Породы слабоустойчивые, склонные к расслоению и вспучиванию.

В исследуемом очистном забое вследствие обрушения кровли на нескольких полосах выемки, сползания блоков в призабойное пространство и образования пустот впереди забоя, установка 3 секций с упором в массив стала невозможной. Поэтому, в месте завала вручную проходила выработка, которая крепилась временной крепью, именуемая в дальнейшем «присечка». После разбора завала над секцией и зачистки перекрытия крепи производилось выравнивание и перетяжка секций на необходимую величину для прохода комбайна. Над секцией выкладывался костер, после чего секция разжималась. Устанавливались стойки под брус и под консоль секции. Глубина выработки составляла 2,5 метра, поэтому появилась возможность исследования трещиноватости массива и определения глубины зоны разрушения угля.

Трещинообразование в пройденной вручную выработке, изучалось путем измерений ширины раскрытия трещин мерной линейкой. Наблюдениями установлено, что впереди очистного забоя угольный пласт разрушается и отжимается в сторону выработанного пространства. Об этом свидетельствуют вертикальные трещины, параллельные груди забоя которые образовались под действием опережающего опорного давления. Ширина раскрытия трещин составляет 0,03-0,04 м (рис.2.4).



Рис. 2.4. Трещины отжима угольного пласта, зафиксированные в центре лавы при проведении «присечки» 407-й лавы ш. «Благодатная»

Характер распространения трещин, ширина раскрытия и пространственное расположение трещин отжима в центре лавы и в околострековом пространстве свидетельствуют о том, что зона разрушения угля распространяется вглубь массива на расстояние 1,1-1,2 м по всей длине лавы.

В соответствии с «Руководством ...» [63] была рассчитана глубина зоны разрушения угля для условий лавы №407 шахты «Благодатная». Она составила 0,7 м.

Таким образом, подтверждается, что угольный пласт разрушается вглубь, однако, в данном случае фактическая глубина зоны разрушения угля превышает расчетное значение на 30%.

2.5. Результаты шахтных исследований

2.5.1. Исследование деформаций краевой части угольного пласта

Исходя из вышеизложенного, непосредственно в призабойной полосе пласт угля деформирован и наблюдается выдавливание его в очистной забой и штрек. Эта зона разрушения и деформирования пласта наиболее четко выражена перед посадкой кровли. Разрушение проявляется в виде отжима угля и сближения пород почвы и кровли пласта по всей длине лавы, где производятся замеры мощности. Во время движения комбайна скорость сближения вмещающих пласт пород в середине лавы до подхода комбайна на расстояние до 5 м остается постоянной (фоновой) и равняется 0,04...0,06 мм/мин. Когда комбайн подходит ближе 5 м, скорость конвергенции начинает увеличиваться и до перестановки стойки достигает 0,8 мм/мин. После прохода комбайна скорость конвергенции продолжает увеличиваться и на расстоянии 5...8 м от комбайна достигает 1,6...1,8 мм/мин., по мере удаления комбайна от замерной станции эта величина уменьшается и на расстоянии 25...30 м достигает фоновой – 0,06...0,08 мм/мин. (рис. 2.5).

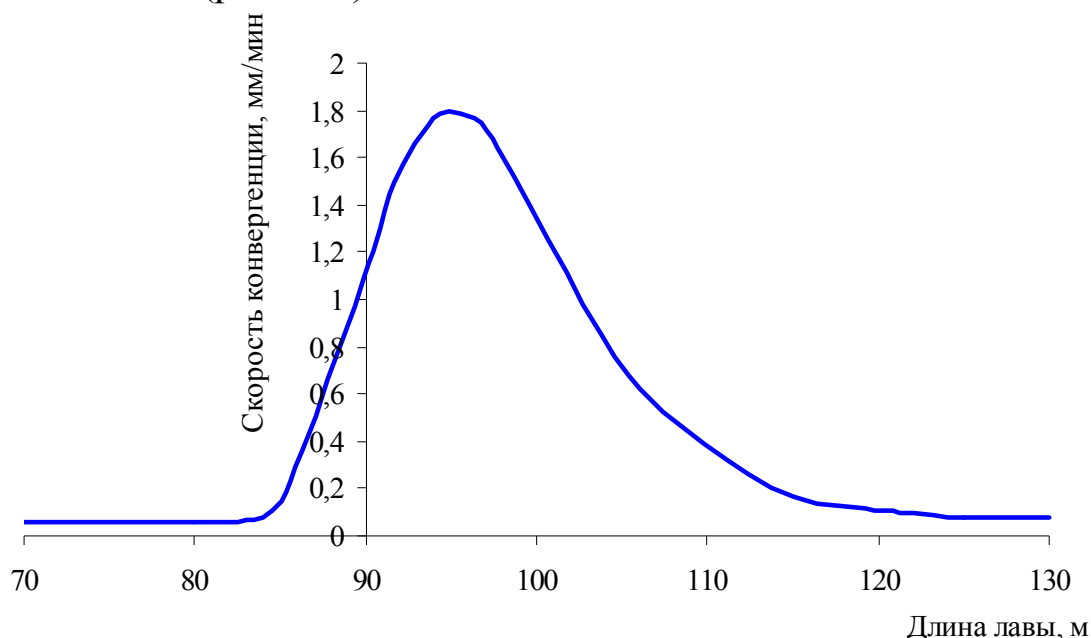


Рис. 2.5. График изменения скорости сближений кровли и почвы пласта у забоя лавы в зависимости от расстояния до выемочного комбайна

За полное время выемочного цикла конвергенция пород кровли и почвы составляет 36 мм (рис.2.6). На участке лавы 85–120 метров, где скорость конвергенции увеличена в связи с проходом комбайна, величина ее составила 26 мм. По остальной длине лавы конвергенция составляла 10 мм.

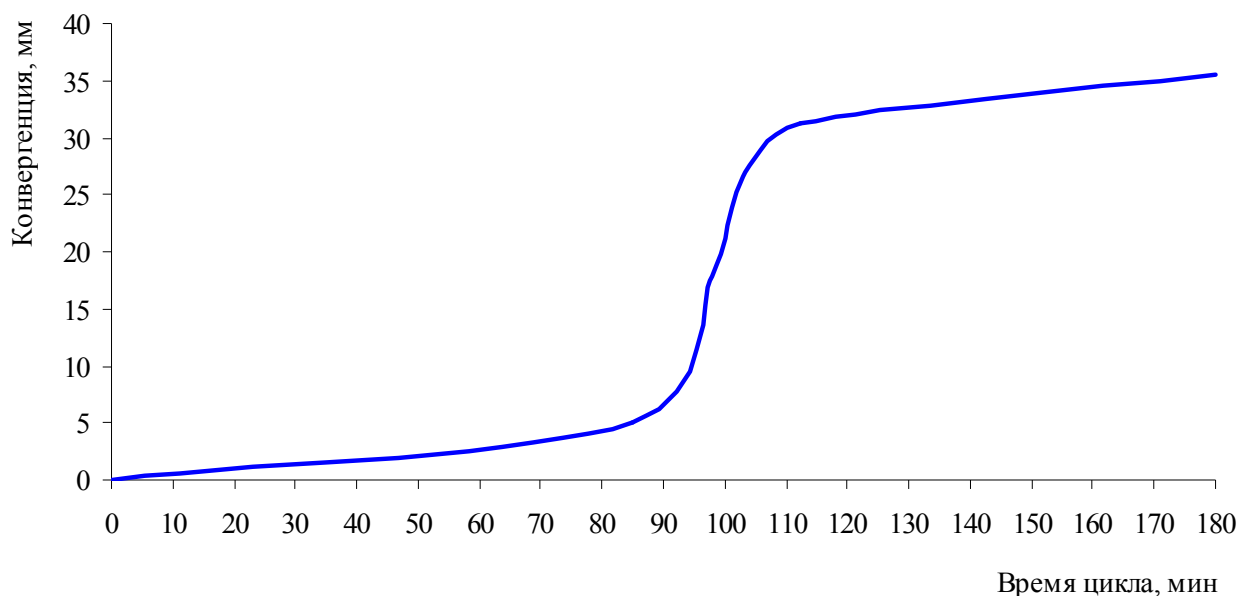


Рис. 2.6. График изменения конвергенции кровли и почвы пласта у забоя лавы в течение рабочего цикла на замерной станции № 5

Как видно из графика, максимальное сжатие пласта боковыми породами происходит после прохода исполнительного органа выемочного механизма в течение 20-30 мин. Маркшейдер, как правило, производит замеры выработанного пространства в ремонтную смену, спустя 1,5-2 часа после остановки комбайна. Таким образом, фиксируемые данные мощности пласта в лаве являются заниженными на 5-6% по сравнению с фактической мощностью пласта, вследствие чего закладывается систематическая ошибка при определении объема добычи угля. Величина этого параметра изменяется в зависимости от времени, характера и степени воздействия производственных процессов на угольный пласт.

Проведенными исследованиями также установлено, что на изменение величин и скоростей конвергенции вмещающих пород существенное влияние оказывает скорость подачи выемочного комбайна, а именно, чем больше скорость подачи комбайна, тем больших значений достигают величина и скорость сближения пород. Так, например, скорость конвергенции вне зоны работы комбайна

(фоновая скорость) составляла 0,02...0,04 мм/мин при скорости подачи выемочной машины 1,8...2,5 м/мин. и 0,06...0,08 мм/мин. при скорости подачи 3,3...3,5 м/мин [48].

2.5.2. Характер разрушения пласта на концевых участках лавы

Множеством исследований установлено, что на концевых участках лавы механизированная крепь практически не выходит на режим рабочего сопротивления, и таким образом нагрузка приходится не на крепь, а на краевую часть пласта. Вследствие этого отмечается увеличение интенсивности трещинообразования, резкое снижение устойчивости пород кровли, а также наблюдается усиленный отжим угля и обрушение разрушенных пород кровли.

При обследовании 117-й лавы в очистном забое было зафиксировано до 6...8 трещин на 1 погонный метр. На участках длиной 15-20 м, прилегающих к выемочным штрекам, трещиноватость увеличивалась до 10...15 трещин на 1 погонный метр.

В средней части исследуемых лав часто наблюдались коржение, обрушения и вывалы пород кровли между забоем и концами перекрытий крепи. Вывалы пород кровли высотой до 1,5...2,0 м были зафиксированы на концевых участках лавы, что объясняется образованием зон неупругих деформаций вокруг выемочных штреков.

Результаты измерений вывалов за весь период исследований в 117-й лаве шахты "Степная" обобщены и обработаны. На рис. 2.7 представлена гистограмма распределения количества случаев вывалов по длине лавы за весь период исследований [48].

Из данных гистограммы видно, что вывалы пород кровли чаще происходили в средней части лавы и на концевых ее участках.

На концевом участке лавы (30 м от 117-го сборного штрека) количество вывалов несколько больше, чем возле 115-го бортового штрека (25 м). Это объясняется тем, что зоны опорного давления от 117-й лавы, 117-го сборного штрека и выработанного пространства от опережающей 119-й лавы накладывались друг на друга, и создавалась более обширная зона ПГД [48].

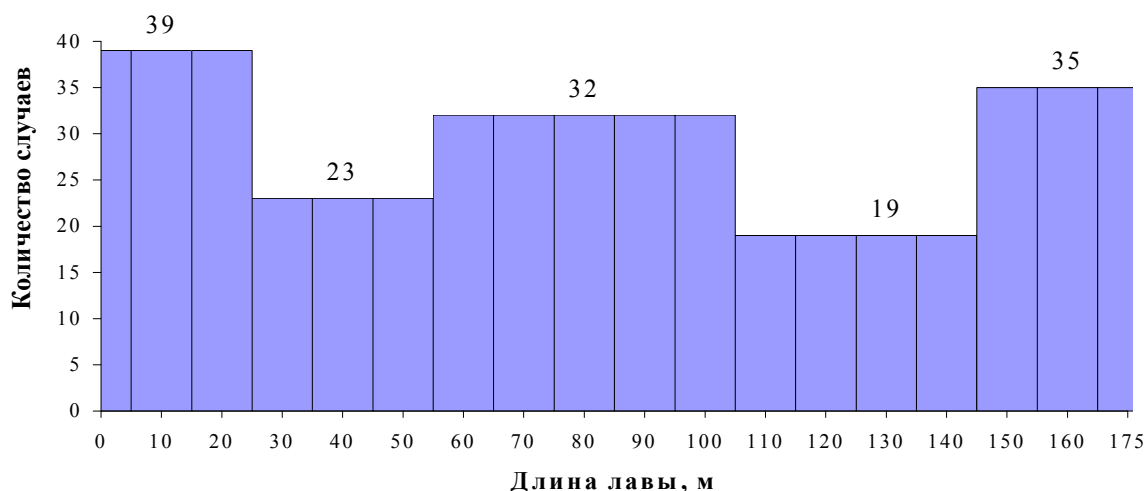


Рис. 2.7. Гистограмма распределения случаев вывалообразования по длине 117-й лавы ш. “Степная” ПАО “ДТЭК Павлоградуголь”

Выявлено также, что на концевых участках лавы (15-25 м от выемочных выработок) скорость и общая величина сближения боковых пород на 15...25 % выше, чем в середине лавы (рис. 2.9). Это объясняется наличием зон повышенного горного давления, образованных в результате наложения зон опорного давления от лавы и подготовительной выработки. В момент вырубki комбайна в подготовительную выработку, скорость конвергенции несколько снижается, что объясняется наличием зоны отжима угля на сопряжении машинной части лавы со штреком [48].

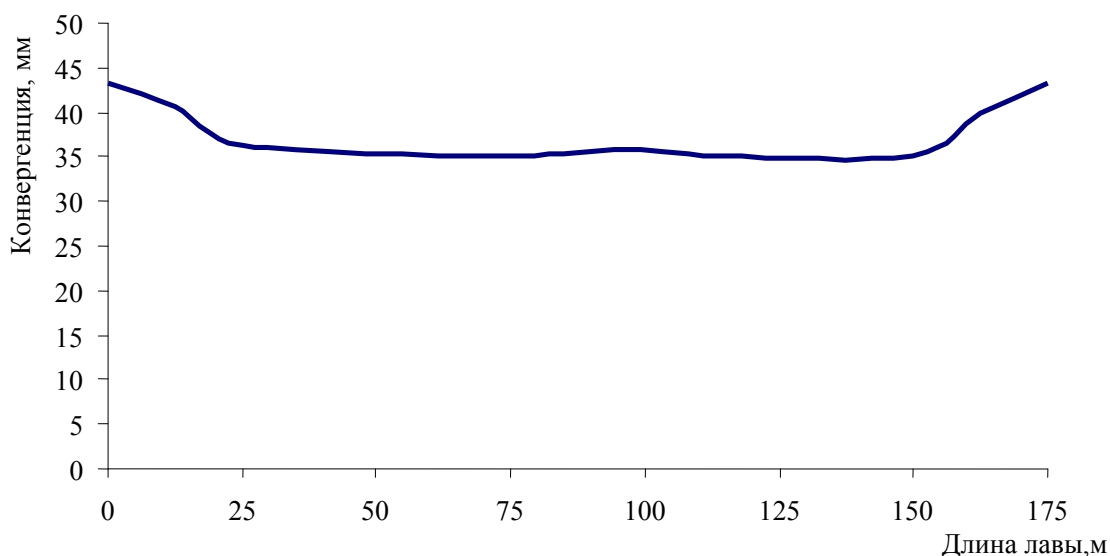


Рис. 2.8. Абсолютные значения конвергенции боковых пород по длине лавы за время выемочного цикла

Параллельно с проведением замеров по определению скорости конвергенции проводились измерения фактической мощности, потребляемой приводами очистного комбайна. Распределение фактической потребляемой мощности по длине лавы в зависимости от скорости подачи, мощности угольного пласта и присечки породы за один проход комбайна показано на рис. 2.9. Фактические величины потребляемой двигателями комбайна мощности ниже устойчивой мощности в среднем на 40%, а на концевых участках эта величина достигает 50-75%.

При этом скорость подачи комбайна была практически постоянной и составляла 2,5 – 3,0 м/мин. То есть сопротивляемость угля резанию вдоль лавы была неодинакова и изменялась от 55 кН/м на концевых участках лавы и до 140 кН/м в средней части. Уменьшение потребляемой мощности при подходе комбайна к выемочным штрекам на расстояние до 20 м от выемочных штреков объясняется наличием околоштрековых зон отжима.

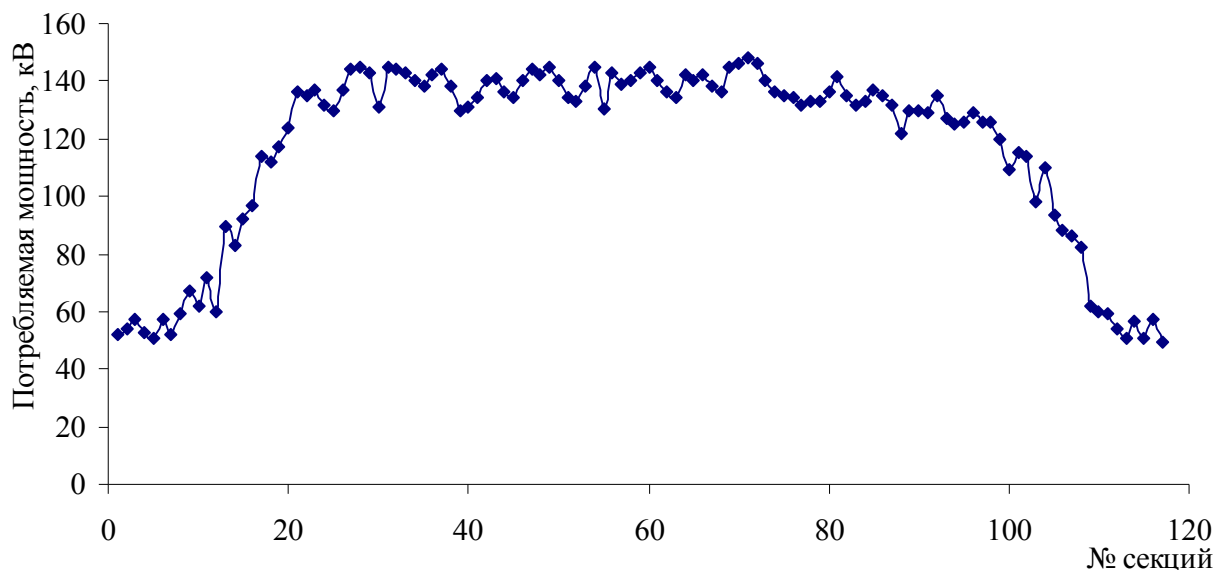


Рис. 2.9. Распределение фактической потребляемой мощности приводов очистного комбайна по длине лавы

Результаты наблюдений подтверждаются натурными исследованиями, проведенными ДонУГИ и ДонГТУ [65,66]. Авторами в качестве критерия оценки протяженности концевых участков лавы принимается ускорение конвергенции вмещающих

пород. При этом длина концевых участков лавы у выработок, примыкающих к целику, составляет около 20 м, а к выработанному пространству – 30 м.

2.5.3. Основные положения методики проведения экспериментальных работ по определению поправки к измеряемой мощности пласта

При ведении горных работ происходит перераспределение напряжений в угольном пласте и вмещающих его породах, и впереди очистного забоя образуется зона повышенных напряжений. В настоящее время при определении объема добычи путем непосредственных замеров выработанного пространства конвергенция боковых пород (сжатие пласта) на кромке очистного забоя и отжим угля не учитываются. По данным ряда исследований [23,24] значение этих величин достигает нескольких сантиметров.

Поправка за изменение мощности угольного пласта определяется нами на основании сравнительного анализа по результатам измерений мощности пласта в очистных забоях и при проведении подготовительных выработок. В результате проведения исследований влияния техногенных факторов на мощность пласта должен быть изучен характер разрушения краевой части пласта, получена величина уменьшения мощности пласта Δm .

Для каждой исследуемой лавы, на выкопировку с плана горных выработок масштаба 1:2000 наносятся мощности угольного пласта по оконтуривающим лаву подготовительным выработкам (рис 2.10). Замеры мощности выполняются при проведении подготовительных выработок, когда отсутствует влияние лавы на массив. Величина m_y – кратчайшее расстояние между линиями контакта уголь-порода. Определяется средняя мощность пласта в лаве, которая будет соответствовать средней геологической мощности.

Замеры очистных выработок выполняются в соответствии с [17]. Мощность пласта по длине лавы измеряют по нормали к напластованию через 20 м, а при присечках боковых пород – через 10 м. Замеры мощности производят по мере подвигания очистных забоев на расстоянии: по выдержанным и относительно выдержанным пластам через 50 м и по невыдержанным через 30 м, но не реже одного раза в месяц. Среднюю мощность определяют как

среднее арифметическое из всех измерений m_{yi} в погашенном контуре за отчетный период. Результаты детальной съемки лавы являются основанием для определения средней мощности угольного пласта после полной отработки запасов в пределах оконтуренного подготовительными выработками выемочного участка.

Для исключения искаженных значений мощности пласта в краевых частях лавы, в соответствии с п 2.5.2 данной работы, методикой предусматривается проведение замеров на расстоянии 25-30 м от подготовительных выработок. Условная линия (рис. 2.10), проведенная на расстоянии 25-30 м от выемочных выработок, будет являться мнимым контуром, в пределах которого также вычисляется средняя мощность.

Для контроля полученного среднего значения мощности пласта в мнимом контуре проводятся замеры мощности угольного пласта по осевой линии очистного забоя (m_{oi}). Среднее значение мощности пласта в мнимом контуре сравнивается с вычисленным средним значением мощности пласта по осевой линии очистного забоя

$$\Delta m_{\text{контр}} = \frac{\sum m_{ki}}{n} - \frac{\sum m_{oi}}{n} .$$

Схема проведения экспериментальных работ в подготовительных выработках и в лаве для определения величины Δm представлена на рис. 2.10.

Сопоставляя среднюю мощность пласта в пределах выемочных выработок со средней мощностью пласта в мнимом контуре, получаем количественную характеристику изменения мощности угольного пласта Δm

$$\Delta m = \frac{\sum m_{yi}}{n} - \frac{\sum m_{ki}}{n} .$$

Для исключения систематической ошибки при подсчете объема добычи угля предлагается на каждой шахте для каждого пласта определить

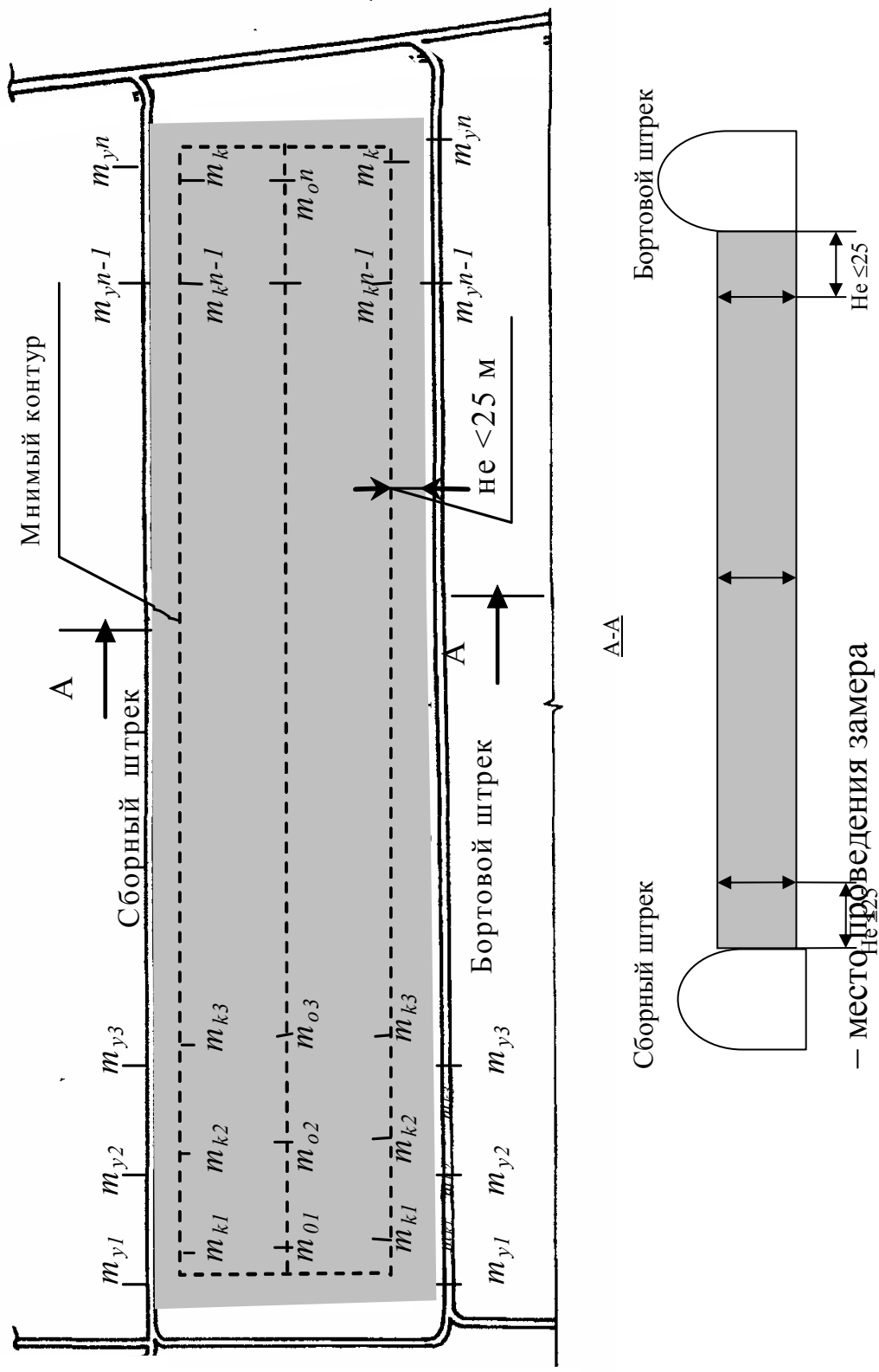


Рис. 2.10. Схема проведения экспериментальных работ в подготовительных выработках и в лаве для определения величины Δm

поправку к измеряемой мощности пласта, а затем методом экстраполяции перенести данную поправку на соседние выемочные столбы.

2.6. Анализ результатов шахтных экспериментов

Анализ производился по данным замеров мощности угольного пласта маркшейдерско-геологическими службами шахт ПАО “ДТЭК Павлоградуголь”. Исследовано 40 механизированных лав, отрабатывающих пологие пласты. Обобщение материалов исследования производилось методами математической статистики.

Для полученных значений Δm были рассчитаны эмпирические параметры и числовые характеристики распределения. Математическое ожидание величины Δm приходится на 3,6 см. По полученным данным была построена диаграмма распределения значения изменения мощности угольного пласта (рис. 2.11).

Выравнивающая кривая распределения описывается уравнением

$$f(\Delta m) = 0,7e^{-0,47\Delta m},$$

где $f(\Delta m)$ – функция теоретического распределения частоты значения Δm ;

Δm - значение изменения мощности угольного пласта вследствие раздавливания краевой зоны угольного пласта опорным давлением и отжима угля в сторону выработанного пространства, см.

Исследование значений изменения мощности угольного пласта Δm показало, что их распределение описывается показательной функцией (рис. 2.12).

Для оценки точности и надежности выборочного среднего показателя получены доверительный интервал и доверительная вероятность. Доверительный интервал определяется по известной формуле

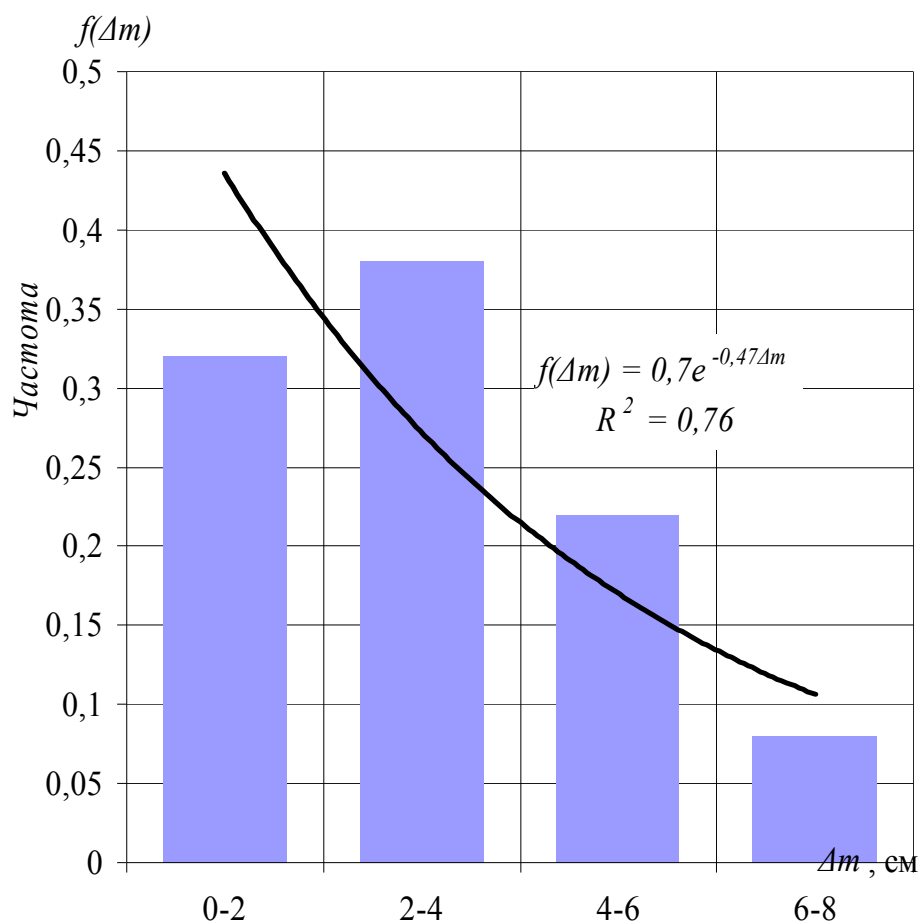


Рис. 2.11. Диаграмма и функция плотности распределения значения Δt

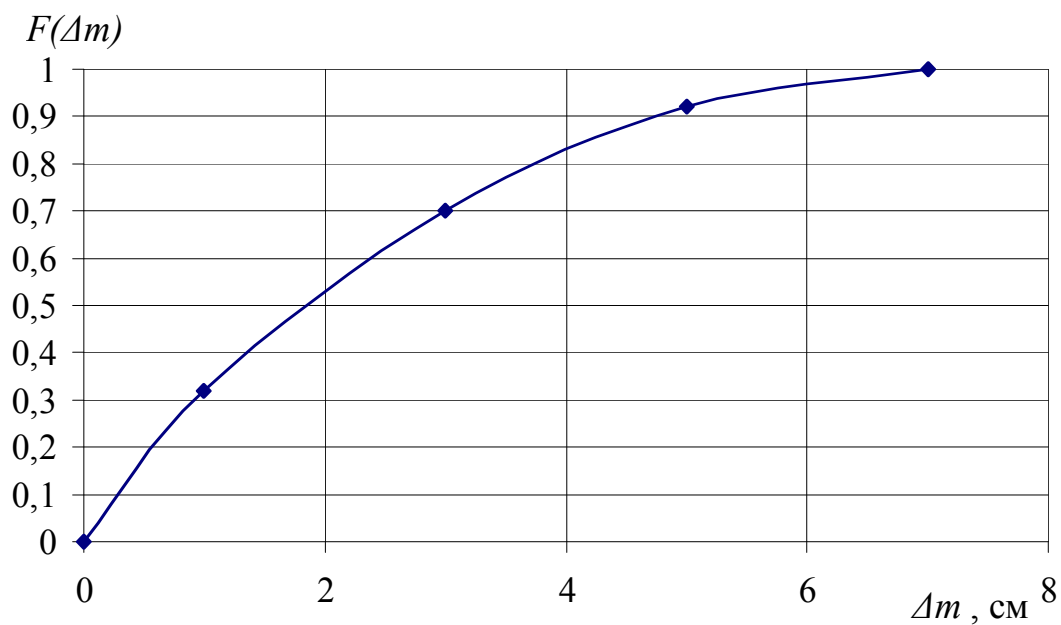


Рис. 2.12. График функции показательного распределения

$$\Delta = \pm \frac{t\sigma}{\sqrt{N}},$$

где σ – среднеквадратическое отклонение показателя;

N – объем выборки;

$t=2$ для вероятности $P=0,95$.

Надежность величины выборочного среднего показателя составила 95% и определена с ошибкой 0,6 см. Надежность 95% означает, что в среднем из 100 случаев только 5 случаев дадут ошибку больше, чем $\pm 0,6$ см. отсюда доверительный интервал: $3,6 \pm 0,6$ см.

Разность величин среднего значения мощности пласта по осевой линии очистного забоя и среднего значения мощности пласта в мнимом контуре является случайной ошибкой: нет никаких видимых закономерностей распределения ее ни по величине, ни по знаку; малые по абсолютной величине значения $\Delta m'$ появляются намного чаще, чем большие; число положительных значений $\Delta m'=14$, их сумма равна +21, число отрицательных ошибок 17, их сумма равна – 29, что соответствует предположению, что эти значения являются случайными ошибками; среднее арифметическое из суммы $\Delta m'$ приведенного ряда равно $\frac{[\Delta m']}{n} = -0,3$ см. Среднеквадратическое отклонение значений Δm по осевой линии ($m_{\Delta m}$) составляет 0,5 см. Данный анализ показывает правильность определения средней мощности в мнимом контуре и подтверждает факт уменьшения значения мощности пласта вследствие влияния опорного давления на краевую часть угольного пласта.

Большая дисперсия значений изменения мощности угольного пласта свидетельствует о том, что величины Δm зависят от многих факторов, взаимовлияние которых характеризует объект исследования как статистически случайную величину.

Факторы, влияющие на величину сжатия угольного пласта на кромке забоя, могут быть объединены в две группы. В первую из них входят глубина залегания угольного пласта, физико-механические свойства и строение боковых пород, мощность и строение угольного пласта и др. Вторая группа объединяет факторы, обусловленные ведением горных работ. В нее входят скорость подвигания очистного забоя, рабочие характеристики крепи, ширина призабойного

пространства, время обнажения очистного забоя, направление выемки относительно кливажа, порядок отработки сближенных пластов и др. Совместно действуя, они определяют широкое варьирование величины сжатия пласта. Для определения характера влияния наиболее весомых, на наш взгляд, факторов, были произведены дополнительные исследования.

При проведении исследований в сдвоенных и спаренных лавах величины Δm оставались одинаковыми, что свидетельствует о динамической устойчивости определяемой поправки к измеряемой мощности. Следовательно, полученное значение поправки для каждого пласта может измениться только при резком изменении горно-геологических и горнотехнических условий выемки в очистном забое. Сравнение результатов величины сближения кровли и почвы пласта, полученные по данным натурных измерений во время отработки 117-й и 119-й лав ш. "Степная" (36 мм) и по данным, рассчитанным в соответствии с разработанной методикой (40 мм), дают удовлетворительную сходимость, что свидетельствует о достаточной точности результатов выполненных исследований и достоверности сформулированных в работе научных положений выводов и рекомендаций.

Исследования влияния глубины разработки на величину сжатия угольного пласта показали, что между глубиной и значением Δm существует корреляционная зависимость, однако для каждой шахты, ввиду различных горно-геологических условий она будет отличаться. Например, для ш. "Павлоградская" данная зависимость представляет собой функцию вида

$$\Delta m = 0,02 \cdot H - 0,2, \text{ см} ,$$

где H – глубина разработки, м;

Δm – значение изменения мощности угольного пласта вследствие раздавливания краевой зоны угольного пласта опорным давлением и отжима угля в сторону выработанного пространства, см.

Коэффициент достоверности аппроксимации – 0,75.

График функции, построенный на базе обработки статистического материала, представлен на рис. 2.13.

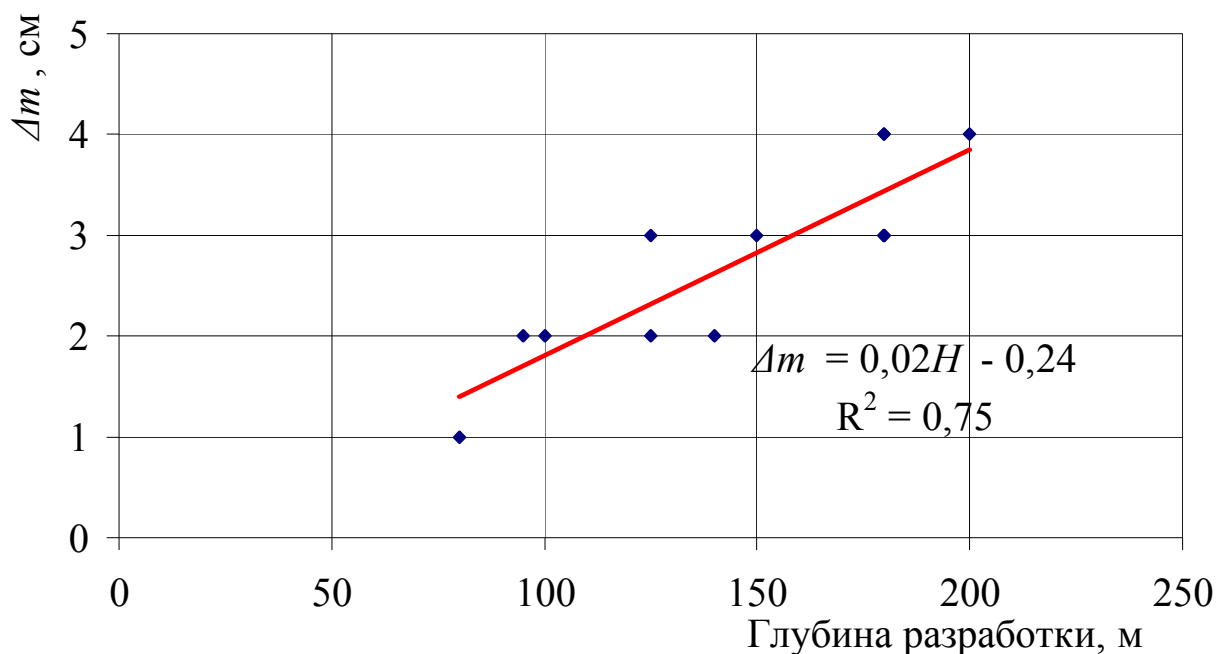


Рис. 2.13. Зависимость Δm от глубины разработки для ш. “Павлоградская” ПАО “ДТЭК Павлоградуголь”

Из анализа графика следует, что значение Δm находится в линейной зависимости от глубины разработки. Однако, залегание в кровле пласта песчаника может оказать существенное влияние на значение изменения мощности угольного пласта. Для пластов, выше которых залегает слой песчаника указанная закономерность нарушается. Так, например, на ш. им. Героев Космоса основной кровлей пласта c_9 и c_{11} является песчаник, который фактически выполняет функции породы-моста. Поэтому поправки к измеряемой мощности по этим пластам будут в пределах 0-1 см. (рис. 2.14). Поэтому, для горно-геологических условий ш. им. Героев Космоса зависимость величины поправки к измеряемой мощности от глубины ведения горных работ (рис. 2.14) соблюдается только для пластов, в кровле которых отсутствуют крепкие породы, и представляет собой функцию вида

$$\Delta m = 0,02 \cdot H - 1,2 \quad , \text{ см } ,$$

где H – глубина разработки, м;

Δm – значение изменения мощности угольного пласта вследствие раздавливания краевой зоны угольного пласта опорным давлением и отжима угля в сторону выработанного пространства, см.

Коэффициент достоверности аппроксимации – 0,78.

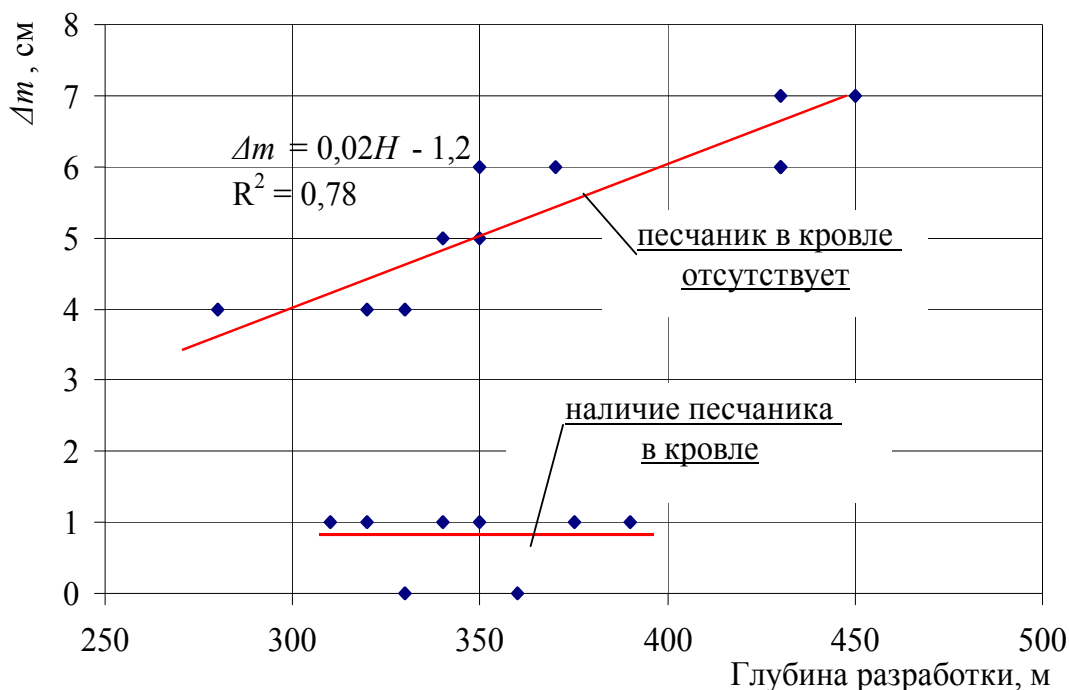


Рис.2.14. Значения Δm в зависимости от глубины разработки для ш. им. Героев Космоса ПАО “ДТЭК Павлоградуголь”

Исследования влияния скорости подвигания лавы на величину сжатия угольного пласта показали, что между скоростью подвигания лавы и значением Δm существует корреляционная зависимость, и при отсутствии в кровле песчаника, данная зависимость представляет собой функцию вида:

ш. “Павлоградская” $\Delta m = -0,03V + 5$; см. $R^2 = 0,69$

ш. им. Героев Космоса $\Delta m = -0,05V + 9$; см. $R^2 = 0,73$

где V – скорость подвигания лавы, м/мес;

Δm – значение изменения мощности угольного пласта вследствие раздавливания краевой зоны угольного пласта опорным давлением и отжима угля в сторону выработанного пространства, см.

График функции, построенный на базе обработки статистического материала представлен на рис. 2.15, 2.16.

С увеличением скорости подвигания забоя сжатие угольного пласта уменьшается. Однако, с ростом прочности пород кровли влияние скорости подвигания забоя на величину смещения кровли ослабевает. При высокой скорости подвигания очистного забоя сокращается время необходимое для раскрытия трещин природного происхождения и трещин отжима. Число трещин и степень их раскрытия вследствие этого уменьшается, угольный пласт оказывается менее нарушенным, в связи с чем, величина сжатия пласта и отжима в сторону выработанного пространства уменьшается. В случае залегания в кровле пласта песчаника данная поправка к измеряемой мощности по этому пласту будет колебаться в пределах 0-1 см. независимо от скорости подвигания лавы, что прослеживается для пл. c_9 и c_{11} ш. им. Героев Космоса ПАО “ДТЭК Павлоградуголь” (рис. 2.15).

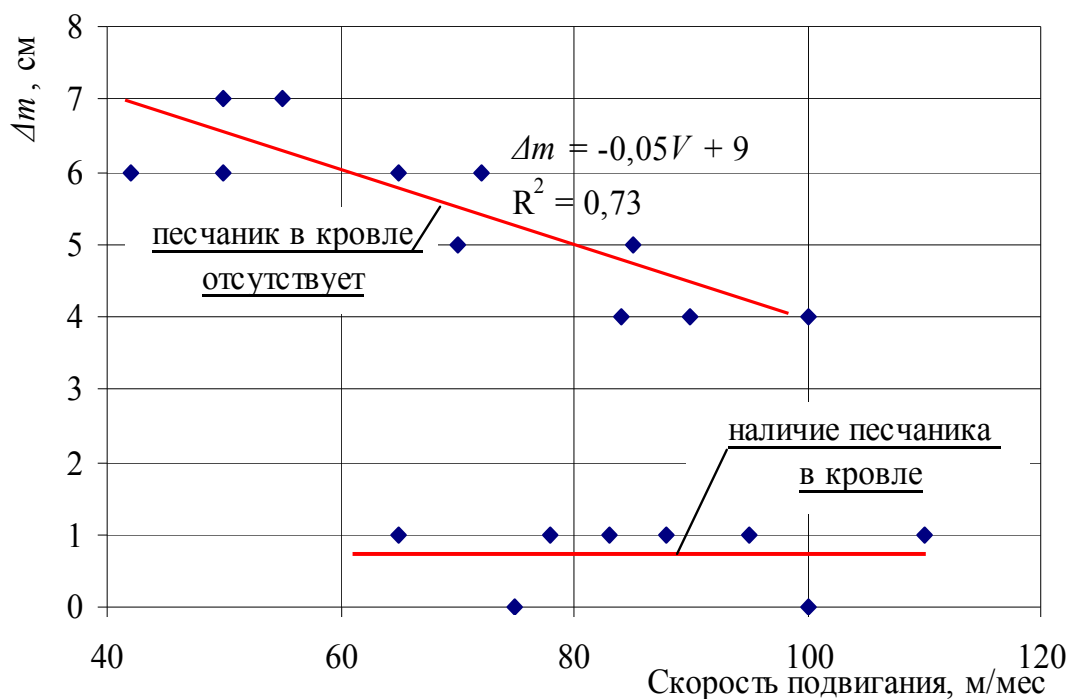


Рис.2.15. Значения Δm в зависимости от скорости подвигания лавы а) для ш. им. Героев Космоса

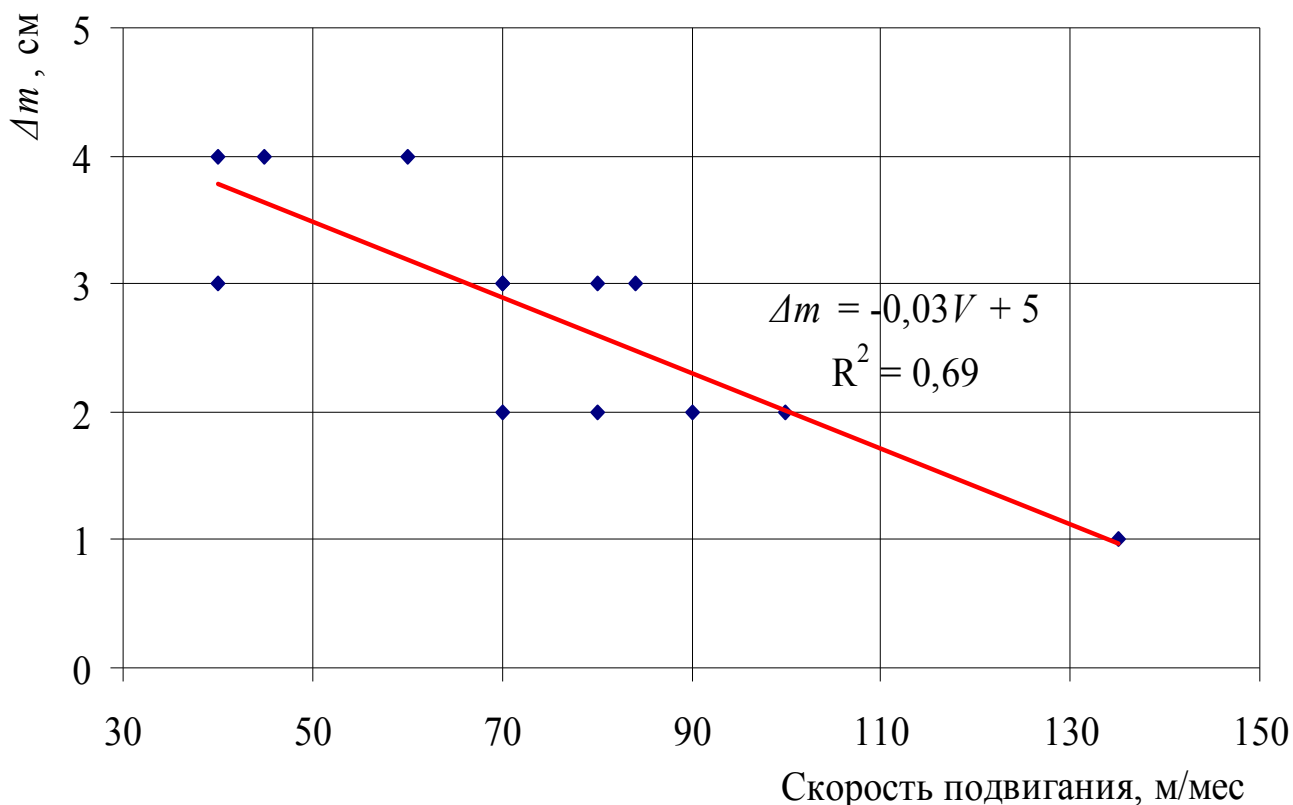


Рис.2.16. Значения Δm в зависимости от скорости подвигания лавы для ш. “Павлоградская” ПАО “ДТЭК Павлоградуголь”

В результате обобщения экспериментальных данных получена аналитическая зависимость для определения поправки Δm в зависимости от глубины разработки и скорости подвигания лавы, которая имеет вид

$$\Delta m = 5,7 + (0,82 \cdot H - 4,59 \cdot V) \cdot 10^{-2}, \text{ см} \quad (2.1)$$

Номограмма для определения поправки Δm в зависимости от глубины разработки и скорости подвигания лавы приведена на рис. 2.17. Значения Δm , определенные по этой номограмме будут справедливыми, если в основной и непосредственной кровле пласта отсутствуют крепкие породы.

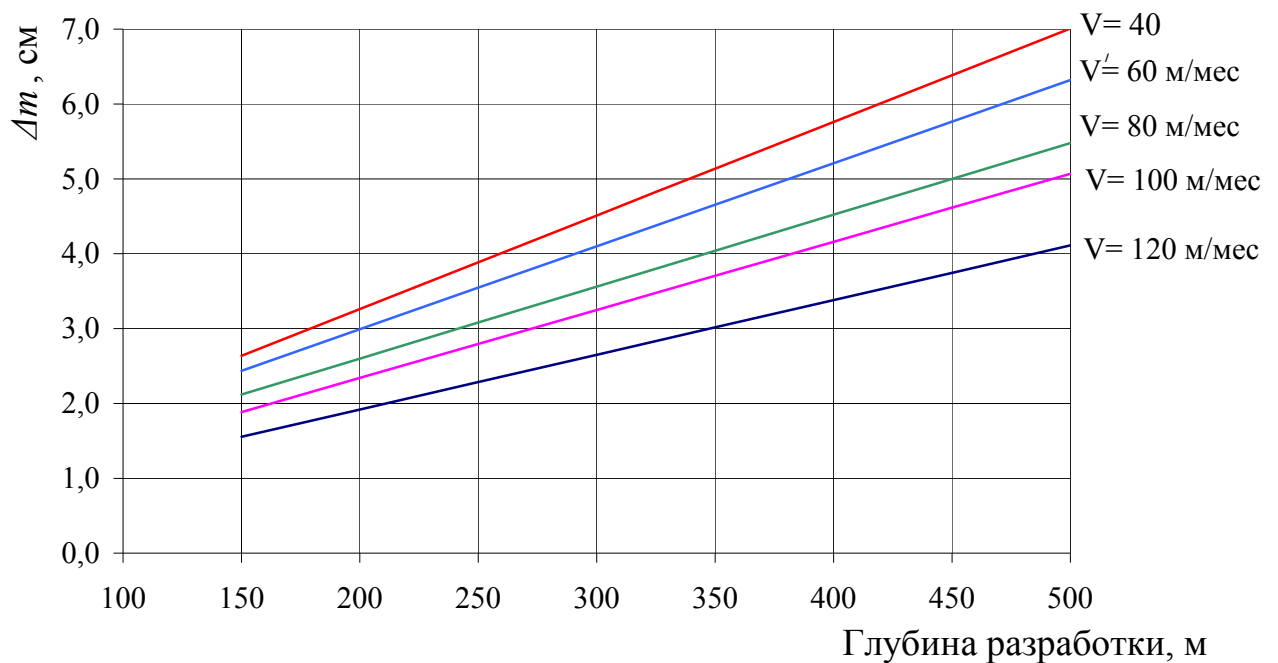


Рис. 2.17. Номограмма для определения поправки Δm в зависимости от глубины разработки и скорости подвигания лавы (песчаник в кровле пласта отсутствует)

При подсчете объема добычи угля для пластов, в кровле которых залегает песчаник, величина поправки Δm принимает значение до 1,5% мощности пласта. Для исключения систематической ошибки предлагается установить данную поправку на одном из выемочных участков, а затем методом экстраполяции перенести вычисленную поправку на соседние выемочные столбы.

ВЫВОДЫ

1. В процессе экспериментальных исследований в условиях шахт Западного Донбасса получены фактические значения сближений кровли и почвы пласта у забоя обрабатываемой лавы. Установлено, что за 8 м от комбайна конвергенция достигает 1,6...1,8 мм/мин., по мере удаления комбайна от замерной станции эта величина уменьшается и на расстоянии 25...30 м достигает фоновой – 0,06...0,08 мм/мин.

2. Выявлено, что на концевых участках лавы (15-25 м от выемочных выработок) скорость и общая величина сближения боковых пород на 15...25% выше, чем в середине лавы.

3. Большая дисперсия значений изменения мощности угольного пласта свидетельствует о том, что величина изменения мощности угольного пласта Δm зависит от многих факторов, взаимодействие которых характеризует ее как статистически случайную величину, распределение которой описывается показательной функцией вида $f(\Delta m) = 0,7e^{-0,47\Delta m}$

4. Величины сближения кровли и почвы пласта у забоя отработываемой лавы, полученные по данным натурных измерений (36 мм) и по данным, рассчитанным в соответствии с разработанной методикой (40 мм), дают удовлетворительную сходимость, что свидетельствует о достаточной точности результатов выполненных исследований.

5. Установлено, что мощность угольного пласта, фиксируемая во время маркшейдерского замера меньше геологической на 1-6% от мощности пласта, а факторами, оказывающими наибольшее влияние на величину изменения мощности угольного пласта в условиях Западного Донбасса, являются: глубина разработки, физико-механические свойства вмещающих пород и скорость подвигания лавы.

6. Поправка к измеряемой мощности пласта для пластов, в кровле которых отсутствуют крепкие породы, находится в прямолинейной зависимости от глубины разработки и обратно пропорциональна скорости подвигания очистного забоя.

7. При наличии в кровле пласта песчаника, мощностью более вынимаемой мощности угольного пласта, поправка к измеряемой мощности пласта принимает значение до 1,5% от мощности пласта независимо от глубины разработки и скорости подвигания очистного забоя.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ МАРКШЕЙДЕРСКОГО УЧЕТА ДОБЫЧИ УГЛЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ

3.1. Общие сведения

В разделе определены параметры, влияющие на добычу чистого угля при переходе дизъюнктивов, определена степень влияния их изменчивости на точность маркшейдерских замеров. Приведены результаты шахтных исследований по определению изменчивости амплитуды разрывного нарушения и угла встречи его очистным забоем. На основании анализа результатов шахтных исследований разработаны номограммы, для определения погрешности учета добычи угля маркшейдерским замером в зависимости от принятой схемы перехода нарушения, соотношения амплитуды и мощности угольного пласта и угла встречи нарушения лавой.

3.2. Ведение очистных работ в нарушенных зонах

Исследования генетических и геометрических особенностей дизъюнктивов отражены в работах многих авторов [67-71]. Что касается вопроса перехода нарушения, то долгое время он оставался спорным. Непереходимыми ранее считались нарушения с амплитудой смещения свыше 0,5 м. [72,73]. В настоящее время, в соответствии с классификацией тектонических разрывов по их величине [74] при соотношении величины стратиграфической амплитуды и мощности пласта более 1, дизъюнктив считается непереходимым механизированным комплексом. По мнению отдельных исследователей [75] переход механизированным комплексом любого мелкоамплитудного нарушения технически возможно. На шахтах Западного Донбасса имеется опыт перехода нарушений с амплитудами, превышающими вынимаемую мощность в 5 раз. Таким образом, классификация не является универсальной, а потери полезного ископаемого при отработке нарушенных участков без оставления целиков существенно сокращаются. Естественно, что на полноту выемки угля будут оказывать влияние технология и геометрические параметры перехода.

Вопросы, связанные с маневрированием механизированного комплекса в горизонтальной плоскости изучены достаточно хорошо [78-81].

Способы управления комплексом в вертикальной плоскости при перемещении его с одного крыла на другое также описаны в литературе [34,82].

Весомый вклад в расширение технических возможностей механизированных комплексов при переходе нарушения внес В.Н. Скуба [77,83-84]. Применение механизированных комплексов проходило при варьировании амплитуды нарушения от 0,5 м до 1 м и выше. В результате исследований были разработаны и внедрены схемы и способы перехода дизъюнктивов до 3 м. Выявлено, что основными факторами, влияющими на технико-экономические показатели работы механизированного комплекса, при отработке нарушенного участка являются тип нарушения, угол встречи лавы с нарушенной зоной и физико-механические свойства пород почвы и кровли [84].

Для отработки нарушенных участков в условиях Западного Донбасса, разработана технология управления механизированным комплексом в вертикальной плоскости [34]. Она основана на волнообразном перемещении комплекса через дизъюнктив по графикам перехода нарушений, что позволяет учесть случайный характер линии скрещения и эпюры распространения амплитуды. На пластах мощностью до 1,2 м траектория перемещения секций крепи имеет поворотно-ступенчатую форму, которую приобретают соответственно почва и кровля лавы на участке перегиба комплекса (рис. 3.1).

Проекция пути перемещения секций крепи через нарушенную зону P на плоскость, параллельную почве пласта, в соответствии с [85] вычисляется по формуле

$$P = A \operatorname{ctg}(n\psi) + 2n\Delta, \quad (3.1)$$

где A – стратиграфическая амплитуда смещения крыльев дизъюнктива;

ψ – угол изменения наклона секций на одной полосе выемки;

Δ – ширина захвата исполнительного органа комбайна (или величина задвижки конвейера);

n – количество полос выемки угля и породы при движении секций по выпуклости или вогнутости.

По данным других исследований [77, 78] величину P следует вычислять по формулам

$$P = A \operatorname{ctg} \varphi, \quad (3.2)$$

где φ – общий угол изменения наклона секций крепи при перемещении с одного крыла на другое.

Для мелкоступенчатого сброса

$$P = 2n\Delta. \quad (3.3)$$

На наш взгляд, для определения объемов добытого угля при отработке тонких пластов правильно будет использование формулы (3.1), как наиболее точно описывающей смысл волнообразного перемещения механизированного комплекса с одного крыла нарушения на другое.

Влияние основных параметров разрывных нарушений на технико-экономические показатели работы очистных забоев изучено достаточно широко. Все исследователи сходятся во мнении, что с увеличением амплитуды нарушения показатели по добычным участкам снижаются [84, 86-87].

Выводы о степени влияния угла встречи нарушения забоем лавы довольно противоречивы. Ряд авторов считает, что с уменьшением угла встречи влияние его становится наименьшим [88,89]. Другие исследователи приходят к выводу, что степень влияния на технико-экономические показатели работы очистного забоя снижается с увеличением угла встречи нарушения [75,86].

В случае, когда угол встречи нарушения лавой небольшой, увеличивается протяженность влияния нарушения вдоль лавы, нарушается стабильная работа секций крепи, в то же время сокращается величина перемещения комплекса через нарушенную зону. При значениях угла встречи близких к 90° положение нарушения относительно секций крепи остается

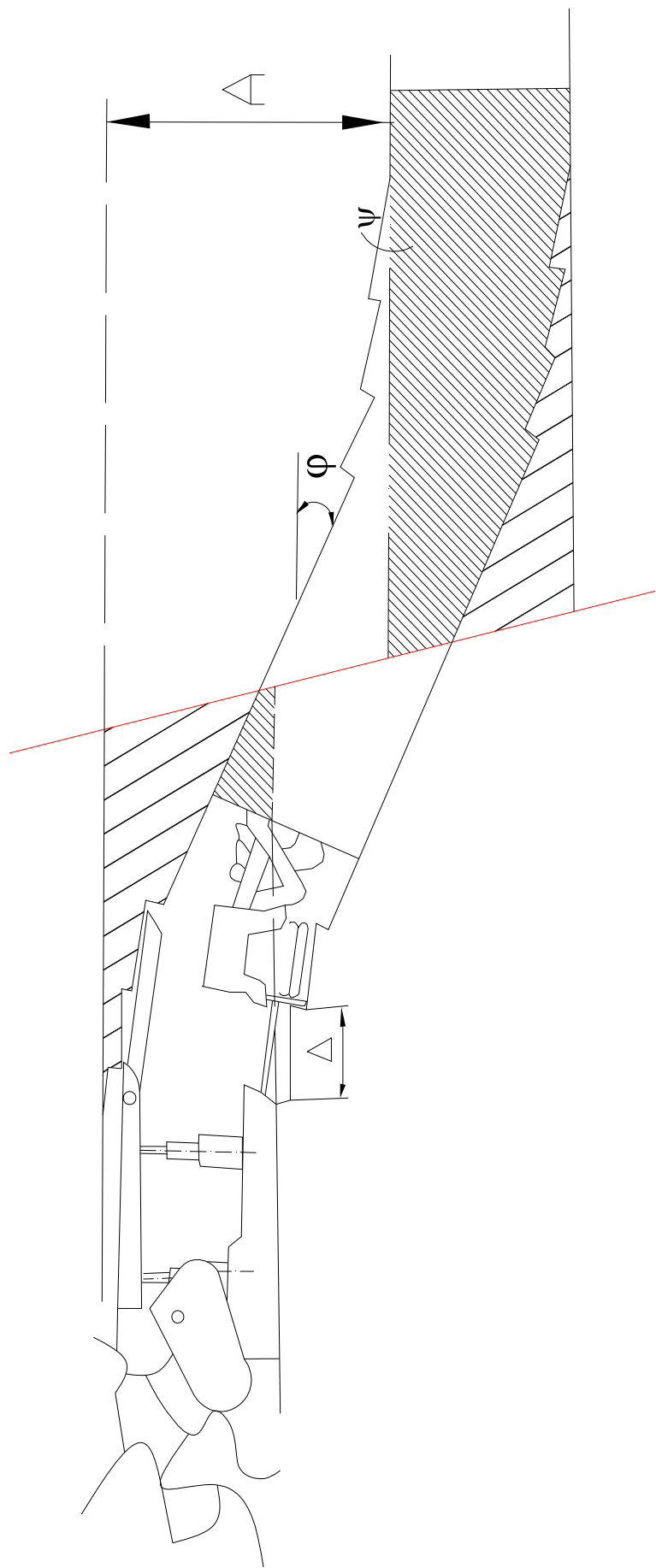


Рис. 3.1. Схема перехода дизъюнктива механизированным комплексом КД-80:

А – стратиграфическая амплитуда смещения крыльев дизъюнктива;

ψ – угол изменения наклона секций на одной полосе выемки;

φ – общий угол изменения наклона секций крепи при перемещении с одного крыла на другое;

Δ – ширина захвата исполнительного органа комбайна (или величина задвижки конвейера)

практически неизменным, а нарушенная зона располагается вдоль всего выемочного столба.

При различных горно-геологических параметрах нарушения и технологических параметрах перехода количество добытого угля и потерь будет изменяться. Единственным способом определения объема добычи угля при переходе разрывного нарушения очистным забоем является маркшейдерский замер. Поэтому встает вопрос точности определения объемов добычи угля по маркшейдерским замерам.

3.3. Учет добычи угля при переходе разрывных нарушений

В настоящее время наблюдается тенденция вовлечения в эксплуатацию выемочных участков угольных пластов, значительно нарушенных мелкоамплитудными дизъюнктивами. Общий объем очистных забоев, отрабатывающих пласты с геологическими нарушениями, составляет порядка 60% от общего их числа [45]. Около 10% подготовленных к выемке запасов угля в условиях шахт ПАО “ДТЭК Павлоградуголь” располагаются в зонах разрывных нарушений. Выемочные столбы некоторых шахт (“Днепровская”, им. Героев Космоса) имеют нарушенные зоны до половины выемочного столба [45].

Отработку лав, пересекающих нарушение, проводят с потерями угля и со значительной присечкой боковых пород. Вопросы маркшейдерского учета добычи угля при переходе нарушений в литературе ранее не рассматривались, отсутствует обоснование системы учета добычи в нарушенных зонах так же и в нормативных документах. Методика маркшейдерского учета добычи угля [19] не предусматривает определение объемов добываемого угля при ведении очистных работ в зоне разрывного нарушения. На шахтах ПАО “ДТЭК Павлоградуголь” при подсчете объема добычи при переходе разрывного нарушения по данным натурных замеров вычисляется так называемая, средняя динамическая мощность угольного пласта. Однако периодичность замеров действующими нормативными документами при переходе дизъюнктива также не регламентируется.

На объем добычи чистого угля существенное влияние оказывает схема перехода нарушения. В работе [77] предлагается схемы

перехода нарушения различать в зависимости от амплитуды нарушения: менее мощности пласта и более мощности пласта. Ряд авторов [85,90] справедливо считает, что основное влияние на полноту выемки угля оказывает положение параллелограмма перехода относительно центра нарушения. Все схемы, в связи с этим, отличаются лишь положением начала и конца маневрирования комплексом относительно плоскости сместителя.

В работе [85] показано, что минимальный объем присечки боковых пород возможно при применении симметричной схемы перехода нарушения. Такой же вывод дается в работе [91].

Из анализа работ, посвященных вопросам перехода нарушения в вертикальной плоскости нами принято к рассмотрению четыре принципиальные схемы перехода нарушения: в зависимости от вертикальной амплитуды смещения крыльев дизъюнктива A и мощности пласта t все схемы можно разделить на две группы $A > t$ и $A < t$, в зависимости от того, где осуществляется присечка боковых пород – односторонняя и симметричная.

Рассмотрим случай, когда $A > t$ и присечка осуществляется в обоих крыльях сброса (двусторонняя схема перехода нарушения) (рис. 3.2).

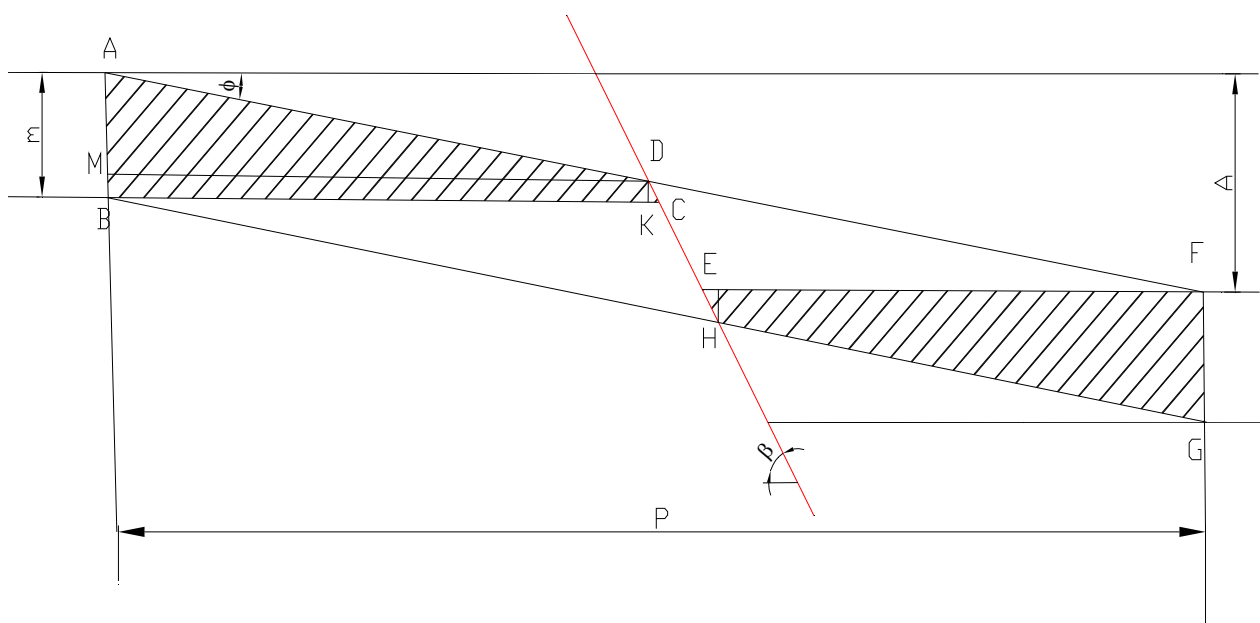


Рис. 3.2. Схема к определению площади выемки угля при $A > t$ и двусторонней схеме перехода нарушения

Площадь угля определяется как сумма двух площадей

$$S_{\text{ч.у.}} = S_{ABCD} + S_{EFGH} .$$

При симметричном переходе $S_{ABCD} = S_{EFGH}$, т.е. $S_{\text{ч.у.}} = 2S_{ABCD}$,

где $S_{ABCD} = S_{ABKD} + S_{CDK}$.

Найдем площадь трапеции $ABKD$

$$S_{ABKD} = \frac{DK + AB}{2} \cdot MD .$$

В данной трапеции: $DK = m - A/2$, $AB = m$; высота трапеции

$$MD = \frac{1}{2} A \cdot \text{ctg} \varphi .$$

Произведя ряд преобразований, площадь трапеции вычисляем по формуле

$$S_{ADKB} = \frac{1}{4} \left(2m - \frac{A}{2} \right) A \cdot \text{ctg} \varphi .$$

Площадь треугольника DKC вычислим как

$$S_{DKC} = \frac{1}{2} DK^2 \text{ctg} \beta = \frac{1}{2} \left(m - \frac{A}{2} \right)^2 \text{ctg} \beta .$$

Таким образом, при симметричной схеме перехода и амплитуде больше мощности угольного пласта, площадь добываемого чистого угля будет определяться по формуле

$$S_{\text{ч.у.}} = 2 \cdot (S_{ADKB} + S_{DKC}) = \left(mA - \frac{A^2}{4} \right) (\text{ctg} \varphi - \text{ctg} \beta) + m^2 \text{ctg} \beta . \quad (3.4)$$

При рассмотрении схем перехода необходимо принимать во внимание поворотно-ступенчатую форму перехода, которую приобретают соответственно почва и кровля лавы на участке перегиба комплекса. Поэтому в формуле (3.4) необходимо учитывать площади ступенек в кровле и почве пласта (рис. 3.3).

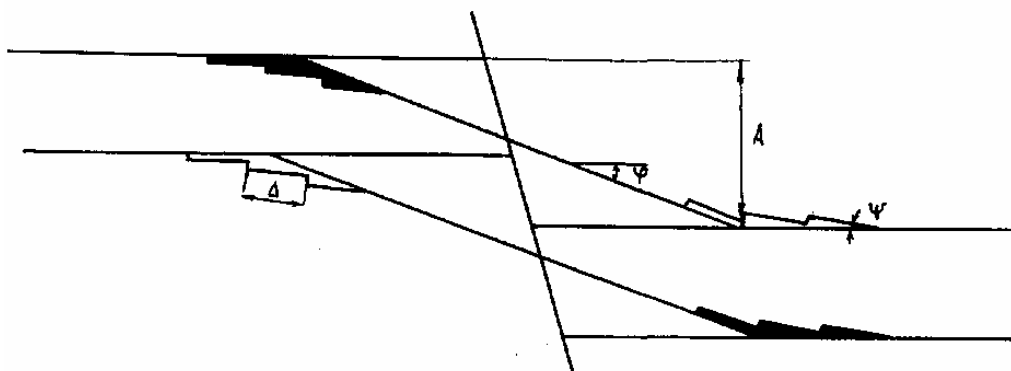


Рис. 3.3. Схема к определению площади выемки угля с учетом поворотно-ступенчатой формы перехода нарушения

Механизированный комплекс, при переходе с одного крыла нарушения на другое, движется по волнообразной траектории, что в рассматриваемых схемах не учитывается.

Площадь одной ступеньки вычислим по формуле

$$S_{cm} = \frac{1}{4} \cdot \Delta^2 \cdot \sin 2\Psi .$$

Площадь ступенек при движении по выпуклости будет идентична площади ступенек при движении по вогнутой траектории. Поэтому площадь угля, добываемого при движении комбайна по выпуклости и по вогнутости определим как

$$S_{cm} = \frac{1}{2} \cdot n \cdot \Delta^2 \cdot \sin 2\Psi ,$$

где n – количество полос выемки угля и породы при движении секций по выпуклости или вогнутости.

Общая добыча чистого угля при симметричной схеме перехода и амплитуде больше мощности угольного пласта определяется из выражения

$$S_{\text{общ}} = (mA - \frac{A^2}{4})(ctg\varphi - ctg\beta) + m^2 ctg\beta - \frac{1}{2} n\Delta^2 \sin 2\Psi .$$

Объем добычи угля в зоне перехода определяем как

$$Q = S_{\text{ч.у}} B \gamma ctg \lambda ,$$

где B – подвигание очистного забоя, м;

λ – угол встречи лавой нарушения;

γ – объемный вес угля, т/м³.

Окончательно, для принятой схемы перехода имеем

$$Q = B\gamma((mA - \frac{A^2}{4})(ctg\varphi - ctg\beta) + m^2 ctg\beta - \frac{1}{2} n\Delta^2 \sin 2\Psi) ctg\lambda \quad (3.5)$$

При мощности угольного пласта меньше стратиграфической амплитуды смещения крыльев дизъюнктива и присечке в обоих крыльях нарушения (рис. 3.4), рассуждая аналогичным образом, площадь выемки чистого угля с учетом волнообразного перемещения через нарушенную зону, найдем из следующего выражения

$$S_{\text{ч.у}} = (mA - \frac{A^2}{4})(ctg\varphi - ctg\beta) + m^2 ctg\beta - \frac{1}{2} n\Delta^2 \sin 2\Psi .$$

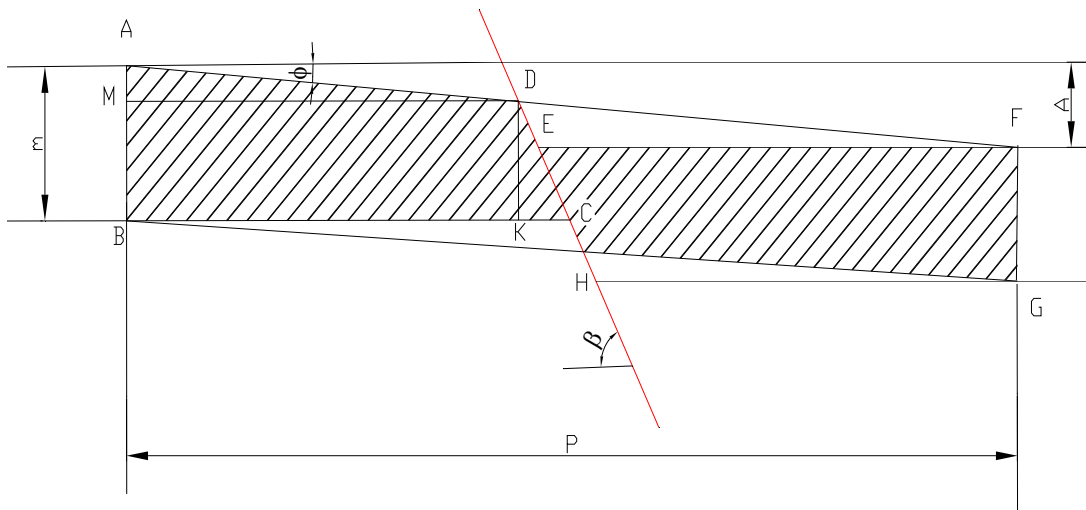


Рис. 3.4. Схема к определению площади выемки угля при $A < t$ и двусторонней схеме перехода нарушения

Таким образом, при симметричной схеме перехода нарушения объем добычи угля не зависит от соотношения мощности угольного пласта и стратиграфической амплитуды смещения крыльев дизъюнктива и вычисляется по формуле (3.5).

При переходе нарушения с амплитудой меньше мощности пласта и присечкой в одном крыле площадь добываемого чистого угля будет равняться площади четырехугольника $ABCD$ (рис. 3.5)

$$S_{ABCD} = S_{EBCF} + S_{AEF}.$$

Площадь трапеции $EBCF$ в общем виде найдем по формуле

$$S_{EBCF} = \frac{EF + DC}{2} \cdot FK$$

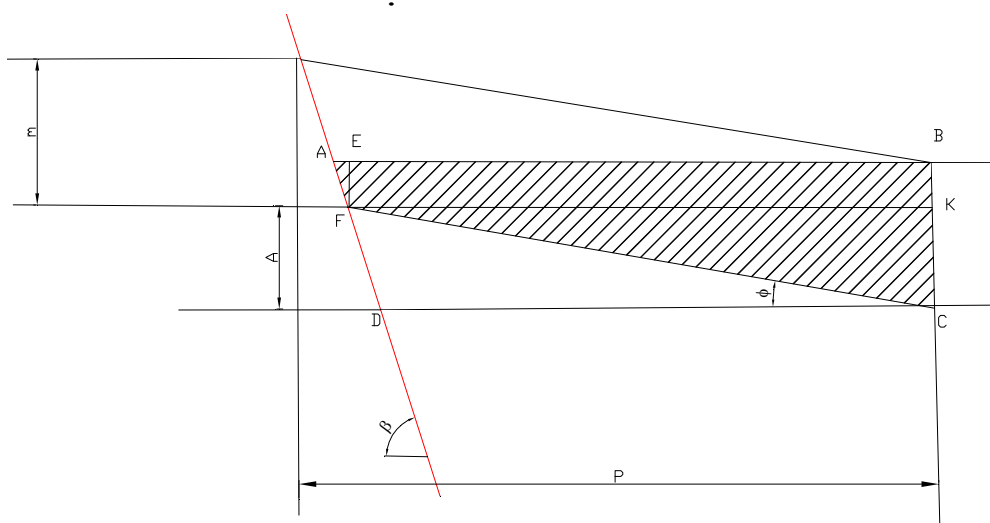


Рис. 3.5. Схема к определению площади выемки угля при $A < t$ и односторонней схеме перехода нарушения

В данной трапеции $BC=m$; $FE=m-A$; $FK=A \operatorname{ctg} \varphi$.

Таким образом, площадь трапеции вычисляется как

$$S_{TFCB} = \frac{1}{2} \cdot (2m - A) \cdot A \cdot \operatorname{ctg} \varphi$$

Площадь треугольника АЕF определим из выражения

$$S_{AEF} = \frac{1}{2} \cdot EF^2 \operatorname{ctg} \beta = \frac{1}{2} \cdot (m - A)^2 \operatorname{ctg} \beta$$

Окончательно, S_{ABCF} равняется

$$S_{ABCF} = \frac{1}{2} [(\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{ctg} \beta)(2mA - A^2) + m^2 \operatorname{ctg} \beta]$$

Общий объем добываемого угля с нарушенного участка с учетом угла встречи нарушения лавой и волнообразного перемещения через нарушенную зону вычислим по формуле

$$Q = \frac{1}{2} B \cdot \gamma \cdot \operatorname{ctg} \lambda \cdot \left[(\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{ctg} \beta)(2mA - A^2) + m^2 \operatorname{ctg} \beta - \frac{1}{4} n \Delta^2 \sin 2\Psi \right]$$

(3.6)

Если амплитуда нарушения больше мощности пласта, а переход нарушения осуществляется по односторонней схеме (рис. 3.6), площадь угля будет зависеть от полезной мощности и общего угла изменения наклона секций крепи

$$S = \frac{1}{2} m^2 \cdot \operatorname{ctg} \varphi$$

Общий объем добываемого угля при переходе дизъюнктива, с учетом угла встречи нарушения лавой и площади ступенек в кровле лавы на участке перегиба комплекса вычислим по формуле

$$Q = \frac{1}{2} \cdot B \gamma (m^2 \operatorname{ctg} \varphi - \frac{1}{4} \Delta^2 n \sin 2\Psi) \cdot \operatorname{ctg} \lambda \quad (3.7)$$

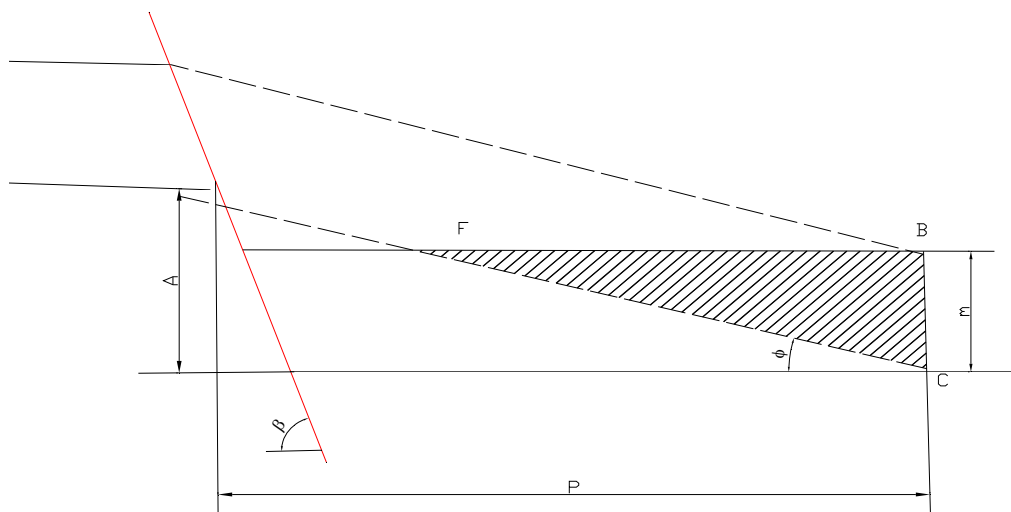


Рис. 3.6. Схема к определению площади выемки угля при $A > m$ и односторонней схеме перехода нарушения

Анализ выражений (3.5, 3.6, 3.7) показал, что на общий объем добываемого угля при переходе дизъюнктива оказывает влияние мощность угольного пласта, стратиграфическая амплитуда смещения крыльев дизъюнктива, протяженность зоны нарушенных пород, угол встречи лавой нарушения, общий угол изменения наклона секций крепи при перемещении с одного крыла на другое, объемный вес угля. Параметры m , γ , β , A являются природными условиями и не зависят от деятельности человека. Величины B , λ , φ – являются результатом планирования горных работ и технических условий эксплуатации механизированного комплекса.

Большинство параметров (B , m , γ , β), оказывающих влияние на объем добычи угля определены достаточно точно и варьирование их значений контролируется на горном предприятии маркшейдерской и геологической службами. Параметры A и λ в процессе отработки нарушенного участка существенно изменяют свои значения. Определение этих параметров вызывает затруднения, поскольку требует неоднократного проведения дополнительных инструментальных замеров. Недостаточно точное определение этих параметров является основными факторами, предопределяющими ошибку определения объема добычи угля на основании маркшейдерских замеров.

Поэтому, погрешность определения объема добычи угля будет являться функцией от стратиграфической амплитуды смещения

крыльев дизъюнктива и угла встречи лавой нарушения, т.е. $m_Q = f(A, \lambda)$

В общем виде погрешность определения объема добычи угля вследствие изменения амплитуды нарушения вдоль его протяженности и невыдержанности угла встречи очистным забоем плоскости сместителя будет равна

$$m_Q = \sqrt{\left(\frac{\partial Q}{\partial A}\right)^2 \cdot m_A^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial \lambda}\right)^2 \cdot m_\lambda^2}$$

Найдем производные $\frac{\partial Q}{\partial A}$ и $\frac{\partial Q}{\partial \lambda}$ для каждого выражения (3.5, 3.6, 3.7) получим ошибку определения объема добычи угля.

Результаты определения погрешности объема добываемого угля для каждой схемы перехода лавой нарушенной зоны представлены в табл. 3.1.

В полученных выражениях m_A и m_λ являются среднеквадратическими ошибками определения амплитуды и угла встречи нарушения очистным забоем. Ошибки эти ранее не исследовались, поэтому для определения численных значений среднеквадратических ошибок амплитуды и угла встречи нарушения очистным забоем необходимо произвести дополнительные исследования.

3.4. Определение ошибки угла встречи нарушения очистным забоем

Исследование изменчивости угла встречи нарушения очистным забоем включало в себя анализ документов маркшейдерской и геологической служб шахт, а также непосредственные визуальные и инструментальные замеры в очистных забоях шахт Западного Донбасса.

Наблюдения проводились за 8 сместителями в условиях шахт “Днепровская”, “Юбилейная”, им. Героев Космоса ПАО “ДТЭК Павлоградуголь”. Общая протяженность исследуемых дизъюнктивов составляет около 1700 м. Отработка запасов велась без перемонтажа выемочного оборудования, т.е. при перемещении механизированного комплекса через нарушенную зону. Замеры производились через 7-10 дней в зависимости от скорости подвигания лавы.

Таблица 3.1

Погрешность определения объема чистого угля в зависимости от схемы перехода лавой нарушенной зоны и соотношения мощности пласта и амплитуды дизъюнктива

Схема перехода	Соотнош A и m	Погрешность определения объема добычи угля
Присечка в обоих крыльях	$A < m$	$m_o = \pm \frac{B\gamma m}{\sin \lambda} \sqrt{\left[\cos \lambda (ctg \varphi - ctg \beta) \left(1 - \frac{A}{2m}\right) \right]^2 m_a^2 + \frac{1}{\sin^2 \lambda} \left[(ctg \varphi - ctg \beta) \left(A - \frac{A^2}{4m}\right) + (mctg \beta - \frac{0,01n}{m}) \right]^2 m_\lambda^2}$
	$A > m$	
Присечка в одном крыле	$A < m$	$m_o = \pm \frac{B\gamma m}{2 \sin \lambda} \sqrt{\left[\cos \lambda (ctg \varphi - ctg \beta) \left(2A - \frac{A^2}{m}\right) \right]^2 m_a^2 + \frac{1}{\sin^2 \lambda} \left[(ctg \varphi - ctg \beta) \left(2A - \frac{A^2}{m}\right) + mctg \beta - \frac{0,002n}{4} \right]^2 m_\lambda^2}$
	$A > m$	

Зарисовки привязывались к секциям крепи. Контроль за положением комплекса осуществлялся относительно стенок выемочных штреков и маркшейдерских точек. Неконтролируемой осталась криволинейность забоя лавы. Но влияние ее на форму линии скрещения можно считать незначительным, так как период колебаний линии забоя намного меньше волнистости плоскости сместителя.

На плоскость, параллельную плоскости пласта, в масштабе 1:500 наносились положения точек пересечения плоскостей забоя лавы, почвы пласта и сместителя. Затем все они соединялись плавной кривой. Полученное изображение в плане будет являться линией скрещения плоскости сместителя с пластом.

Так при ведении работ в 572-й лаве ш. “Юбилейная” было встречено 3 разрывные нарушения, стратиграфическая амплитуда первого изменялась от 3,4 м до 0,49 м, второго от 0,12 м до 2,65 м и третьего от 0,6 м до 0,15 м. Длина 572-й лавы 200 м, длина выемочного столба 1630 м, способ управления кровлей – полное обрушение. Угольный пласт имеет простое строение. Средняя мощность пласта 0,97 м, вынимаемая мощность 1,1 м. Угол падения пласта 3-4 градуса. Лава оборудована механизированным комплексом КД-80 с двумя комбайнами 1К101У и скребковым конвейером СП-202. Выемка угля – безнишевая по односторонней схеме. Отработку запасов производили без демонтажа выемочного оборудования по разработанным схемам перехода дизъюнктива. А так как наблюдать за изменчивостью угла встречи забоем плоскости сместителя удобнее всего проводить при переходе лавой нарушения, то 572-я лава была выбрана нами в качестве экспериментальной.

В результате наблюдений за распространением линии скрещения плоскостей забоя лавы, почвы пласта и сместителя установлено, что форма ее носит случайный характер и представлена волнистой линией (рис. 3.7).

Данные, полученные на основании наблюдений, не противоречат теории образования разрывных нарушений, разработанной М.В. Гзовским [67]. Им были рассмотрены два вида волнистости: синусоидальная и гирляндовидная. Синусоидальная форма объяснялась им как следствие объединения мелких разрывов различного направления.

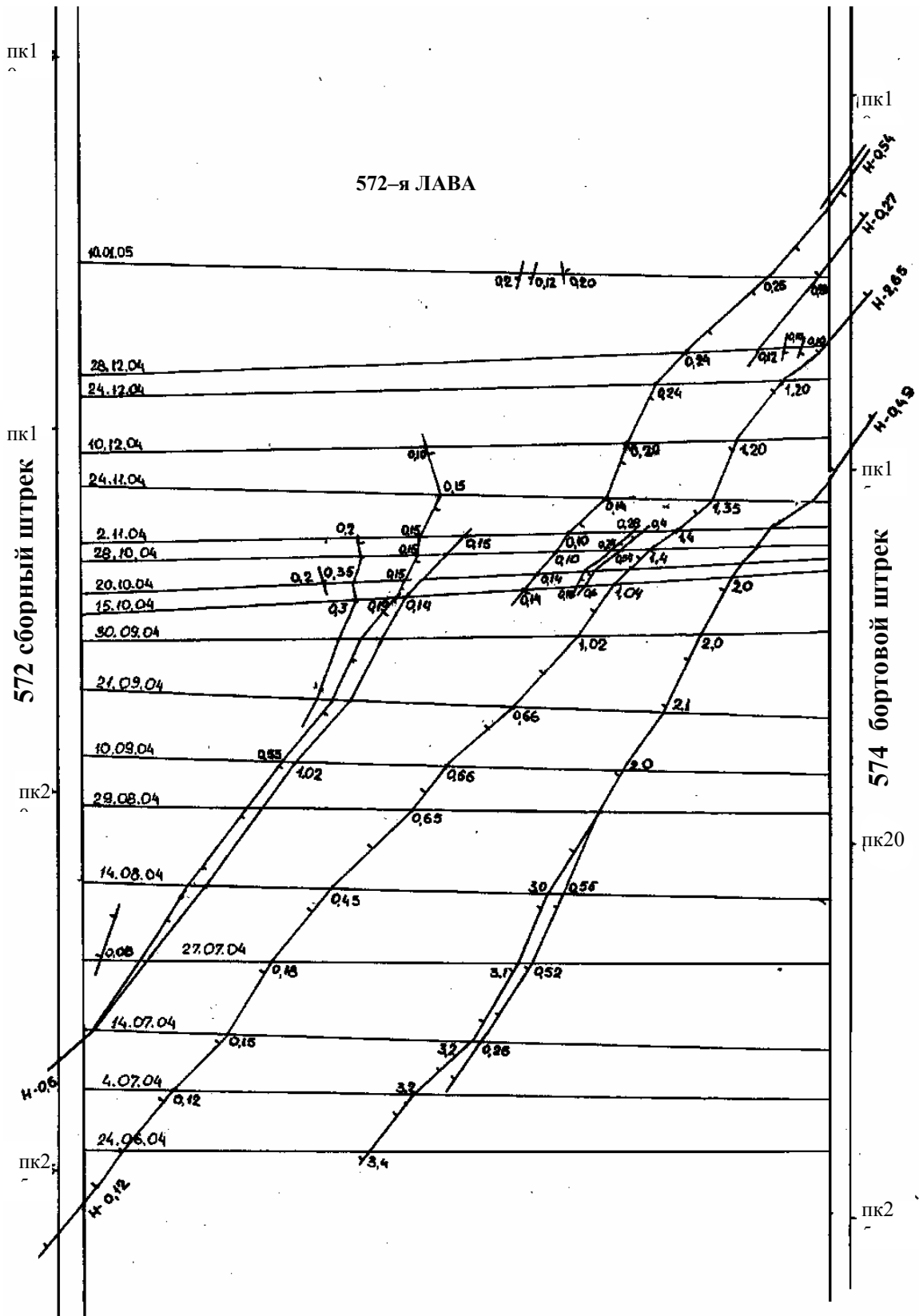


Рис. 3.7. Линия скрещения плоскости сместителя с пластом в 572-й лаве ш. "Юбилейная"

Полученные результаты хорошо согласуются с данной гипотезой, так как в процессе обработки было встречено большое количество разнонаправленных мелкоамплитудных нарушений, опережающих основные сбросы.

Для получения количественной оценки изменчивости угла встречи строился график, на котором по оси абсцисс откладывались расстояния вдоль линии скрещения плоскости сместителя с пластом. Начальной точкой считалась точка подсечения нарушения подготовительной выработкой, за конечную точку принималась точка, соответствующая окончанию перехода механизированным комплексом нарушения. По оси ординат откладывались значения угла встречи очистным забоем плоскости сместителя. Полученные точки соединялись плавной кривой. Графики изменения углов встречи очистными забоями всех исследуемых разрывных нарушений представлены на рис. 3.8. Ось абсцисс разбивалась на равномерные участки, длина которых соответствовала ширине выемочной полосы и составляла 0,8 м. В каждой точке графически определялось значение угла встречи очистным забоем плоскости сместителя. Далее определялось среднее взвешенное значение исследуемого параметра для данного участка дизъюнктива.

Фактические значения углов встречи очистными забоями разрывных нарушений лавами № 1023, 102, 805 и 1005 ш. “Днепровская” и их средние квадратические отклонения от теоретической линии регрессии представлены в таблице 3.2.

Из анализа данных таблицы следует, что среднее квадратическое отклонение фактического угла встречи очистным забоем плоскости сместителя от линии флуктуации не зависит ни от значения самого угла, ни от протяженности дизъюнктива. Поэтому за величину изменчивости угла встречи очистным забоем плоскости сместителя разрывного нарушения принимается среднее арифметическое значение полученных значений. Для условий Западного Донбасса данный параметр принимаем равным $\pm 10^\circ$.

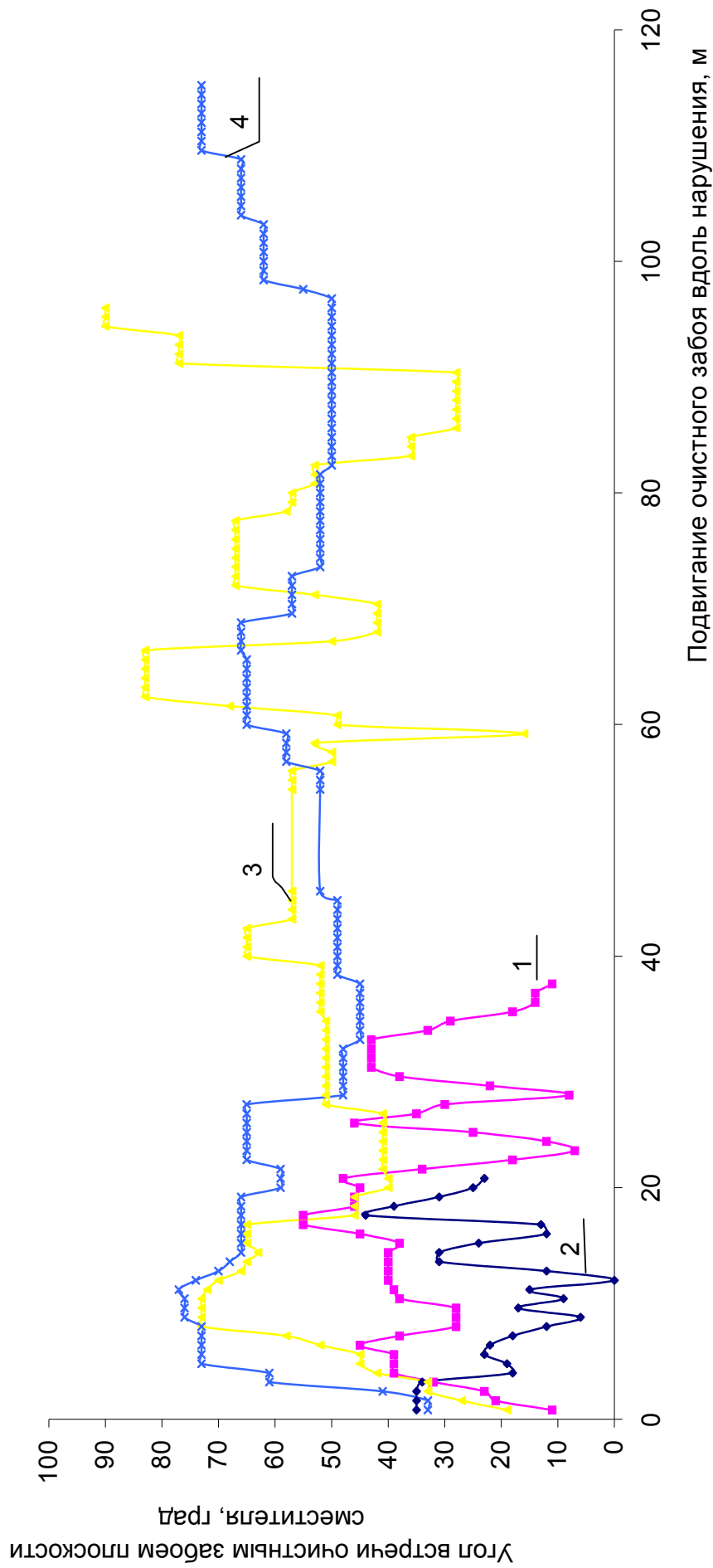


Рис. 3.8. Углы встречи разрывного нарушения очистными забоями ш. “Днепровская”:

- 1 – 805 лава;
- 2 – 102 лава;
- 3 – 1023 лава;
- 4 – 1005 лава.

Таблица 3.2

Изменчивость угла встречи очистного забоя и плоскости сместителя разрывного нарушения.

Шахта	Лава	λ_{cp} , град	m_{λ} , град	Протяженнос ть нарушенного участка, м
1. “Днепровская”	102	22,3	$\pm 11,1$	120
2. “Днепровская”	805	33	$\pm 12,6$	180
3. “Днепровская”	1023	54,4	$\pm 12,1$	125
4. “Днепровская”	1005	58,7	$\pm 9,7$	145
5. Им. Героев Космоса	1164	56,5	$\pm 10,9$	305
6. “Юбилейная”	572 (1)	54,2	$\pm 6,9$	335
7. “Юбилейная”	572 (2)	50,3	$\pm 6,4$	330
8. “Юбилейная”	572 (3)	55,1	$\pm 7,3$	340
Среднее			$\pm 10,0$	

3.5. Определение изменчивости стратиграфической амплитуды дизъюнктива

Планировать добычу угля и возможные потери в недрах при переходе очистным забоем разрывного нарушения можно только зная, как изменяется амплитуда по мере подвигания очистного забоя. Поскольку достоверно эти сведения получить практически невозможно, то желательно оценить каким-то способом возможное значение амплитуды в пределах любого выемочного участка.

Таким образом, задача определения изменчивости амплитуды нарушения становится вероятностной, а решить ее можно, применив вероятностно-статистические методы.

В дальнейшем мы будем использовать в качестве меры изменчивости стандарт σ , т.к. во-первых, он выражается в тех же единицах измерения, что и исследуемая величина; во-вторых, его эффективность подтверждается широким использованием в самых разных областях; в-третьих, стандарт, являясь в отличие от других мер изменчивости, статистической категорией, легко вписывается в

вероятностно-статистический аппарат, что сообразуется с характером нашей задачи и возможным способом ее решения.

Исходными данными для оценки изменчивости амплитуды нарушения послужили фактические замеры величины амплитуды дизъюнктива и положения плоскости сместителя в пределах выемочных участков шахт ПАО “ДТЭК Павлоградуголь”.

С фактическими значениями амплитуды совмещались значения амплитуды, полученные по данным геологических прогнозов. Достоверность определения амплитуды дизъюнктива оценивалась по отклонениям прогнозных значений от фактических. За меру достоверности принималось среднее квадратическое отклонение (стандарт)

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{\sum(A_p - A_\phi)^2}{n - 1}},$$

где A_p – значение амплитуды по данным геологического прогноза, м;

A_ϕ – фактическое значение амплитуды, м;

n – количество проведенных наблюдений.

Стандарт σ_A рассчитывается для каждого очистного забоя, переходящего разрывное нарушение. Для оценки изменчивости воспользуемся статистическим методом, когда за меру изменчивости применяется стандарт, вычисленный по отклонениям отдельных значений исследуемой величины от ее среднего значения [92].

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(A_i - \bar{A})^2}{n - 1}},$$

где A_i – отдельные значения величины амплитуды разрывного нарушения;

\bar{A} – среднее значение амплитуды разрывного нарушения;

n – количество проведенных наблюдений.

Существенный недостаток этого способа в том, что стандартом, как мерой изменчивости определяются не только случайные колебания изучаемой величины, но и закономерное, неслучайное ее изменение. Этот недостаток представляется возможным устранить, если вычислять стандарт по отклонениям не от среднего значения, а по отклонениям ординат фактической (эмпирической) кривой от ординат теоретической кривой, аппроксимирующей закономерное изменение исследуемой величины. В качестве аппроксимирующих

применяются самые разные функции. Выбор их вида зависит от эмпирической кривой.

Во всех исследуемых случаях применяется эмпирическая кривая, близкая к прямой и аппроксимирующаяся уравнением вида $f_a = ax + b$ параметры a и b этого уравнения определяются для каждого отдельного случая способом наименьших квадратов [93].

Все наблюдения за изменчивостью амплитуды дизъюнктива проводились при перемещении механизированного комплекса через нарушенную зону. Для съемки геометрических элементов нарушений применялись маркшейдерские инструменты. По описанной выше методике строилась в плане линия скрещения плоскости сместителя с пластом (рис. 3.9).

Амплитуда нарушения фиксировалась во время каждого замера и выносилась на план. Далее строился график, на котором по оси абсцисс откладывались расстояния вдоль линии скрещения плоскости сместителя с пластом от точки подсечения нарушения подготовительной выработкой до окончания перехода дизъюнктива, а по оси ординат – значения стратиграфической амплитуды смещения крыльев нарушения (рис. 3.10).

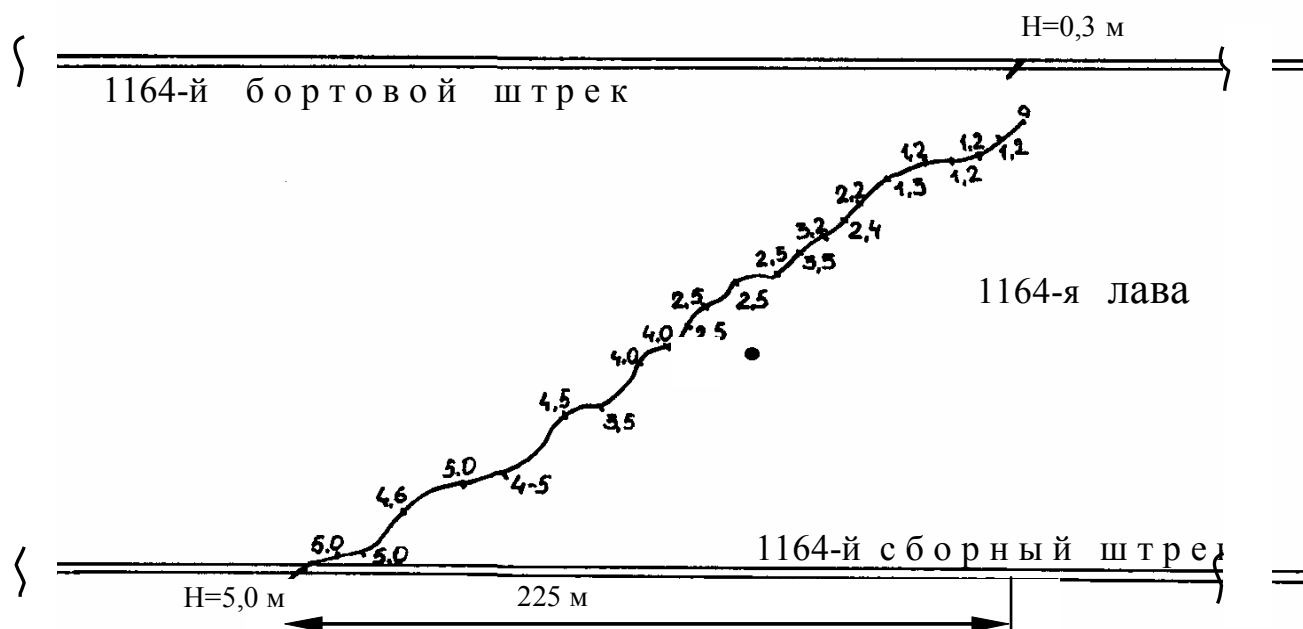


Рис. 3.9. Линия скрещения плоскости сместителя с пластом в 1164-й лаве шахты им. Героев Космоса

3.5.1. Исследование характера изменения амплитуды вдоль простирания нарушения

Данные наблюдений за изменением амплитуды дизъюнктива вдоль его простирания свидетельствуют о том, что изучаемые показатели группируются в определенные зоны, что хорошо согласуется с теорией М.В. Гзовского о скачкообразном увеличении амплитуды разрыва по его простиранию [67].

Так при проведении исследований в 1164-й лаве шахты им Героев Космоса (рис. 3.10) было установлено, что на участке протяженностью до 75 м амплитуда нарушения колеблется в пределах 1,2–1,3 м.

На следующих 75 м происходит скачок амплитуды на величину 1,2–1,3 м и амплитуда колеблется в пределах 2,4–2,6 м. Далее происходит скачок амплитуды уже на 2 м и она в среднем составляет 4,5 м. Величина скачков амплитуды сопоставима между собой.

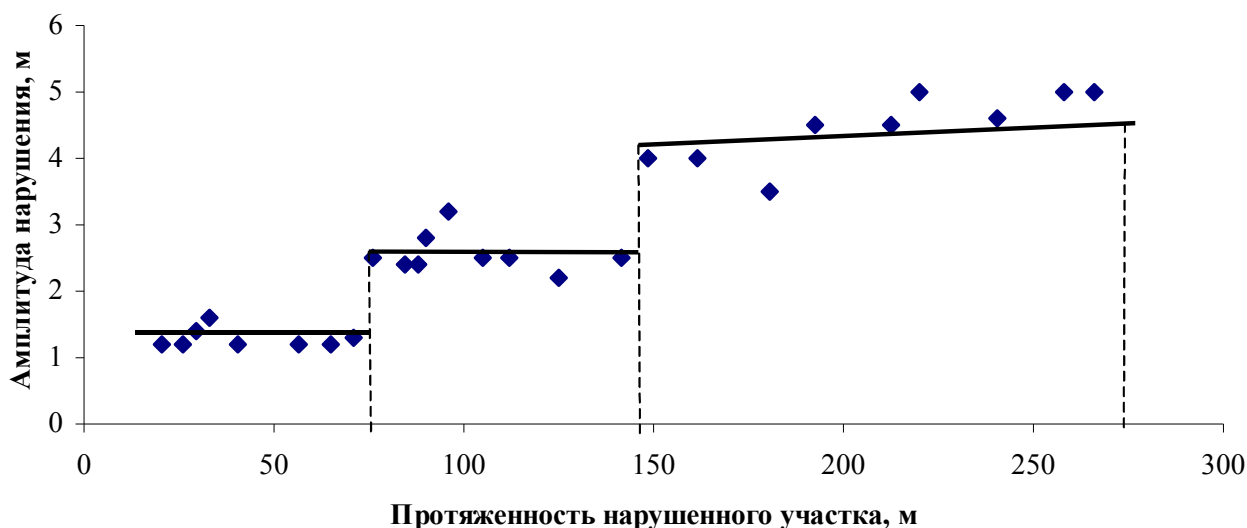


Рис. 3.10. Характер изменения амплитуды дизъюнктива вдоль его протяженности в 1164-й лаве шахты им. Героев Космоса

Таким образом, участки нарушения протяженностью от 0 до 75 м, от 75 до 150 м, от 150 до 270 м можно рассматривать как образовавшиеся на первой стадии субпараллельные одиночные трещины. На второй стадии эти отдельные трещины объединились в

одну плоскость, которая вследствие этого объединения имеет волнистую форму, что наглядно продемонстрировано на рис. 3.9. Затем следовало увеличение амплитуды в одной плоскости сместителя и смещение крыльев нарушения. На третьем этапе происходит образование сопутствующих плоскости сместителя трещин. В процессе отработки была встречена серия трещин, оперяющих сброс, с амплитудой смещения 0,3–1,2 м и углом плоскости сместителя 70–90°.

В данном случае горными работами оконтурена краевая зона эпюры сместителя с тремя четко выраженными зонами, границы которых на рис. 3.10 показаны пунктиром. Для каждой зоны определены математическое ожидание амплитуды смещения крыльев сместителя и ее среднее квадратическое отклонение (m_A). Для зоны протяженностью от 0 до 75 м, математическое ожидание амплитуды смещения крыльев сместителя составляет 1,29 м, а среднее квадратическое отклонение составит $\pm 0,14$ м; для зоны от 75 до 150 м, математическое ожидание амплитуды нарушения составляет 2,63 м, $m_A = \pm 0,3$ м; для зоны от 150 до 270 м эти параметры равны соответственно 4,45 м, $\pm 0,44$ м.

Как видно, значения среднего квадратического отклонения m_A всех трех зон являются соизмеримыми с перспективой увеличения. Устойчивое значение амплитуды в первой зоне, и как следствие этого небольшое значение m_A ее показателей говорит о затухании горизонтальных напряжений в краевой части эпюры сместителя, что вполне логично.

Исследовать изменчивость амплитуды дизъюнктива и дать оценку точности этой изменчивости стало возможным только лишь после проведения серии натуральных инструментальных измерений. Однако, при подсечении дизъюнктива подготовительными выработками определить протяженность и величину скачка амплитуды нарушения не всегда представляется возможным. Поэтому для прогноза возможного значения амплитуды в краевой части эпюры сместителя воспользуемся теоретической линией регрессии (рис. 3.11).

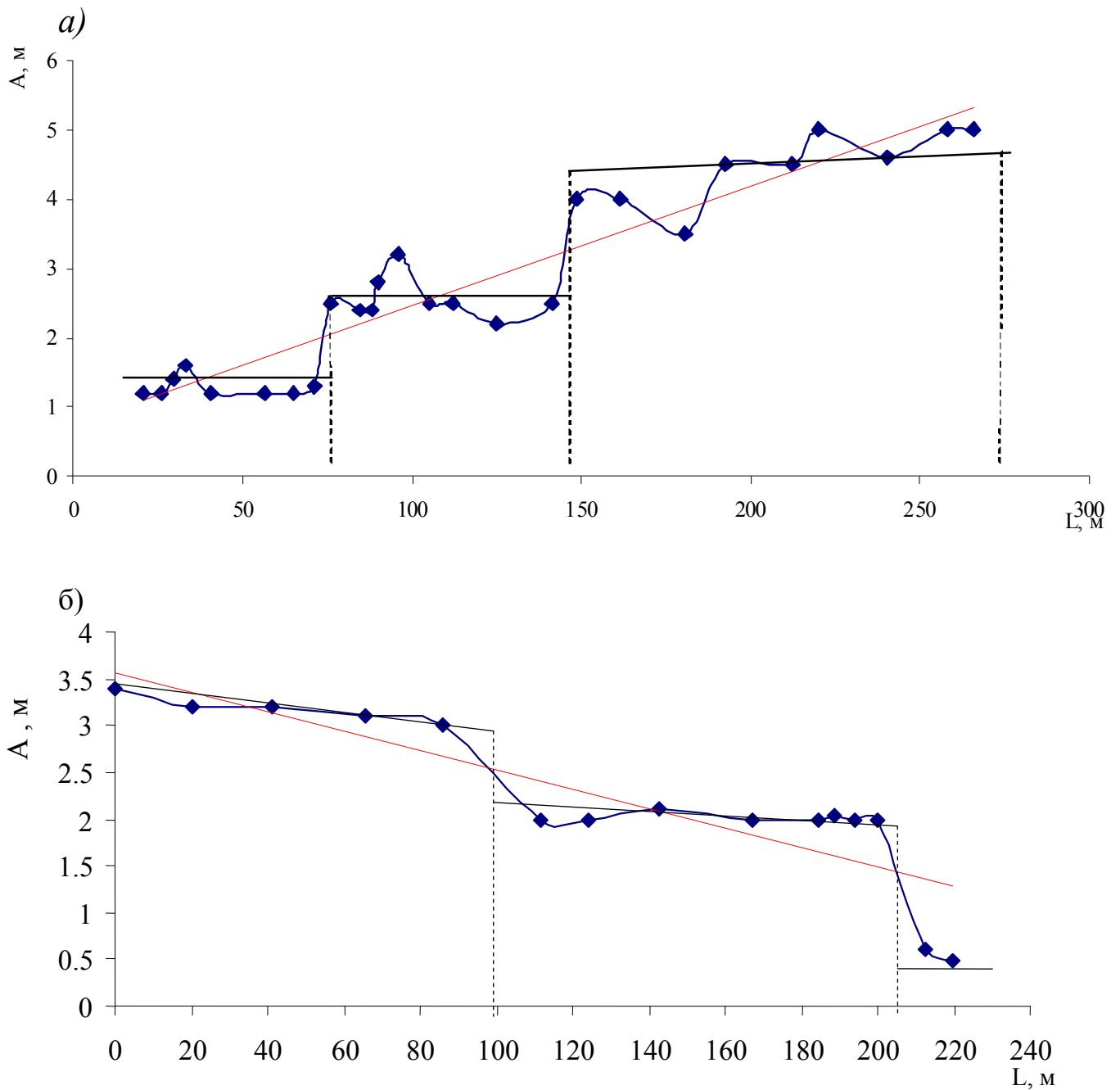


Рис. 3.11. Характер изменения амплитуды дизъюнктива вдоль его простирания в 1164-й лаве ш. им. Героев Космоса (а) и 572-й лаве шахты Юбилейная (б). A – амплитуда нарушения, м; L – протяженность нарушения, м; ———— — теоретическая линия регрессии.

Обработав полученные данные по каждому дизъюнктиву на ЭВМ по стандартной программе линейной корреляции и, усреднив результаты по всем исследуемым нарушениям, получаем зависимость

амплитуды нарушения от протяженности нарушенного участка, которая для условий Западного Донбасса описывается уравнением

$$A = 0,018L + k, \text{ м}$$

где A – стратиграфическая амплитуда нарушения, м;

L – протяженность нарушенного участка, м;

k – начальная (конечная) величина амплитуды в зоне затухания дизъюнктива, м.

Коэффициент корреляции $r = 0,93$. Проведенная оценка точности показывает, что среднее квадратическое отклонение от теоретической линии регрессии составит $m_A = \pm 0,53$ м;

Полученная формула является соизмеримой с формулой, полученной в [95], однако описывает физический смысл происходящих при образовании дизъюнктива скачков амплитуды смещения крыльев. Аналогично выполнив анализ по лавам № 1023, 805, 1005 шахты “Днепровская”, получены результаты, подтверждающие ступенчатое изменение амплитуды.

Можно сделать вывод, что для условий Западного Донбасса амплитуда тектонического нарушения возникает не с нулевого значения, а скачкообразно с показателями 0,3-0,5 м. Полученная зависимость амплитуды дизъюнктива от его протяженности дает возможность прогнозировать амплитуду смещения крыльев дизъюнктива в зоне затухания. Ее необходимо применять при планировании горных работ и оценке точности маркшейдерского учета добычи угля из очистного забоя при переходе разрывного нарушения.

3.5.2. Определение изменчивости амплитуды по простиранию нарушения

Изучение изменчивости амплитуды было произведено на шахтах ПАО “ДТЭК Павлоградуголь” в лавах, работавших в области краевых частей разрывного нарушения [94]. Изучались зоны затухания 8 дизъюнктивов в очистных забоях шахт “Днепровская”, им Героев Космоса, “Юбилейная”. Общая протяженность исследуемых дизъюнктивов составляет 1700 м. Все наблюдения независимы друг от друга и носят случайный характер, поэтому каждый сместитель изучался отдельно.

Экспериментальные лавы подбираются так, чтобы средневзвешенные значения амплитуды в них варьировало в пределах 0,5-3,2 м. Таким образом, выбранные нарушения являются представительными для региона Западного Донбасса и являются переходимыми механизированными комплексами без перемонтажа выемочного оборудования.

Для оценки изменчивости полученные точки на графике (рис. 3.11) соединялись плавной кривой. Ось абсцисс разбивалась на равномерные участки, длина которых соответствовала ширине трех выемочных полос и составляла 2,4 м. В каждой точке графически определялось значение амплитуды. Вычисляются параметры a и b аппроксимирующей прямой $A = aL + b$.

В тех же точках, т.е. через 2,4 м, воспользовавшись уравнением теоретической линии регрессии, рассчитывалось теоретическое значение амплитуды. Полученное графически значение амплитуды сравнивалось с расчетным.

В табл. 3.3, в соответствии с изложенной ранее методикой оценки изменчивости амплитуды, приведены результаты вычисления значений мер изменчивости σ по всем исследуемым нарушениям.

Чтобы выработать рекомендации по практическому использованию результатов оценки изменчивости, проанализируем полученные значения стандартов. Анализ полученных данных позволяет утверждать, что величина изменчивости стратиграфической амплитуды крыльев разрывного нарушения находится в линейной зависимости от величины средневзвешенного значения стратиграфической амплитуды (рис. 3.12).

Таблица 3.3

Значение параметров a и b аппроксимирующей прямой и величина изменчивости m_a

Шахта	Лава	Параметры линейного уравнения		Коэф коррел. r	m_a
		a	b		
“Днепровская”	1023	0,0058	0,2268	0,78	0,1
“Днепровская”	805	0,0142	0,7938	0,7	0,34
“Днепровская”	1005	0,015	0,963	0,65	0,23
“Юбилейная”	572(1)	-0,0105	3,572	0,88	0,28
“Юбилейная”	572(2)	0,0058	-0,1311	0,89	0,14
“Юбилейная”	572(3)	-0,0032	0,9074	0,51	0,2
им. Героев Космоса	1164	0,0171	0,753	0,94	0,46
“Юбилейная”	572(4)	0,0025	0,0814	0,88	0,12

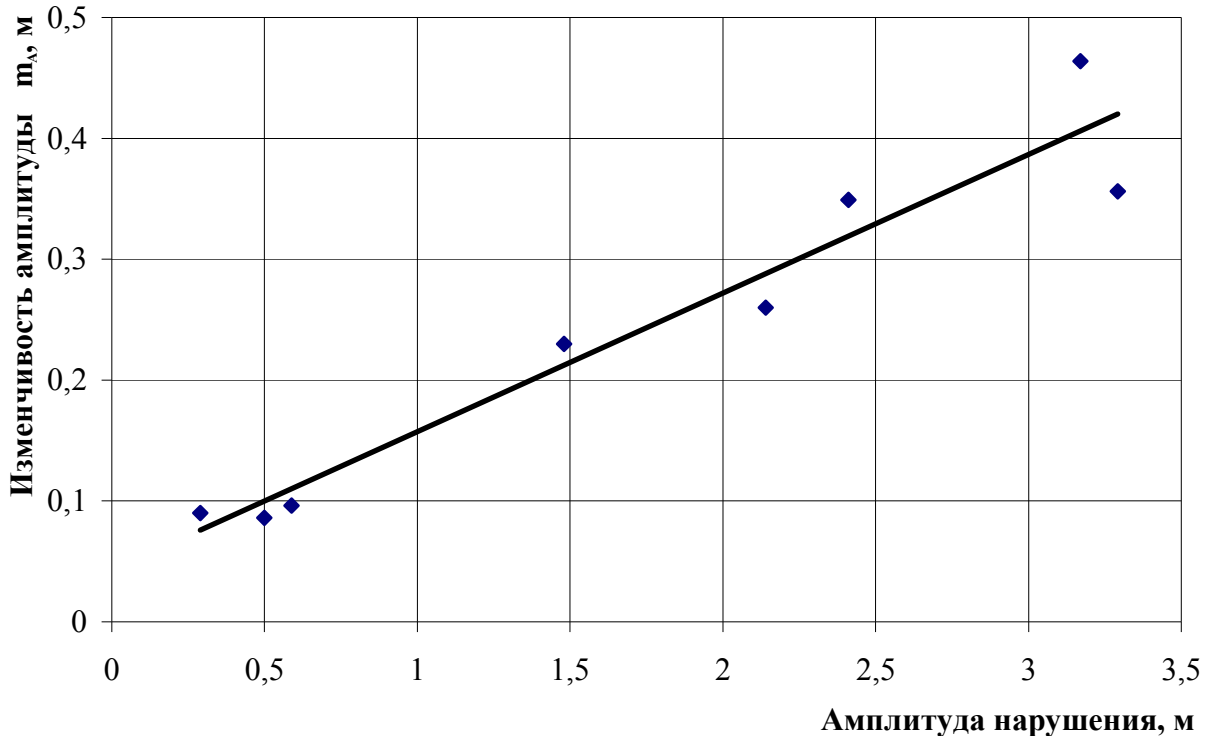


Рис. 3.12. График изменчивости амплитуды дизъюнктива

Аппроксимацией экспериментальных данных получена зависимость для определения величины изменчивости стратиграфической амплитуды крыльев разрывного нарушения, которая описывается формулой

$$m_a = 0,11A + 0,05. \quad (3.8)$$

Коэффициент корреляции $r=0,91$.

3.6. Погрешность маркшейдерского учета добычи угля при переходе разрывных нарушений

Как следует из раздела 3.2 погрешность определения объема добычи угля будет являться функцией от стратиграфической амплитуды смещения крыльев дизъюнктива и угла встречи лавой нарушения, т.е. $m_Q = f(A, \lambda)$.

Если учитывать изменчивость геометрических параметров нарушения, а в частности, изменчивость амплитуды нарушения и изменчивость угла встречи нарушения лавой, то представляется возможным определить значение погрешности определения объемов добычи чистого угля по маркшейдерским замерам.

Фиксируя во время замеров значение амплитуды дизъюнктива, маркшейдер может определить среднее значение амплитуды в пределах месячного подвигания добычного участка. Используя зависимость (3.8) представляется возможным определить среднее квадратическое отклонение амплитуды нарушения от величины средневзвешенного значения стратиграфической амплитуды.

Принимая за изменчивость угла встречи нарушения лавой отклонение фактического угла встречи от его среднего значения, на основании проведенных исследований, определим, что величина изменчивости угла встречи нарушения лавой составляет $\pm 10^\circ$.

Формулы, приведенные в табл. 3.1, являются громоздкими и трудно применимыми в условиях производства. Поэтому, для упрощения их использования проведены дополнительные расчеты, в которых производилось варьирование геологических параметров – стратиграфической амплитуды дизъюнктива и мощности чистого угля, а также геометрических параметров перехода нарушения – угла встречи нарушения лавой и общего угла изменения наклона секций крепи при перемещении с одного крыла на другое. В расчетах

принималось, что объемный вес угля (γ) составляет 1,28 т/м³, угол падения плоскости сместителя (β) равен 80°. На основании проведенных расчетов получен коэффициент k , учитывающий погрешность определения объема добычи угля маркшейдерским замером.

С учетом коэффициента k выражения в табл. 3.1 примут обобщенный вид:

$$m_Q = \pm B \cdot \gamma \cdot t \cdot k_1 \quad (3.9)$$

$$m_Q = \pm 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot t \cdot k_2 \quad (3.10)$$

$$m_Q = \pm 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot k_3 \quad (3.11)$$

Значение коэффициентов k предлагается определять по номограммам (рис. 3.13) в зависимости от схемы перехода, стратиграфической амплитуды дизъюнктива, мощности угля, угла встречи нарушения лавой и общего угла изменения наклона секций крепи при перемещении с одного крыла на другое.

Таким образом, объем добычи угля при переходе лавой разрывного нарушения будет определяться

$$Q = Q_{мз} \pm m_Q,$$

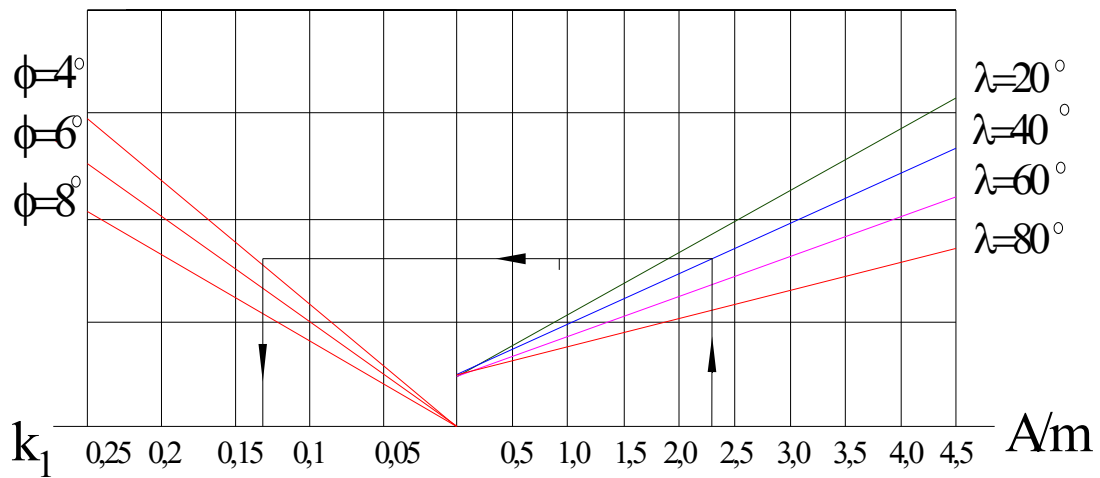
где Q – объем добычи угля при переходе лавой разрывного нарушения, т;

$Q_{мз}$ – объем добычи угля определенный маркшейдерским замером, т;

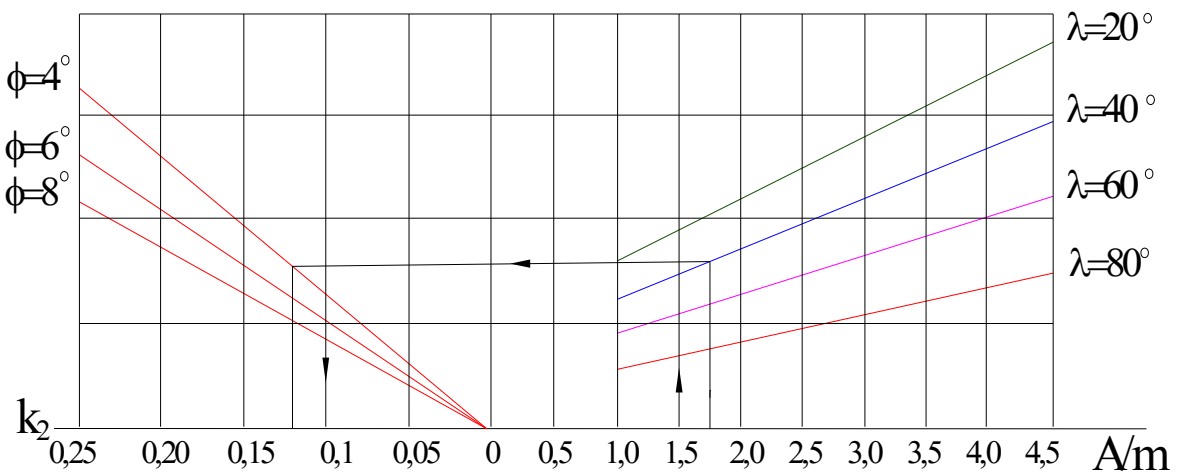
m_Q – погрешность определения объема добычи угля маркшейдерским замером.

При определении средней динамической мощности угольного пласта в зоне перехода разрывного нарушения необходимо установить периодичность замеров (P), которая в действующих нормативных документах не регламентируется. Периодичность замеров предлагается устанавливать на основании определения интенсивности изменения амплитуды нарушения (I) в пределах выемочного участка.

a)



б)



в)

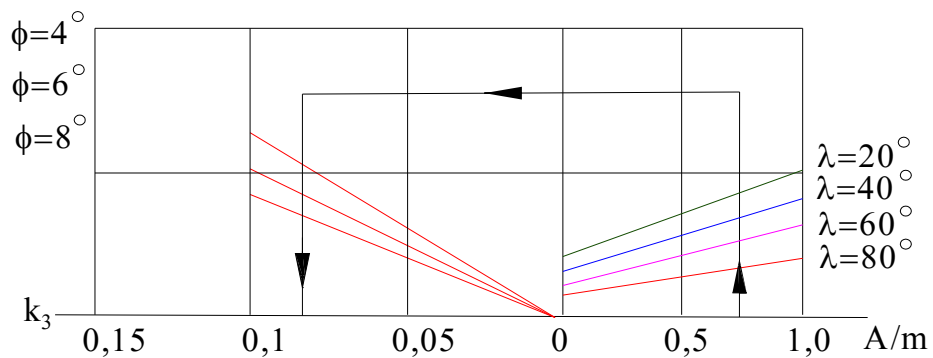


Рис. 3.13. Номограмма для определения коэффициента k :
 а) симметричная схема перехода нарушения;
 б) односторонняя схема ($A > t$);
 в) односторонняя схема ($A < t$)

По отношению разности амплитуд к размерам нарушенного участка по подвиганию возможно судить о том, насколько интенсивно изменяет свои значения амплитуда дизъюнктива в пределах конкретного выемочного участка (I). По исследуемым очистным забоям проведены соответствующие исследования, результаты которых представлены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Определение интенсивности изменения амплитуды дизъюнктива в пределах выемочного участка

Шахта	Лава	Амплитуда по штрекам, м		$\Delta A = A_1 - A_2$	Подвигание B , м	$I = \Delta A / B * 100$
		сборном u A_1	бортовом u A_2			
“Днепровская”	1023	1,0	0,4	0,6	113	0,53
“Днепровская”	805	0,8	0,14	0,66	48	1,38
“Днепровская”	1005	1,5	0,5	1	78	1,28
“Юбилейная”	572(1)	3,8	0,49	3,31	257	1,29
“Юбилейная”	572(2)	2,65	0,12	2,53	228	1,11
“Юбилейная”	572(3)	0,6	0,15	0,45	137	0,33
им. Гер Косм.	1164	5	0,4	4,6	250	1,84
“Юбилейная”	572(4)	0,54	0,14	0,4	104	0,38
“Днепровская”	102	2,8	0,7	2,1	87	2,41

На основании анализа и обработки результатов наблюдений предлагается следующая классификация для определения периодичности производства замеров мощности (табл. 3.5).

При периодичности проведения замеров мощности в соответствии с данной классификацией погрешность определения объема добычи угля маркшейдерским замерам будет соответствовать предлагаемому значению, определенному по номограммам (рис. 3.13), что позволит объективно, достаточно точно и просто определять объем добычи угля по очистному забою, переходящему разрывное нарушение.

Таблица 3.5

Периодичность проведения замеров мощности пласта в зависимости от интенсивности изменения амплитуды в пределах выемочного участка

Интенсивность изменения амплитуды	Периодичность проведения замеров мощности
0,0 – 0,5	через 25 метров подвигания
0,51 – 1,0	через 20 метров подвигания
1,01 – 1,5	через 15 метров подвигания
1,5 и выше	через 10 метров подвигания

ВЫВОДЫ

1. Из аналитических исследований следует, что на технико-экономические показатели работы очистных забоев при переходе нарушения механизированным комплексом оказывают влияние стратиграфическая амплитуда дизъюнктива и угол встречи нарушения забоем лавы.

2. На точность маркшейдерского учета добычи угля при различных схемах перехода существенно влияет изменчивость амплитуды нарушения и изменчивость угла встречи нарушения забоем лавы.

3. В результате наблюдений за распространением линии скрещения плоскостей забоя лавы, почвы пласта и сместителя установлено, что форма ее носит случайный характер и представлена волнистой линией.

4. Среднее квадратическое отклонение фактического угла встречи очистным забоем плоскости сместителя от линии флуктуации не зависит ни от значения самого угла, ни от протяженности дизъюнктива. Установленная для условий Западного Донбасса величина изменчивости угла встречи очистным забоем плоскости сместителя разрывного нарушения составляет $\pm 10^\circ$.

5. В условиях Западного Донбасса установлено скачкообразное изменение амплитуды разрыва по его простиранию. Получена зависимость амплитуды дизъюнктива от его протяженности, которая дает возможность прогнозировать амплитуду смещения крыльев

дизъюнктива в зоне затухания и устанавливать периодичность проведения замеров.

6. Величина изменчивости стратиграфической амплитуды разрывного нарушения находится в линейной зависимости от величины самой стратиграфической амплитуды. Данная зависимость описывается формулой

$$m_a = 0,11A + 0,05.$$

Коэффициент корреляции $r=0,91$.

7. Ошибка при определении объемов добычи маркшейдерскими замерами при переходе разрывного нарушения составляет от 5 до 15% в зависимости от принятой схемы перехода нарушения, соотношения амплитуды и мощности угольного пласта и угла встречи нарушения лавой. Полученные ошибки превышают допустимые действующей инструкцией, что свидетельствует о необходимости внесения корректив в последнюю.

4. ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

4.1. Методика и точность производства инструментальной съемки лавы

При определении площади выемки, в соответствии с [19] в случаях, когда лава заметно искривлена или имеет значительную протяженность необходимо выполнять инструментальную съемку лавы. Маркшейдерская съемка лавы выполняется с целью определения размеров, формы и положения выработанного пространства относительно других горных выработок. Также в процессе съемки определяются размеры оставляемых целиков, полезная и вынимаемая мощность пласта, местоположение и характеристика тектонических нарушений, величина потерь при переходе их очистными работами.

На пологих пластах съемка лав производится путем построения съемочных сетей между пунктами теодолитных ходов откаточных и вентиляционных штреков. Вдоль забоя прокладывают угломерный или теодолитный ход с временно закрепленными пунктами. Точки хода располагают вблизи груди забоя лавы. Положение контурных точек линии забоя измеряют с точностью 0,1 м. Интервалы между измерениями устанавливают в зависимости от искривленности забоя, но не более 20 м. [19].

Горизонтальные углы измеряют одним приемом. Отсчеты по горизонтальному кругу берут до десятых долей градуса. Стороны угломерного хода измеряют железными или тесьмянными рулетками дважды. Углы наклона сторон хода измеряют дважды – в прямом и обратном направлениях. Окончательное значение находят как полусумму из двух измерений. Привязку угломерного хода на откаточном и вентиляционном штреках осуществляют непосредственным измерением угла на точках теодолитного хода [97].

Вопрос точности определения площади выработанного пространства, несмотря на его кажущуюся простоту, весьма неоднозначно трактуется различными авторами. Так в работе [98] на основании того, что параметры, определяющие площадь выработанного пространства измеряются рулеткой с точностью до 0,1 м,

устанавливается, что площадь выемки определяется с точностью 1-2%. Neubert [13], исследуя вопрос точности определения площади выработанного пространства, приходит к выводу, что ошибка определения площади является функцией месячной производительности очистного забоя и может достигать величины $\pm 8\%$.

При инструментальной съемке лавы погрешность определения площади выемки будет зависеть от ошибки маркшейдерской съемки лавы, ошибки графического построения выработанного пространства на плане, ошибки определения этой площади на плане и от ошибки определения угла падения пласта. Исследованиями [16] установлено, что перечисленные относительные погрешности составят: $\pm 0,7\%$, $\pm 0,9\%$, $\pm 0,4\%$, $\pm 1,3\%$ соответственно. Таким образом, при длине лавы 200 м и подвигании 40 м/мес, предельная ошибка определения площади выемки составит $\pm 5,4\%$ [16].

4.2. Исследование влияния формы очистного забоя на точность определения площади выемки

Точность определения добычи зависит от погрешности определения площади выработанного пространства, а она, в свою очередь, зависит от формы линии забоя. Влияние точности определения положения линии забоя на точность определения площади выемки не установлено. Для выявления степени влияния искривленности линии забоя на точность определения площади выработанного пространства проводились исследования на шахтах “Юбилейная”, им. Героев Космоса и “Благодатная” ПАО “ДТЭК Павлоградуголь” [99]. Изучение искривленности производилось по данным 16 инструментальных съемок очистных забоев (рис. 4.1).

Отклонение линии забоя от среднего следует рассматривать как случайную функцию аргумента Δd , который связан с длиной лавы. Для этого с интервалом в 5 метров определялось отклонение фактического положения линии забоя от линии, перпендикулярной сборному и бортовому штрекам. На рис.4.2 приведен ряд реализаций случайной функции линии забоя, которые получены по данным инструментальных съемок в лавах Западного Донбасса. Все наблюдения независимы друг от друга и носят случайный характер. Таким образом, в результате 16 инструментальных наблюдений за

искривленностью каждого очистного забоя мы получим сумму случайных функций.

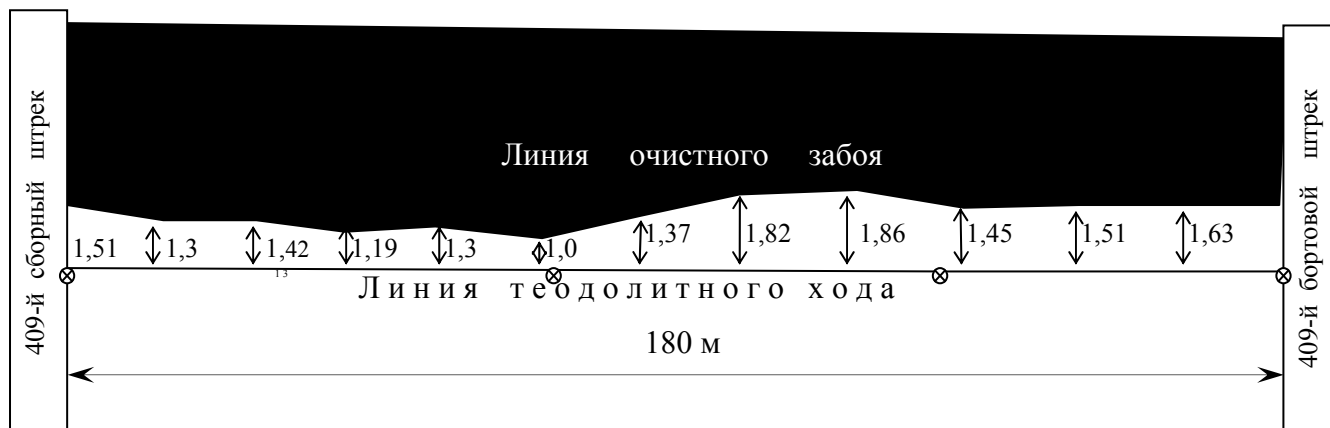


Рис. 4.1. Положение линии очистного забоя 409-й лавы шахты “Благодатная” ПАО “ДТЭК Павлоградуголь”

Для каждой съемки лавы определялись основные числовые характеристики (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Числовые характеристики реализаций случайной функции линии очистного забоя

№ п/п	Шахта	Лав а	Математическое ожидание, м	Дисперсия *10 ⁻⁵ , м ²	С.К.О.	Вариация, %
1.	“Благодатная”	506	0,07	28,9	0,017	24
2.	“Благодатная”	409	0,09	52,9	0,023	26
3.	“Благодатная”	508	0,05	22,5	0,015	30
4.	“Благодатная”	409	0,04	8,1	0,009	23
5.	“Юбилейная”	578	0,06	16,9	0,013	21
6.	“Юбилейная”	561	0,02	2,5	0,005	24
7.	“Юбилейная”	667	0,05	16,9	0,013	27
8.	“Юбилейная”	572	0,08	0,4	0,02	25
9.	им. Героев Космоса	1044	0,03	4,9	0,007	22
10.	им.Героев Космоса	939	0,09	36,1	0,019	21
11.	им.Героев Космоса	1117	0,02	3,6	0,006	28
12.	им.Героев Космоса	1048	0,04	14,4	0,012	30
13.	“Степная”	117	0,06	22,5	0,015	26
14.	“Степная”	119	0,07	28,9	0,017	24
15.	“Степная”	114	0,03	4,9	0,007	25
16.	“Степная”	209	0,05	19,6	0,014	28

Математическое ожидание случайной функции линии очистного забоя по длине лавы для всех исследуемых очистных забоев является величиной практически постоянной (рис. 4.2).

Проанализируем полученные данные с точки зрения предполагаемой стационарности случайной функции линии забоя.

Если судить непосредственно по данным, полученным в процессе обработки, то можно прийти к выводу, что случайная функция стационарной не является: ее математическое ожидание не вполне постоянно; дисперсия также изменяет свои значения от $0,4 \cdot 10^{-5}$ до $53 \cdot 10^{-5}$ по длине лавы. Однако, принимая во внимание весьма ограниченное число обработанных реализаций ($n=16$) и в связи с этим наличие большого элемента случайности в полученных оценках, эти видимые отступления от стационарности можно считать незначительными, тем более, что они не носят закономерного характера. Поэтому, вполне целесообразной будет приближенная замена случайной функции линии очистного забоя стационарной функцией.

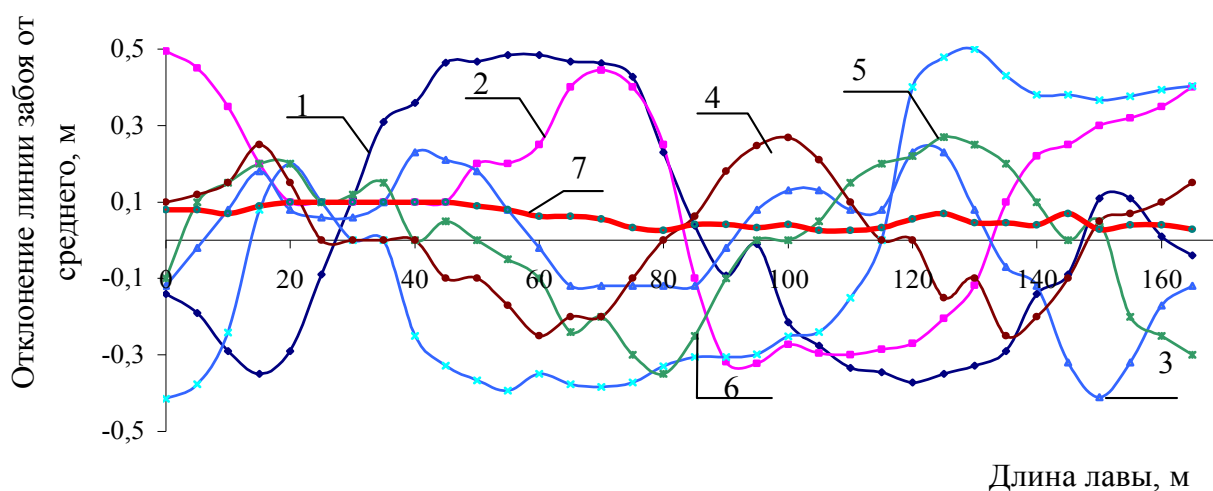


Рис. 4.2. Значения отклонений положения линии очистного забоя от среднего значения

- 1 – 506-я лава ш. “Благодатная”;
- 2 – 409-я лава ш. “Благодатная”;
- 3 – 1044-я лава ш. им. Героев Космоса;
- 4 – 578-я лава ш. “Юбилейная”;
- 5 – 561-я лава ш. “Юбилейная”;
- 6 – 667-я лава ш. “Юбилейная”;
- 7 – математическое ожидание случайной функции линии очистного забоя (m_L)

Для приведения функции к стационарной, прежде всего, усредним по длине лавы оценки для математического ожидания

$$m_L = \frac{m_L(0) + m_L(5) + \dots + m_L(170)}{34} \approx 0,06 \text{ , м}$$

Аналогичным образом усредним оценки для дисперсии

$$D_L = \frac{D(0) + D(5) + \dots + D(170)}{34} \approx 0,00025 \text{ , м}^2$$

извлекая корень, найдем усредненную оценку с.к.о. $\sigma_L \approx 0,016 \text{ м}$.

коэффициент вариации найдем из выражения $V = \frac{\sigma_L}{m_L} \cdot 100\% = 26\%$

Тесноту связи между отклонениями отдельных сечений случайной функции иллюстрируют их нормированные корреляционные функции. Для построения нормированной корреляционной функции воспользуемся интервалами между измерениями Δl равными 5 м. График нормированной корреляционной функции $\rho(\Delta l)$ представлен на рис. 4.3.

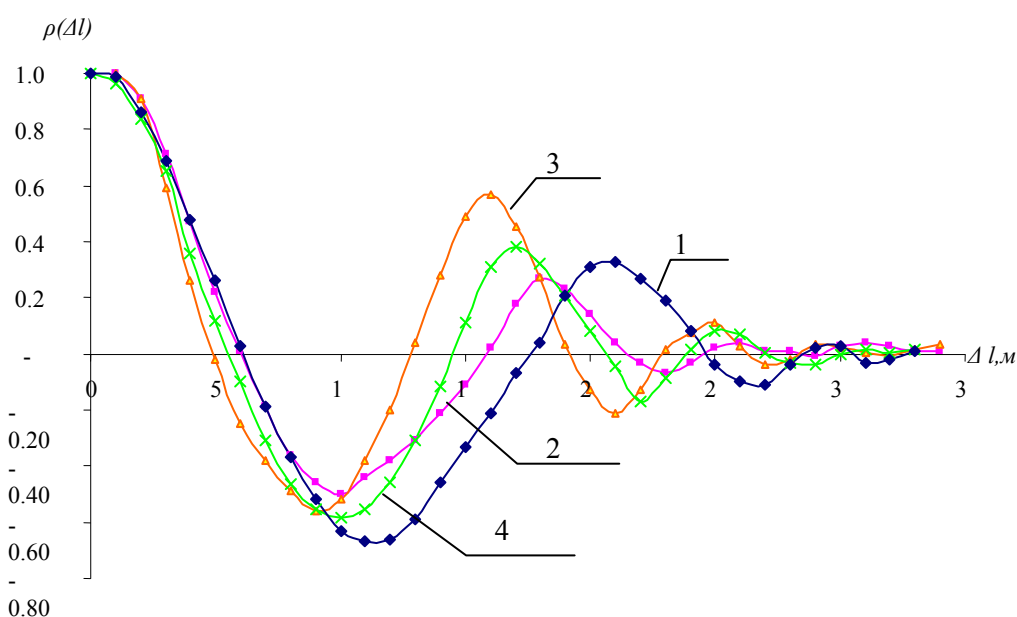


Рис. 4.3. Нормированные корреляционные зависимости случайных функций линии забоя:

1– шахта “Благодатная”, 506-я лава;

2– шахта “Юбилейная”, 561-я лава;

3– шахта им. Героев Космоса, 1044-я лава;

4 – средняя арифметическая реализаций случайной функции

Не вполне гладкий ход корреляционной функции объясняется сравнительно малым объемом данных. Если сгладить незакономерные колебания, то функция приближается к экспоненциально-косинусной вида:

$$\rho(\Delta l) = e^{-\alpha|\Delta l|} \cos \beta(\Delta l)$$

Для каждой из реализаций получены следующие зависимости:

ш. “Благодатная”, 506-я лава: $\rho(\Delta l) = 1.17e^{-0.066|\Delta l|} \cos - 0.27(\Delta l)$;

ш. “Юбилейная”, 561-я лава: $\rho(\Delta l) = 1.07e^{-0.099|\Delta l|} \cos 0.32(\Delta l)$;

ш. им. Героев Космоса, 1044-я лава: $\rho(\Delta l) = 1.03e^{-0.08|\Delta l|} \cos - 0.41(\Delta l)$.

Результаты каждой реализации равноточные и поэтому статистической оценкой математического ожидания для каждого интервала будет простая арифметическая средняя. Для нее также произведено сглаживание экспериментальных данных

$$\rho(\Delta l) = 1.08e^{-0.08|\Delta l|} \cos - 3.32(\Delta l)$$

При рассмотрении рис. 4.3 прослеживается наличие для некоторых Δl отрицательных значений корреляционной функции. Это свидетельствует о том, что в структуре случайной функции имеется некоторый элемент периодичности, в связи с чем, на расстоянии равном примерно половине периода основных колебаний, наблюдается отрицательная корреляция между значениями случайной функции: положительным отклонениям от среднего в одном сечении соответствуют отрицательные отклонения через определенный промежуток, и наоборот. В нашем случае по мере увеличения Δl амплитуда колебаний корреляционной функции уменьшается и при дальнейшем увеличении Δl корреляционная функция стремится к нулю.

Из анализа полученных функций следует, что при увеличении интервала нормированная корреляционная функция каждой реализации асимптотически приближается к нулю. А стремление корреляционной функции к нулю, при стремлении расстояния между точками к бесконечности говорит в пользу эргодичности процесса [100].

Вид корреляционной функции зависит от частот колебаний случайного процесса [100]. Отсюда делается вывод о спектральном составе случайного процесса. Руководствуясь положениями теории

колебаний, спектром считается функция, описывающая распределение амплитуд колебаний относительно линии флуктуации по разным частотам. Колебательный процесс представляется в виде суммы гармонических колебаний различных «гармоник» (частот). Спектр показывает преобладающий род колебаний линии очистного забоя и ее внутреннюю структуру. Спектр стационарной случайной функции описывает распределение дисперсий по различным частотам (ω_i).

Представим экспоненциально-косинусный вид функции $\rho(\Delta l)$ в комплексной форме

$$\rho(\Delta l) = e^{-\alpha|\Delta l|} \frac{e^{i\beta(\Delta l)} + e^{-i\beta(\Delta l)}}{2}$$

Нормированная корреляционная функция и нормированная спектральная плотность $S_{\Delta l}(\omega)$ связаны преобразованиями Фурье [100], поэтому имеем

$$S_{\Delta l}(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \rho(\Delta l) \cos \omega(\Delta l) d(\Delta l)$$

где $S_{\Delta l}(\omega)$ – нормированная случайная плотность случайной функции.

Подставим соответствующие значения $\rho(\Delta l)$ и получим

$$S_{\Delta l}(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\alpha|\Delta l|} \frac{e^{i\beta(\Delta l)} + e^{-i\beta(\Delta l)}}{2} e^{-i\omega(\Delta l)} d(\Delta l) ,$$

или

$$S_{\Delta l}(\omega) = \frac{1}{4\pi} \left\{ \int_{-\infty}^0 e^{\alpha(\Delta l)} (e^{i\beta(\Delta l)} + e^{-i\beta(\Delta l)}) e^{-i\omega(\Delta l)} d(\Delta l) + \int_0^{\infty} e^{-\alpha(\Delta l)} (e^{i\beta(\Delta l)} + e^{-i\beta(\Delta l)}) e^{-i\omega(\Delta l)} d(\Delta l) \right\}$$

откуда после элементарных преобразований получаем

$$S_{\Delta l}(\omega) = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{\alpha}{\alpha^2 + (\omega + \beta)^2} + \frac{\alpha}{\alpha^2 + (\omega - \beta)^2} \right\} .$$

Таким образом, вид графика спектральной плотности будет зависеть от соотношения параметров α и β , т.е. от того, что преобладает в корреляционной функции: убывание по закону $e^{-\alpha|\Delta l|}$ или колебание по закону $\cos \beta(\Delta l)$. Очевидно, при сравнительно малых α будет преобладать колебание, а при сравнительно больших α – убывание.

В рассматриваемом случае случайная функция близка к периодическим колебаниям частоты β со случайной амплитудой и фазой; спектр случайной функции обнаруживает ярко выраженный максимум в области частот $\omega=2-5$. (рис. 4.4).

Далее при возрастании ω спектральная плотность достигает ряда относительных максимумов, но абсолютные их значения монотонно убывают, то есть при $\omega \rightarrow \infty$ и $S_{\Delta l}(\omega) \rightarrow 0$

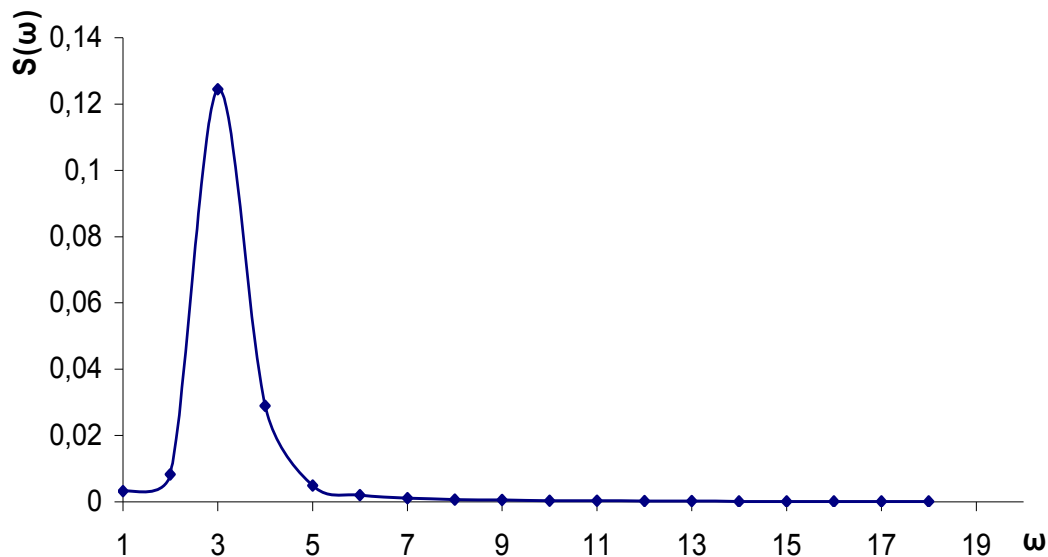


Рис. 4.4. Нормированная спектральная плотность случайной функции линии забоя

Сравним математическое ожидание линии очистного забоя, когда замеры произведены с интервалами 20 м, 40 м и 80 м. Результаты обработки данных замеров представлены на рис. 4.5.

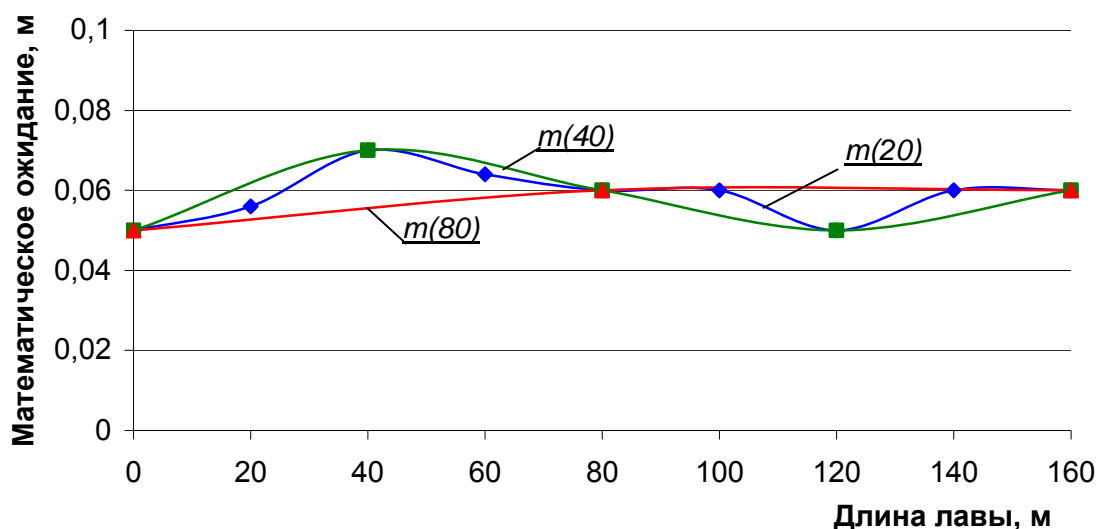
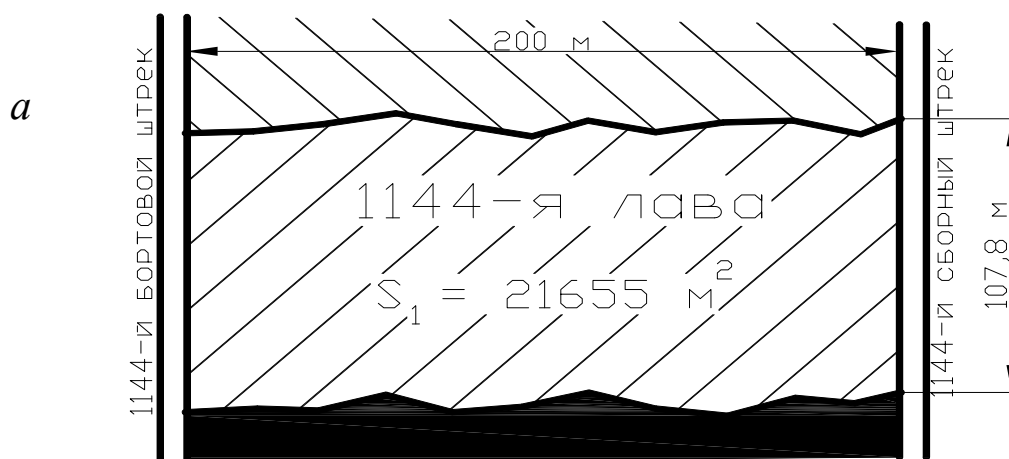


Рис. 4.5. Математическое ожидание положения линии очистного забоя при различных расстояниях между промерами

Как видно из данных графика, математическое ожидание линии забоя, при увеличении интервалов между измерениями, изменяется незначительно и может быть аппроксимировано прямой линией.

Поскольку случайная функция линии забоя обладает эргодическими свойствами, проанализируем влияние искривленности линии очистного забоя на точность определения площади выемки на примере 1044-й лавы шахты им. Героев Космоса. Произведем расчет площади выемки по данным съемки лавы (рис. 4.6, а) и сравним ее с расчетным значением площади выемки, когда линия очистного забоя аппроксимируется прямой линией (рис. 4.6, б).



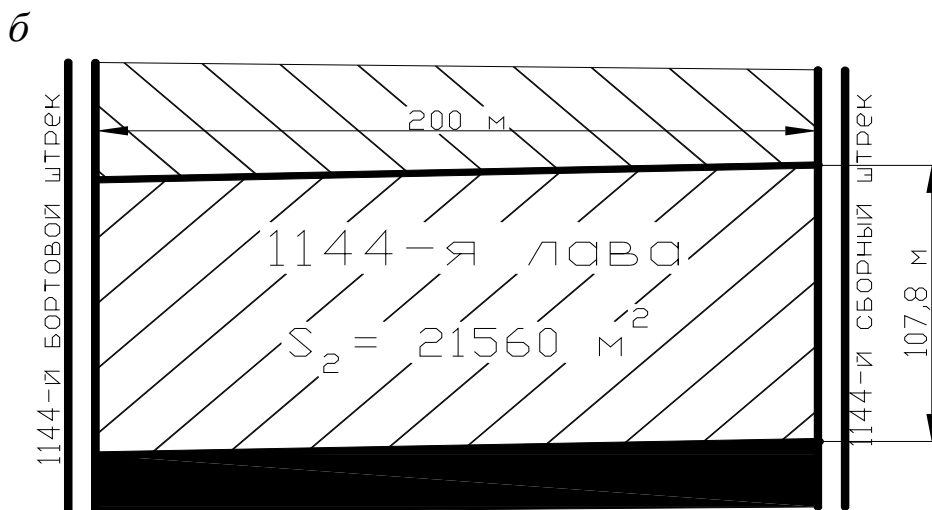


Рис. 4.6. Положение линии забоя 1144-й лавы ш. им. Героев Космоса:

а – данные маркшейдерской съемки на начало и конец месяца;

б – данные подвигания по выемочным штрекам

При этом подвигание очистного забоя определяется относительно выемочных штреков, а площадь выемки вычисляется графо-аналитическим способом.

Площадь выемки согласно схеме на рис. 4.6, *а* и *б* составляет $S_1 = 21655 \text{ м}^2$, и $S_2 = 21560 \text{ м}^2$ соответственно. Таким образом, погрешность определения площади выемки при аппроксимации линии забоя составляет 0,4%.

Выполненный расчет свидетельствует о том, что при современном выемочном оборудовании в условиях Западного Донбасса искривленность линии очистного забоя незначительно влияет на определение площади выемки. Таким образом, форму линии забоя можно аппроксимировать прямой линией, а подвигание лавы достаточно определить как среднее подвигание по этим штрекам.

4.3. Погрешность определения площади выработанного пространства

Для исключения ошибок графического построения выработанного пространства на плане, определения этой площади на плане и определения угла падения пласта предлагается аналитический способ определения положения механизированного

комплекса в выемочном столбе и определения площади выемки в любой период времени.

Контролировать перпендикулярность» линии забоя выемочным штрекам предлагается с помощью применения специальных меток (рис. 4.7).

Метка представляет собой вертикальную стрелку, нанесенную краской на стенках сборного и бортового штреков с соответствующим номером. Положение комплекса определяют путем измерения расстояний от концов лавы до одноименных меток на штреках.

Расстояние между соседними метками могут быть различными, но для удобства производства работ принимается 20 м. В зависимости от того, на каком расстоянии расположена метка от разрезной печи, устанавливается ее номер. Например, номер 4 говорит о том, что расстояние до разрезной печи – 80 м.

Одноименные метки на бортовом штреке расположены на перпендикулярах, проведенных к оси сборного штрека. Положение их (например метки 2) определяется следующим образом: от точки В съёмочной сети откладывается в натуре расстояние b , вычисленное по формуле

$$b=a+q,$$

где a — расстояние между меткой 2 и точкой А съёмочной сети на сборном штреке;

q - проекция расстояния между точками А и В на ось сборного штрека.



Рис. 4.7. Схема для определения положения меток на выемочных штреках

Значение q определяется по формуле

$$q = (y_b - y_a) \cos \alpha - (x_b - x_a) \sin \alpha,$$

где y_a , x_a , y_b , x_b - координаты точек А и В;

α - дирекционный угол перпендикуляра к оси сборного штрека по направлению от сборного к бортовому штреку.

Значение q получается отрицательным, если точка В расположена ближе к разрезной печи, чем точка А, и положительным, если дальше.

Все последующие метки на каждом штреке разбиваются от метки 2. Дополнительным контролем правильности выноса меток в шахте служит привязка последних и промежуточных меток к маркшейдерским точкам съемочной сети. Используя точки съемочной сети, все метки наносятся на рабочие планы.

В процессе ведения горных работ возможны ситуации, когда выемочные штреки располагаются не параллельно друг другу. Данная особенность ведения горных работ обусловлена наличием дизъюнктивов расположенных вдоль одного из штреков, переход которых механизированным комплексом нецелесообразен.

В таких случаях паспортом крепления лавы предусматривается наращивание секций механизированной крепи по мере подвигания очистного забоя на определенное расстояние. Осуществлять работы по добавлению секций крепи с привязкой к меткам становится возможным без использования маркшейдерской документации. Методика вынесения меток в случаях неперпендикулярности выемочных штреков аналогична вышеизложенной с той лишь разницей, что метки необходимо выносить перпендикулярно лишь одному из штреков, и удобнее, если перпендикуляры проведены к оси сборного штрека.

Точность определения площади выработанного пространства при использовании меток в шахте будет зависеть от инструментальной точности определения длины лавы и ее подвигания за отчетный период.

$$S = L \cdot B, \quad \text{м}^2,$$

где S – площадь выработанного пространства, м^2 ;

L – длина лавы, м;

B – подвигание очистного забоя, м.

Ошибка определения площади может быть вычислена по формуле

$$M_S = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial S}{\partial L}\right)^2 m_L^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial B}\right)^2 m_B^2};$$

$$M_S = \pm \sqrt{B^2 m_L^2 + L^2 m_B^2}.$$

Согласно [19], погрешность положения наиболее удаленных точек висячего хода, проложенного для съемки лавы, или в середине хода, уравненного между пунктами на откаточном и вентиляционном штреках, не должна превышать 1:100 от длины хода. Так как длина лавы в условиях шахт Западного Донбасса составляет в основном 180-200 м, то положение средней точки лавы должно быть определено с погрешностью $m_L \leq \pm 1,0$ м.

Метки на сборном и бортовом штреках опираются в начале и в конце на пункты съемочной сети. Длины сторон измеряются стальными рулетками в прямом и обратном направлениях. При расхождении между двумя независимыми измерениями не

превышающем 1:300 измеренной длины [19], и среднем подвигании очистных забоев 80 м в месяц, $m_B \leq \pm 0,27$ м.

Таким образом, погрешность определения площади выемки с использованием меток в шахте будет составлять $M_s = 96,5 \text{ м}^2$, что составит $\approx 0,6\%$.

ВЫВОДЫ

1. Согласно действующим инструкциям для определения площади выемки, когда лава искривлена или имеет значительную протяженность необходимо выполнять инструментальную съемку лавы, что затруднено при отработке тонких пластов. При этом влияние точности определения положения линии забоя на точность определения площади выемки не установлено.

2. Установлено, что линия очистного забоя описывается случайной функцией. При увеличении интервала нормированная корреляционная функция каждой реализации асимптотически приближается к нулю. Это позволяет предположить, что функция обладает эргодическими свойствами.

3. Установлено, что погрешность определения площади выемки на основании съемки лавы, выполненной, согласно действующей инструкции [19], с интервалом между замерами 20 м, соизмерима с погрешностью аппроксимации линии забоя прямой линией. Поэтому, при современном выемочном оборудовании, при определении площади выемки, влиянием искривленности линии забоя можно пренебречь, и подвигание забоя достаточно определить как среднее подвигание, зафиксированное по двум выемочным штрекам.

4. При определении площади выемки с помощью применения специальных меток на штреках, ошибка определения площади выработанного пространства будет зависеть от инструментальной точности определения длины лавы и ее подвигания за отчетный период и составит около 0,6% от площади выемки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Хроника. Вугільна промисловість України у 2004 р //Уголь Украины, апрель.– 2005. – С. 48.
- 2 Технично-економическое обоснование комплекса мероприятий по предотвращению вредного влияния на поверхность от ведения горных работ по шахтам ПО “Павлоградуголь”. Том 1, Технологическая часть. Днепропетровск, “Днепрогипрошахт”, 1991. – 542 с.
- 3 Боев В.А. Основы учета добычи угля на шахтах.– М.: Недра, 1975.– 192 с.
- 4 Гриффен А.Л., Поляков В.Н. Эффективность использования бюджетных инвестиций в угольной промышленности //Уголь Украины, декабрь. – 2004.– С. 24-27.
- 5 Нейенбург В.Е., Драчук Ю.З. Об инновационной модели структурной перестройки угольной промышленности Украины //Уголь Украины, декабрь. – 2004.– С. 20-23.
- 6 Инструкция по учету объемов добычи рядового угля и готовой угольной продукции на шахтах, разрезах и обогатительных (брикетных) фабриках МУП Украины: Утв. Приказом Министра угольной промышленности Украины 17.09.96 №466. – Киев., 1996.– 33 с.
- 7 Халимендик Ю.М., Усатенко А.В., Моисеев А.С. Совершенствование механизма стимулирования повышения качества добываемого угля при разработке маломощных пластов //Економічний вісник Національної гірничої академії України.– 1999.– Т.1. – С. 115-117.
- 8 Халимендик Ю.М., Головчанский И.Е., Бруй А.В. Особенности учета добываемого угля при разработке тонких угольных пластов в Западном Донбассе //Качество минерального сырья /Сборник научных трудов.– Кривой Рог: Минерал. – 2005.– С.530-535.
- 9 Казаковский Д.А. Методические указания по учету запасов, потерь и маркшейдерскому контролю добычи в условиях каменноугольных месторождений //Тр. ВНИМИ, сб. XIV. – Л.:Углетехиздат. – 1947. – С. 36-42.

- 10 Казаковский Д.А. К вопросу о маркшейдерском контроле добычи при разработке каменноугольных месторождений //Тр. ВНИМИ, сб. XVI. – Л.: Углетехиздат. – 1948.– С. 42-44.
- 11 Казаковский Д.А., Глейзер М.И. Маркшейдерский учет добычи по данным замера горных выработок. – Л.:Углетехиздат, 1948. – 98 с.
- 12 Казаковский Д.А. О маркшейдерском контроле добычи посредством замера складов //Тр. ВНИМИ, сб. XVIII. – Л.:Углетехиздат. – 1949. – С.24-29.
- 13 Neubert K. Yenauigkeit der betrieblichen und markscheiderischen Ermittlung ausgekonhler Kaume //Bergbautechnik. – 1951.– Hlt. 3. Septebr. – s. 24-25.
- 14 Буц В.М. Исследование способов учета добычи на пологих пластах каменного угля в условиях Буденновского комплекса Донецкого бассейна: Дис ... канд. техн. наук. – Донецк, 1955.
- 15 Чернышов И.А., Боев В.А. Маркшейдерский учет добычи угля на шахтах //Тр. ВНИМИ, сб. VI. – Л.: Углетехиздат.– 1949.– С. 44-49.
- 16 Денисенко Л.А. Исследование влияния ошибок маркшейдерского и статистического учета на точность планируемой добычи угля /на примере шахт треста Коммунарскуголь/: Дис ... канд. техн. наук.– Днепропетровск., 1968. – 159 с.
- 17 Руководство по производству и обработке результатов маркшейдерских замеров горных выработок на шахтах Минуглепрома Украинской ССР. – Донецк, 1985.– 15 с.
- 18 Методические рекомендации по производству маркшейдерских замеров и учету добычи угля по их результатам.– Донецк, 1988.– 30с.
- 19 Методические указания по производству замеров горных выработок и определению (учету) объемов подземной добычи угля в зависимости от способов добычи и транспортировки. – Л., 1989. – 44с.
- 20 Костомаров Н.Е. К вопросу увеличения точности определения объема добытого угля по маркшейдерским замерам //Тр. ВНИМИ, сб. 56. – Л.:Углетехиздат.– 1966.– С. 203-207.

- 21 Оллыкайнен А.М., Чельцова Н.М. Измерение мощности пластов угля в очистных выработках // Уголь. – 1986.– №4.– С. 55-56.
- 22 Филатов В.И. Систематические погрешности учета добычи угля при производстве замеров горных выработок //Совершенствование методов и средств маркшейдерского обеспечения горного производства. – Л.:ВНИМИ. – 1987.–86 с.
- 23 Комиссаров С.Н. Управление массивом горных пород вокруг очистных выработок. – М.: Недра, 1983. – 237 с.
- 24 Ольховиченко А.Е. Прогноз выбросоопасности угольных пластов. – М.: Недра, 1982. – 278 с.
- 25 Ольховиченко А.Е. Исследование процесса деформирования боковых пород и угля впереди забоя очистной выработки в условиях Донбасса: Дис ... канд. техн. наук. – Макеевка, 1961. – 187 с.
- 26 Колоколов О.В. Установление рациональной ширины захвата при различных способах выемки крутых пластов //Уголь Украины.– 1960.– №12.– С. 22-23.
- 27 Савостьянов А.В., Ключков В.Г. Управление состоянием массива горных пород.– К.: НМК ВО, 1992.– 276 с.
- 28 Кузнецов С.Т. Управление показателями взаимодействия механизированных крепей с массивом пород //Горная геомеханика и маркшейдерское дело: Сб. науч. Тр. – С.-Петербург: ВНИМИ.– 1999.– С. 137-149.
- 29 Руппенейт К.В. Давление и смещение горных пород в лавах пологопадающих пластов. – М.:Углетехиздат, 1957. – 225 с.
- 30 Четверик М.С., Андрощук Е.В. Теория сдвижения массива горных пород и управления деформационными процессами при подземной выемке угля. – Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL», 2004.– 148 с.
- 31 Жуков Г.П., Лабутин Е.Н. Количественная и качественная оценка использования балансовых запасов угля при подземной добыче в условиях реструктуризации угольной промышленности России //Маркшейдерский вестник. – № 3(25)-98 июль-сентябрь.– С. 25-27.
- 32 Земисев В.Н. Расчеты деформаций горного массива. – М.: Недра, 1973.– 144 с.

- 33 Сдвигение горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений /А.Г. Акимов, В.Н. Земисев, Н.Н. Кацнельсон и др. – М.: Недра, 1970.– 224 с.
- 34 Теория защитных пластов /И.М. Петухов, А.М. Линьков, В.С. Сидоров, А.И. Фельдман. – М.: Недра, 1976.– 360 с.
- 35 Акимов А.Г. О расчете предохранительных целиков для глубоких стволов шахт Донбасса //Сборник статей по вопросам исследования горного давления и сдвижения горных пород. – Л.:ВНИМИ. – 1959.– Сб. 36. – С. 68-77.
- 36 Зборщик М.П. Механизм сдвижения горных пород надрабатываемой толщи при отработке пологих пластов на глубоких горизонтах //Разработка месторождений полезных ископаемых.– Киев: Техніка. – 1984. – Вып. 67.– С. 89-94.
- 37 Сдвигение горных пород и земной поверхности при подземных разработках. – М.: Недра, 1984.– 257 с.
- 38 Шушков М.А., Водянов В.Ф. Определение размеров зон опорного давления при разработке пологих пластов Донбасса //Разработка месторождений полезных ископаемых.– Киев: Техніка.– 1976. – Вып. 45.– С. 21-24.
- 39 Акимов А.Г. Бошенятов Е.В. Влияние направления подвигания забоя при оконтуривании предохранительных целиков на сдвижения и деформации горных пород // Методы изучения и управления деформациями массива горных пород при разработке пластов под застроенными территориями и обеспечения устойчивости бортов разрезов. Сб. научн. тр. – Л.: ВНИМИ. – 1987. – С. 4-10.
- 40 Земисев В.Н. Схемы сдвижения горных пород при пологом залегании пластов //Исследование проявления горного давления на глубоких горизонтах шахт. – Л.: ВНИМИ. – 1971. – С. 29-35.
- 41 Методические указания по постановке исследований сдвижения горных пород на моделях. – М.: Изд. ВНИМИ, 1964. – 185 с.
- 42 Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. – Л.:ВНИМИ, 1985. – 222 с.

- 43 Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях // Министерство угольной промышленности СССР. – М.:Надра, 1981. – 238 с.
- 44 Назаренко В.А. Обоснование параметров сдвижения горных пород и земной поверхности при отработке угольных пластов в Западном Донбассе: Дис ... канд. техн. наук: 05.15.01, Днепропетровск, 1994. – 184 с.
- 45 Рекомендации по управлению механизированными комплексами в вертикальной плоскости при переходе разрывных нарушений в условиях Западного Донбасса. – Донецк, 1995.– 48 с.
- 46 Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике (Общая часть). – М.: ГИТТЛ, 1955.– 556 с.
- 47 Степанов В.М. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов на угольных шахтах //Подземная разработка тонких и средней мощности угольных пластов.– Тула, 1980.– С.45-46.
- 48 Исследование влияния параметров напряженно-деформированного состояния горного массива на ведение очистных и подготовительных работ в условиях шахты «Степная» ГХК «Павлоградуголь» : Отчет о НИР /Национальный горный университет. – №ГР 0102U004377; – Днепропетровск, 2003.– 130 с.
- 49 Халимендик Ю.М., Бегичев С.В., Бруй А.В. Влияние геомеханического состояния отрабатываемых угольных пластов на учет добычи угля в условиях Западного Донбасса //Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог. – 2004.– Вып. 85.– С. 62-65.
- 50 Заря Н.М., Музафаров Ф.И. Схема механизма сдвижения толщи пород при выемке пологих пластов угля одиночной лавой // Уголь Украины.– 1966.– № 12.– С. 9-12.
- 51 Зборщик М.П., Костоманов А.И. Определение опорного давления в толще пород при разработке свиты пологих пластов //Разработка месторождений полезных ископаемых: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1968. – Вып. 15.– С. 9-17.

- 52 Зборщик М.П., Назимко В.В. Охрана выработок глубоких шахт в зонах разгрузки.– К.:Техника, 1991.– 248 с.
- 53 Петухов И.М., Сидоров В.С. К определению ширины зоны опорного давления //Тр. ин-та ВНИМИ, Сб. 82.– Л.: ВНИМИ. – 1971.– С. 56-81.
- 54 Сдвигение горных пород и земной поверхности в главнейших угольных бассейнах СССР / С.П. Колбенков, И.А. Петухов и др. – М.: Углетехиздат, 1958.– 250 с.
- 55 Маслов А.А. О зоне разрушения угля у границ очистной площади //Горное давление, сдвигение горных пород и методика маркшейдерских работ, сб. LVI. – Л.: ВНИМИ.– 1966.– С. 40-47.
- 56 Петухов И.М. Поведение горных пород и угля на шахтах Кизеловского бассейна: Автореф. дис ... канд. техн. наук: Углеуральск: УПИ.– 1954. – 29 с.
- 57 Петухов И.М. Горные удары на угольных шахтах.– М.: Недра, 1972. – 172 С.
- 58 Зорин А.Н., Халимендик Ю.М., Колесников В.Г. Механика разрушения горного массива и использование его энергии при добыче полезных ископаемых.– М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001. – 413 с.
- 59 Давидянц В.Т. Практическое использование горного давления при выемке угля //Уголь.– 1935.– №122. – С. 12-13.
- 60 Слесарев В.Д. Управление горным давлением при разработке угольных пластов Донецкого бассейна. – Л.:Углетехиздат, 1952.– 98с.
- 61 Авершин С.Г. Результаты изучения проявлений горного давления при разработке, подработке и надработке угольных пластов, подверженных ВВ в шахтах Донбасса //Научные исследования в области борьбы с ВВУГ. – Л.:Углетехиздат.– 1958.– С. 54-57.
- 62 Колоколов О.В. Исследование проявлений горного давления на пластах крутого падения Донбасса с целью установления рациональной ширины захвата выемочных механизмов: Дис ... канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1960. – 227 с.

- 63 Руководство по управлению кровлей и креплению в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35°. Минтопэнерго Украины. – Киев, 2002.-137 с.
- 64 Халимендик Ю.М., Бегичев С.В., Бруй А.В. Влияние отжима на учет добычи угля в условиях Западного Донбасса //Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Изд. МГГУ.– 2004.– №5.– С. 191-192.
- 65 Шахтные исследования конвергенции вмещающих пород /И.В. Антипов, В.Е. Кравченко, Д.В. Щербинин. //Уголь Украины, октябрь.– 2000. – С. 24-27.
- 66 Ускорение конвергенции вмещающих пород в очистных забоях/ Е.Л. Звягильский, П.Е. Филимонов, И.В. Антипов и др. //Уголь Украины, август.– 2002. – С. 33-36.
- 67 Гзовский М.В. Основы тектонофизики. – М.:Наука, 1975.– 530 с.
- 68 Гзовский М.В. Физическая теория образования тектонических разрывов // Проблемы тектонофизики. – М.: Геологтехиздат, 1960. – С. 78-96.
- 69 Забродин А.С. Геометризация сместителей для прогноза протяженности и амплитуды разрывных нарушений // Маркшейдерское дело в социалистических странах. – Т.5.– Острава, 1972.– С. 409-419.
- 70 Халимендик Ю.М., Бруй А.В. Геометрические особенности мелких дизъюнктивов угольных пластов //Труды междунар. науч.-техн. конф. «Горная геология, геомеханика и маркшейдерия».– Донецк: ВНИМИ НАН Украины.– 2004.– С 25-28.
- 71 Разрывные нарушения угольных пластов /И.С. Гарбер, В.Е. Григорьев, Ю.Н. Дупак и др.– Л.: Недра, 1979.– 190 с.
- 72 Кауфман Л.Л. Влияние тектонической нарушенности пласта на экономические показатели работы шахт //Технология добычи угля и проведения подготовительных выработок. – Донецк:ДонУГИ.– 1971.– вып. 50.– с. 39-45.
- 73 Липкович М.М., Мирошников С.И. Эксплуатационная надежность выемочного поля, обрабатываемого с помощью механизированного комплекса //Уголь Украины.– 1969.– №2.– С.17-19.

- 74 Геологічні роботи на вуглевидобувних підприємствах України: Інструкція: Керівн. норматив. док. М-ва палива та енергетики України КД 12.06.204-99. Чинний від 2001-07-01. – Донецьк: ТОВ "АЛАН", 2001.– 384 с.
- 75 Ходжаев Р.Ш. Экономическая оценка разработки нарушенных угольных пластов.– М.: Недра, 1978.– 156 с.
- 76 Рекомендации по управлению механизированными комплексами в вертикальной плоскости при переходе разрывных нарушений в условиях Западного Донбасса. – Донецк, 1995.– 48 с.
- 77 Методические указания по переходу геологических нарушений механизированными комплексами на угольных шахтах Якутской АССР и Магаданской области.– Якутск: Изд-во Якутского филиала СО АН СССР, 1980.– 32 с.
- 78 Прогрессивные технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах. Часть 2.–М.: Изд-во ИГД им. А.А. Скочинского, 1979.–247 с.
- 79 Технологические схемы перехода геологических нарушений лавами, оборудованными механизированными комплексами на пологих пластах шахт Украинской ССР.– Донецк: Изд-во ДонУГИ, 1975.– 69 с.
- 80 Вождение механизированных комплексов в сложных горно-геологических условиях /Д.Д. Глазов, В.С. Верин, И.Н. Кисилев и др.– Кемерово: Кемеровское книжное издательство, 1973.– 122 с.
- 81 Яворский В.Н., Расстрига В.П. Обоснование параметров разворота лавы, оборудованной комплексно-агрегатной крепью типа КД-80 // Гірничо видобувна промисловість України і Польщі: Актуальні проблеми і перспективи: Матеріали Українсько-Польського форуму гірників-2004.– Дніпропетровськ: НГУ.– 2004.– С. 558-563.
- 82 Киржнер Ф.М. Технология выемки нарушенных угольных пластов. – Якутск: ЯГУ, 1988.– 80 с.
- 83 Киржнер Ф.М., Скуба В.Н. Совершенствование технологии разработки нарушенных пластов //Уголь.– 1982.– №4.– С. 14-21.
- 84 Киржнер Ф.М., Скуба В.Н. Разработка нарушенных пластов: Обзор.– М.: Изд-во ЦНИЭИуголь, 1977.– 34 с.

- 85 Халимендик Ю.М. Обоснование технологии перехода геологических нарушений механизированными комплексами в условиях Западного Донбасса: Дис ... канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1983.– 191 с.
- 86 Козионов Е.М., Самец Л.В., Щеглов Е.С. Переход геологических нарушений очистными механизированными комплексами //Уголь.– 1977.– №1. – С.25-29.
- 87 Макушев М.М., Ходжаев Р.М., Тен Н.В. Влияние тектонической нарушенности мощных пластов на эффективность их выемки механизированными комплексами //Уголь.– 1977.– №5.– С. 16-20.
- 88 Скуба В.Н. Исследование работоспособности очистных механизированных комплексов в условиях многолетней мерзлоты. –Новосибирск: Наука, 1973.– 191 с.
- 89 Классификация тектонических разрывов угольных пластов по их морфологическим признакам и величинам. – Л.: изд-во ВНИМИ, 1981.– 22 с.
- 90 Козионов Е.М., Самец Л.В., Щеглов Е.С. Выбор способа перехода геологического нарушения механизированными комплексами //Добыча угля подземным способом.– 1981.– №1.– С. 11-13.
- 91 Андреюк С.Ф. Оценка влияния горно-геологических факторов и параметров технологии очистных работ на засорение угля: Дис... канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1990. – 184 с.
- 92 Гмурмин В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика.– М.: Наука, 1972. – 486 с.
- 93 ЩигOLEV Б.М. Математическая обработка наблюдений. – М.: Наука, 1969. – 344 с.
- 94 Бруй А.В. Исследование изменчивости амплитуды дизъюнктивов в зоне их затухания //Науковий вісник НГУ. Дніпропетровськ.– 2004. – №11. – С. 30-33.
- 95 Колоколов О.В., Халимендик Ю.М. Изменчивость амплитуды разломов в краевой части эпюры сместителя //Разведка и охрана недр.– 1984.– №10.– С. 28-30.
- 96 Халимендик Ю.М., Бруй А.В. Об изменчивости амплитуды дизъюнктивного нарушения //Сб. науч. тр. ДонГТУ – Алчевск:

- ДонГТУ. – 2005. – Вып. 20. – С. 35-43.
- 97 Маркшейдерское дело: Учебник для вузов. /Д.Н. Оглоблин, Г.И. Герасименко, А.Г. Акимов и др. – М.: Недра, 1981.– 704 с.
- 98 Д.А. Казаковский, М.И. Глейзер. Маркшейдерский учет добычи и борьба с потерями угля в недрах. Л.:Углетехиздат, 1948. – 156 с.
- 99 Халимендик Ю.М., Беличенко Е.В., Бруй А.В. Определение площади выемки очистного забоя //Межведомственный сборник научных трудов.– Днепропетровск: ИГТМ.– 2006.– Вып. 62.– С.25-31.
- 100 Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969.– 576 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ	5
1.1. Состояние очистных работ на шахтах Западного Донбасса	5
1.2. Основные виды учета добычи угля на шахтах и их назначение .	9
1.3. Маркшейдерский учет и планирование добычи угля из лав	11
1.4. Анализ существующей системы учета добываемого угля при разработке тонких угольных пластов	20
1.5. Основные причины ошибок определения объемов добычи	26
2. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ТОЧНОСТЬ УЧЕТА ДОБЫЧИ УГЛЯ	31
2.1. Общие сведения	31
2.2. Планирование эксперимента по определению величины изменения мощности угольного пласта в очистном забое	32
2.3. Характеристика мест проведения исследований	33
2.4. Исследования зоны разрушения угля в призабойной части пласта в условиях шахт Западного Донбасса	40
2.5. Результаты шахтных исследований	45
2.5.1. Исследование деформаций краевой части угольного пласта	45
2.5.2. Характер разрушения пласта на концевых участках лавы	47
2.5.3. Основные положения методики проведения экспериментальных работ по определению поправки к измеряемой мощности пласта	50
2.6. Анализ результатов шахтных экспериментов	53
3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ МАРКШЕЙДЕРСКОГО УЧЕТА ДОБЫЧИ УГЛЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ	63
3.1. Общие сведения	63
3.2. Ведение очистных работ в нарушенных зонах	63
3.3. Учет добычи угля при переходе разрывных нарушений	67
3.4. Определение ошибки угла встречи нарушения очистным забоем	74

3.5. Определение изменчивости стратиграфической амплитуды дизъюнктива.....	80
3.5.1. Исследование характера изменения амплитуды вдоль простирания нарушения.....	83
3.5.2. Определение изменчивости амплитуды по простиранию нарушения.....	87
3.6. Погрешность маркшейдерского учета добычи угля при переходе разрывных нарушений	89
4. ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА.....	95
4.1. Методика и точность производства инструментальной съемки лавы.....	95
4.2. Исследование влияния формы очистного забоя на точность определения площади выемки.....	96
4.3. Погрешность определения площади выработанного пространства	104
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	109

Наукове видання

Бруй Ганна Валеріївна

Маркшейдерський облік видобутку вугілля

Монографія
(Російською мовою)

Авторська редакція.

Підписано до друку 25.04.12. Формат 30×42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 6,7.
Обл.-вид. арк. 6,7. Тираж 300 пр. Зам. №

Підготовлено до друку та видруковано
в Державному вищому навчальному закладі
"Національний гірничий університет".
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1482 від 11.06.2004.

49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.