

ВВЕДЕНИЕ

Проблема охраны окружающей среды в последние годы приобрела важнейшее значение. На протяжении десятилетий на территории Украины происходило накопление негативных проявлений в окружающей среде, которое к настоящему времени достигло угрожающих размеров.

Горнодобывающие предприятия Украины являются мощными источниками загрязнения окружающей среды, наносящими значительный экологический, социальный и экономический ущерб. В результате их деятельности экологическим нарушениям подвергаются земельные угодья, водные и воздушные бассейны. При подземной разработке угольных пластов основными факторами, существенно ухудшающими экологическую обстановку угледобывающих регионов, является выдача из шахт больших объемов породы и подработка значительных площадей земель и поверхностных сооружений. В результате того, что в эксплуатации находится большое количество тонких и весьма тонких пластов, которые отрабатываются с присечками боковых пород, часть породы выдается из шахт по угольным транспортным линиям, вызывая тем самым ухудшение качества добываемого угля, увеличение расходов на обогащение и транспортирование горной массы.

Известным, но до сих пор недостаточно изученным направлением, способным снизить эти негативные последствия, является применение селективной технологии отработки пластов с закладкой выработанного пространства. Причем, если по отдельности вопросы селективной выемки и закладки выработанного пространства в некоторой степени изучены, то проблема закладки в выработанное пространство присекаемых пород очистного забоя, особенно в условиях Западного Донбасса, осталась не решенной. Отсутствие достаточных научных обоснований технологических параметров и принципиальных схем препятствует широкому внедрению такой природоохранной технологии для отработки тонких пластов. Поэтому, решение этих вопросов является актуальной задачей, имеющей большое значение для угольной промышленности Украины.

В проведении натурных наблюдений за проявлениями горного давления в шахтных условиях участвовали сотрудники кафедры подземной разработки месторождений Государственного ВУЗ «НГУ» и работники шахт Западного Донбасса. Всем им авторы выражают искреннюю признательность и благодарность. Отдельная благодарность студентам Государственного ВУЗ «НГУ» Малашкевичу Д.С. и Ковбасе В.В. за помощь в оформлении монографии.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Состояние и актуальность работы

Улучшение крайне тяжелой экологической обстановки угледобывающих регионов немислимо без решения двух основных вопросов: снижения объемов выдаваемой из шахт породы и уменьшения деформаций земной поверхности, вызванных ведением горных работ.

Объем выдаваемой из шахт породы ежегодно увеличивается и уже превысил 140 млн.т в год [60, 99]. В Донбассе в 1500 отвалах, которые занимают около 30 тыс.га земли находится более 2,6 млрд.т породы, выданной из шахт [60]. Из 300 горящих породных отвалов Донбасса в атмосферу ежегодно выбрасывается до 500 тыс.т газообразных вредных веществ [90].

Для выдачи породы используется около 36% поверхностного и подземного транспорта, свыше 30% транспортных рабочих [60].

На шахтах Украины объемы складированной в отвалах породы достигают предельных величин, а отвод новых площадей для размещения породы запрещен. На 50 шахтах подземный транспорт и подъем являются узкими звеньями из-за значительных объемов перевозки балластных грузов, что не позволяет увеличить производственную мощность шахт [99]. Опыт эксплуатации месторождений Донбасса показывает, что нормальное функционирование шахт возможно, если объем выдаваемой породы не превышает 40% от объема добываемого угля, однако в настоящее время этот показатель достиг 75% [63, 99], а на некоторых шахтах значительно превышает эту величину. Так, например, на шахте Е.Т.Абакумова он составил 132%, "Мушкетовская" – 143%, "Кировская" – 128% [19].

Согласно прогнозам специалистов, если не принять кардинальные меры, то объем выдаваемой шахтами Донбасса породы превысит объем добываемого угля [99] и, следовательно, породная проблема станет фактором, который будет оказывать определяющее влияние не только на развитие горного хозяйства, но и на нормальное функционирование шахт [19, 86].

Значительная часть породы транспортируется и выдается на поверхность по угольным транспортным линиям, вызывая тем самым существенное засорение угля породой и, следовательно, резкое снижение его качества.

По данным Донэнерго, электростанции Украины для нормального сжигания угля вынуждены на каждую тонну высокозольного антрацита затрачивать около 0,5т. мазута. Повышение зольности угля на 1% приводит к снижению теплоты сгорания угля на 80 ккал, а антрацитов на 107 ккал [30, 54]. При росте зольности антрацитов на 1% снижается в среднем на 0,2% КПД котлов электростанций. Повышение зольности кокса на 1% приводит к повышению его расхода на 2-3%, на такую же величину уменьшается производительность доменных печей. При увеличении зольности горной массы на 1% затраты на ее выдачу и размещение на поверхности повышаются на 9,5 млн. руб. (здесь и далее в ценах 1990 г.). При этом дополнительно расходуется 220-230 млн. кВт. ч электроэнергии. Расходы на транспортирование горной

массы составляют 2,3 млн. руб. Переработка горной массы на обогатительных фабриках обходится в 7 млн. руб., в том числе 1 млн. руб. затрачивается на топливо и электроэнергию [54].

Основным источником попадания породы в угольную массу являются очистные работы. Засорение угля вмещающими породами в очистных забоях в среднем равно 2%, а выход породы из них составляет 77,5% от общего количества выдаваемой из шахт породы по угольным линиям.

Причинами столь значительного засорения угля является наличие в очистных забоях ложных и неустойчивых кровель, в результате чего засорение увеличивается, в среднем, на 6% и присечка вмещающих пород (3%). Процентное отношение выхода породы по этим причинам к общему количеству выдаваемой на поверхность породы составляет 42,3% и 21,1% соответственно [6]. Засорение угля породой при проведении и поддержании пластовых выработок составляет 3,2%, а выход породы из подготовительных забоев – 22,5%.

Наибольший объем засорения приходится на шахты Западного Донбасса (30,3%), "Селидовугля" (22,7%), "Донецкугля" (21,2%), "Свердловантрацита" (18,9%), "Добропольеугля" (18,0%) "Красноармейскугля" и "Укрзападугля" (по 15,3%). Наибольшее засорение от присечек боковых пород также происходит на шахтах Западного Донбасса (16,9%) [30].

Причиной столь значительного засорения угля в Западном Донбассе является тот факт, что шахты региона разрабатывают в основном тонкие и весьма тонкие пласты с неустойчивыми боковыми породами. На рис. 1.1 в виде гистограммы представлено распределение балансовых запасов Западного Донбасса по мощности пластов. Из анализа рис. 1.1 следует, что около 50 % запасов сосредоточено в пластах мощностью менее 0,8 м, которые при существующей технике в условиях Западного Донбасса невозможно отрабатывать без присечек боковых пород.

На рис. 1.2 представлены изменения среднединамических величин геологической и вынимаемой мощностей пластов Западного Донбасса по годам за период с 1976 по 1991 год. Угольные пласты преимущественно простого строения, поэтому разность между вынимаемой и полезной мощностью представляет собой мощность (величину) присечек пустых пород в забоях. Если в 1976 г. средняя величина присечки пород в лавах Западного Донбасса составляла 6 см или 6% от вынимаемой мощности пластов, то в 1991 г. увеличилась до 25 см или 22% от вынимаемой мощности. В некоторых лавах объединения величины присечек достигали 40-50 см, что послужило основной причиной ухудшения технико-экономических показателей работы шахт. Объемы горной массы, получаемой в лавах с присечками, как и общее количество таких лав с каждым годом увеличиваются (рис. 1.3). Из лав, работающих с присечками боковых пород, выдается более 70% общей добычи.

Зольность горной массы по объединению составляло 42-46%, а по шахте "Западно-Донбасская", например, превышало 50%. В работе находились забои, в которых зольность горной массы достигала 60% при пластовой 8-15%.

Рост зольности отрицательно влияет на основные показатели работы шахт, в первую очередь на прибыль и рентабельность. В связи с увеличением зольности растут скидки с добываемой горной массы. Практически по каждой из шахт объединения получатели продукции снимали добычу одной-двух лав, а по объединению в целом "аннулируется" добыча одной-двух шахт.

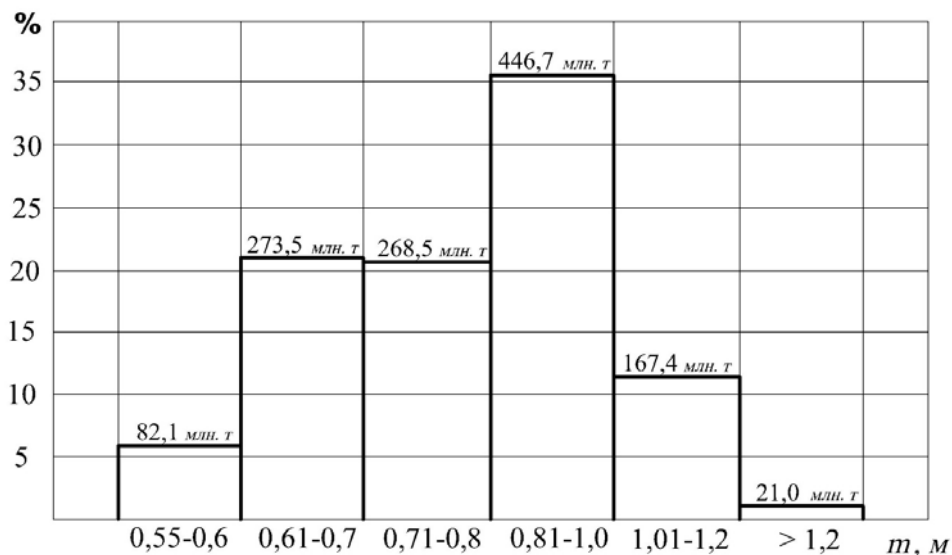


Рис 1.1 - Распределение запасов шахт Западного Донбасса по мощности пластов

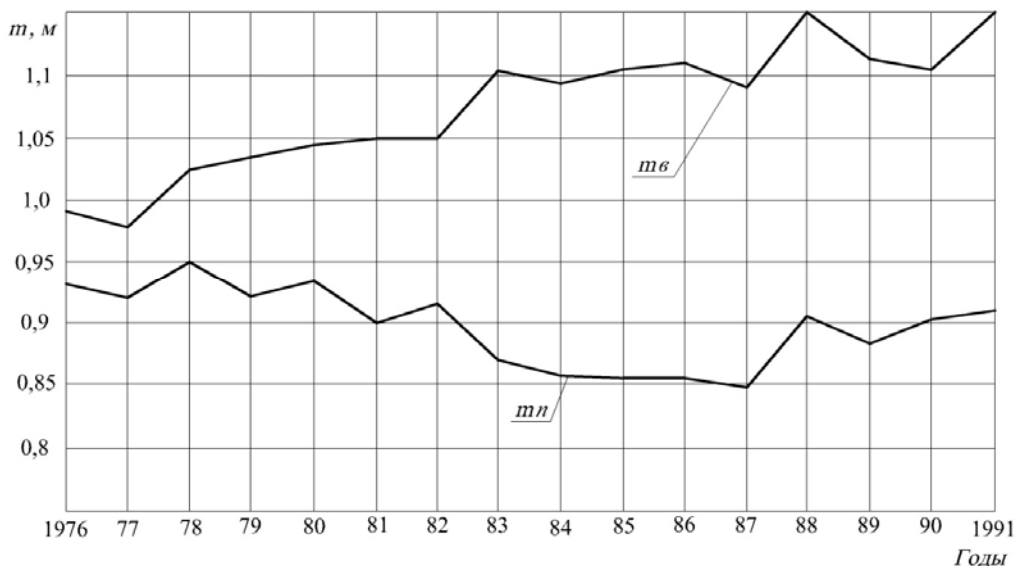


Рис 1.2 - Изменение средних значений вынимаемой (m_e) и полезной (m_n) мощностей по годам

С повышением зольности горной массы ухудшается качество продуктов обогащения и сокращается их выход. Ежегодно на ЦОФ "Павлоградская" поступает более 5 млн. т. горной массы со средней зольностью 42-46%, из которых получают около 2,3 млн. т. концентрата с зольностью 11-11,5%. Расходы на обогащение горной массы довольно значительны и составляют 60-

65% от расходов на ее добычу в очистных забоях. Кроме этого, большое количество средств затрачивается на транспортирование "хвостов обогащения".

Причиной возрастания величин присечек боковых пород в очистных забоях и увеличения эксплуатационной зольности добываемого угля является не только постоянное уменьшение геологической мощности разрабатываемых пластов, но и отсутствие эффективных мероприятий, стимулирующих повышение качества продукции. Последний факт приводит к повсеместному распространению валовой выемки, т.е. технологии, предусматривающей совместную выемку угля и породы. Производственникам даже выгодно увеличивать величину присечки боковых пород, т.к. за счет этого можно достигнуть увеличения объема добычи горной массы, одновременно создав более благоприятные условия работы в очистных забоях.

Как отмечалось выше, составной частью мероприятий по охране природы является защита природных объектов, сельскохозяйственных угодий, зданий и сооружений от подработки. Донецкий бассейн расположен на территории густонаселенных, промышленно-развитых Донецкой, Луганской, Днепропетровской областей с большой плотностью застройки угленосных площадей. Поэтому в настоящее время остается все меньше площадей, на которых можно вести горные работы без учета деформаций земной поверхности. В целиках и зонах охраняемых поверхностных объектов находится 2,4 млрд. т. угля (27% балансовых запасов) [99]. Ежегодно в Донбассе из-под застройки добывается 40-50 млн. т. угля и подрабатываются десятки тысяч объектов различного назначения [82].

В г. Донецке, например, шахты проводят горные работы под плотнозастроенной территорией города. Только за один год подработано 5830 жилых зданий, 295 промышленных объектов, 30 км железных дорог, 85 км магистральных трубопроводов, 18 водных объектов [82].

Проблема подработки земель остро стоит и в Западном Донбассе, т.к. основная часть поверхности региона находится в поймах рек Самара и Волчья. Положение усугубляется тем, что надугольная толща пластов представлена песчано-глинистыми разностями, отличающимися слабой крепостью и малой устойчивостью, поэтому опускания земной поверхности составляют 90-95 % от вынимаемой мощности пластов [57, 64].

Из общего количества балансовых запасов объединения "Павлоградуголь" 1,44 млрд. т. или 29% находится под поймой рек, а на таких шахтах, как "Благодатная", "Павлоградская", "Герновская", "Самарская" – до 80%. Выемка пластов под поймой реки Самара без специальных мероприятий приведет к подтоплению около 11,8 тыс.га земельных угодий, из которых 1,6 тыс.га – лес, 2,3 тыс.га – пашня, 1,4 тыс.га – населенные пункты [82].

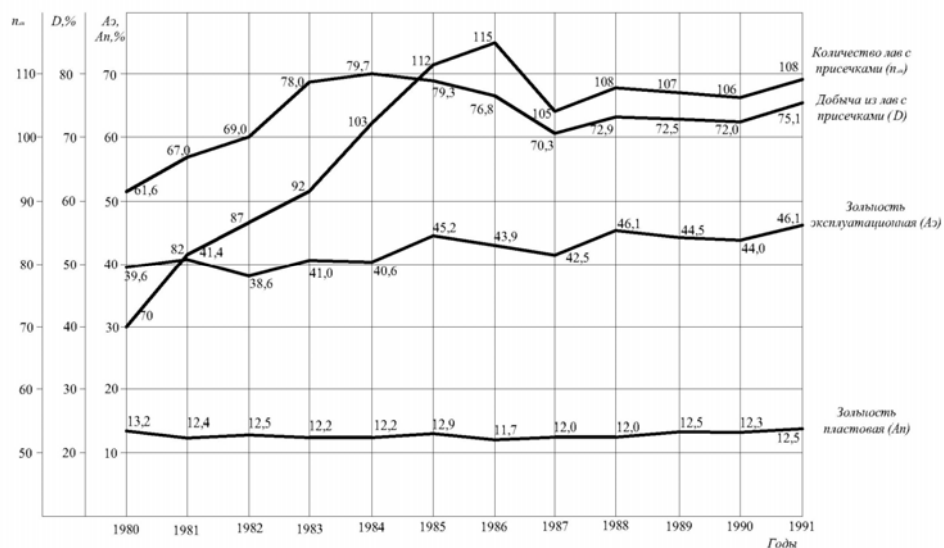


Рис 1.3 - Динамика показателей работы лав с присечками боковых пород на шахтах Западного Донбасса

В зонах подтопления и подработки действующих и строящихся шахт расположены г. Терновка и девять сел с населением более 15 тыс. человек.

К настоящему времени нарушено и затоплено более 5,3 тыс. га сельхозугодий, разрушено и не подлежит восстановлению 677 строений, в том числе 647 жилых домов [82], нанесен значительный ущерб сельскому хозяйству.

В 1974 г. в г. Павлограде создано управление по рекультивации нарушенных земель. На восстановление 2923 га земли было затрачено 32,6 млн. руб., выделено 198 квартир [82]. Выдаваемая из шахт порода и отходы обогащения, всего около 21 млн. м³, использованы для строительства дамб, подсыпки проседающих территорий, засыпки оврагов и другие работы по восстановлению земель.

Рекультивированные территории используются в народном хозяйстве. Например, под пашню отведено 151 га, на 82 га высажен лес, на 682 га оборудованы водоемы для промышленного рыборазведения и сбора сточных вод. Всего осушено и возвращено сельскому хозяйству около 1,3 тыс.га.

В целом по Донецкому бассейну за период с 1976 по 1992 г. на предварительные меры охраны зданий и сооружений, послеосадочные ремонтно-восстановительные работы и выплату компенсаций затрачено 45,6 млн руб. [82].

Как следует из приведенных выше данных, на природоохранные мероприятия по ликвидации последствий деятельности угольных предприятий затрачивается огромное количество средств. Однако никакие средства не позволяют полностью ликвидировать все негативные последствия, так как большинство из них носят необратимый характер.

Одним из наиболее реальных путей, позволяющих значительно снизить указанные выше негативные последствия деятельности горнодобывающих

предприятий, уменьшить расходы на восстановление подработанных земель и сооружений является широкое применение технологии добычи угля, предусматривающую полную или частичную закладку выработанного пространства, а при отработке маломощных пластов – в сочетании с селективной выемкой угля и породы.

Некоторые предпосылки для широкого применения такой технологии уже созданы. С полной закладкой выработанного пространства было добыто 700 тыс.т. угля под центральной частью Донецка, 4600 тыс.т. под металлургическим, коксохимическим и цементным заводами г. Енакиево [99].

На пологих пластах широко применение получили скреперные закладочные установки типа ЗК-02 и ЗК-03 [13, 24, 38], которые используются для закладки породы в выработанное пространство лав и раскосок при прохождении подготовительных выработок (более 400 установок).

Достаточно широкое применение для закладки и оставления в выработанном пространстве породы от проведения подготовительных выработок получил дробильно-закладочный комплекс "Титан - I". Объем применения этого комплекса составил около 50 единиц [13, 99], причем 23 из них работали на 6 шахтах "Донецкугля". При помощи комплексов "Титан - I" в шахтах этого объединения ежегодно оставлялось около 300 тыс.т. породы [63]. По мнению специалистов [4], объемы применения скреперных закладочных установок и пневмозакладочных комплексов "Титан - I" значительно возрастут.

Для выкладки бутовых полос также использовалась порода от проведения капитальных горных выработок, хотя и в незначительных объемах [13]. На шахтах им. А.Г. Стаханова (объединение "Красноармейскуголь") и "Комсомолец Донбасса" (ПАО "Октябрьуголь") для этой цели применялся централизованный дробильно-закладочный комплекс ПЗК с пневмозакладочными машинами ДЗМ-2 [13, 99].

Полная закладка выработанного пространства применялась на шахте им.М.Горького ПАО "Донецкуголь", где начиная с 1970 г. в эксплуатации находился участковый дробильно-закладочный стационарный комплекс (ДЗК) [13, 63]. Подготовка закладочного материала в этом комплексе осуществлялась по одностадийной схеме с использованием двух параллельно работающих дробилок ДО1. Подготовленный закладочный материал посредством ленточного конвейера подавался к закладочной машине ZS -240 и закладывался в выработанное пространство очистного забоя [47]. Такая технология закладки выработанного пространства производилась в сочетании с полной закладкой выработанного пространства коротких лав породой от проведения подготовительных выработок при помощи дробильно-закладочных комплексов "Титан - I" [13, 47].

По данным [63] в 1988 г. с применением стационарного дробильно-закладочного комплекса было отработано восемь лав, добыто 932 тыс.т. угля и оставлено в выработанном пространстве 682 тыс.т. породы.

На шахте "Красный Октябрь" находился в эксплуатации гидрозакладочный комплекс ГЗК, который осуществлял закладку

выработанного пространства породой, специально подготовленной на поверхности [13].

Однако, несмотря на некоторый накопленный на шахтах Украины опыт закладки выработанного пространства, объемы ее применения крайне малы. В шахтах ежегодно оставлялось всего лишь 8-10 млн. т. породы, что крайне недостаточно для нормального функционирования горных предприятий [13].

Основными причинами столь малого применения технологии добычи угля с закладкой или оставлением пород в выработанном пространстве являлось:

- отсутствие серийно-выпускаемых механизированных очистных комплексов для работ с закладкой [13, 43, 63, 104], особенно для отработки тонких пластов;
- сложность транспортирования породы по горным выработкам из-за неудовлетворительного их состояния [13];
- отсутствие или недостаточные мощности компрессорного хозяйства шахт [13];
- недостаточными объемами научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок по созданию технологии и оборудования закладочных работ и др. [13, 63].

При разработке тонких пластов на некоторых шахтах применяется селективная выемка угля и присекаемых пород. Так, на шахте "Добропольская" объединения "Добропольеуголь" была применена такая технология при отработке пласта m_5 , на шахте "Белицкая", где по селективной технологии отрабатывался пласт l_8 , мощностью 0,63 м [30]. Имелись также единичные случаи применения селективной отработки на ряде других шахт Украины. Препятствием для широкого внедрения такой технологии является нехватка транспортных средств для транспортировки и выдачи породы на поверхность, а также стремление производителей выполнить план по добыче угля любой ценой, пусть даже путем значительного ухудшения качества продукции. В последние годы все больше внимания уделяется не вопросам увеличения добычи, а улучшению технико-экономических показателей работы предприятий, поэтому интерес к технологии селективной выемки будет возрастать.

В значительной мере способствовать этому может решение вопросов оставления присекаемой породы в выработанном пространстве лав, однако до настоящего времени в этом направлении проводились лишь исследовательские и экспериментальные работы [26, 32, 44].

В Западном Донбассе на ряде шахт ("Западно-Донбасской", "Днепровской", "Благодатной") в единичных случаях для отработки тонких и весьма тонких пластов применялась селективная выемка угля с выдачей присекаемой породы на поверхность [37, 108], а работы по закладке или оставлению породы в выработанном пространстве до настоящего времени, несмотря на острую их необходимость, не проводились. Поэтому, хотя и был выполнен ряд исследований, направленных на создание технологии отработки

пластов с закладкой и обоснованию эффективности ее применения [20, 40, 44, 64, 77], без должного практического подтверждения вопрос о возможности ведения закладочных работ в условиях шахт Западного района Донбасса остался открытым.

Таким образом, создание малоотходной, природоохранной технологии, обеспечивающей высокие технико-экономические и качественные показатели является актуальным для большинства шахт Донецкого бассейна и особенно для шахт Западного района Донбасса. Созданию такой технологии должно предшествовать обоснование ее параметров, обоснование возможности эффективного применения технологии в условиях шахт Западного Донбасса.

1.2. Анализ работ, посвященных отработке тонких пластов с закладкой выработанного пространства

Вопросам разработки тонких и весьма тонких пологих пластов посвящено довольно большое количество работ [32, 37, 62, 64, 87]. В некоторых из них предлагаются традиционные методы разработки таких пластов с использованием механизированных комплексов и агрегатов, в которых в качестве выемочных механизмов применяются комбайны [32,37, 44], струги [50], скреперо- и конвейероструги [76, 77, 87]. В других работах отработку тонких и, особенно, весьма тонких пластов предлагается производить, применяя нетрадиционные методы добычи [77], в том числе без постоянного присутствия людей в очистных забоях [87, 64].

Однако результаты разработки нетрадиционных методов добычи не позволяют надеяться на скорое их внедрение в производство [61, 71] и по мнению большинства ученых с использованием комплексно - механизированной выемки в обозримом будущем будет отрабатываться - подавляющее большинство тонких и весьма тонких пластов [4, 71].

Струговая выемка, хотя и позволяет эффективно отрабатывать тонкие и весьма тонкие пласты, имеет ограниченную область применения [50] (около 21% очистных забоев шахт Украины), при этом большинство пластов Западного Донбасса ввиду их большой крепости являются непригодными для выемки этим способом.

Таким образом, учитывая вышеприведенные факты, при выборе технологии разработки пластов шахт Западного Донбасса необходимо ориентироваться на применение комбайновой комплексно-механизированной выемки. Однако, как уже отмечалось выше, применение такого способа выемки для отработки тонких и весьма тонких пластов в большинстве случаев сопровождается вынужденными присечками боковых пород.

Для ликвидации этого негативного явления и, следовательно, снижения засорения угля, значительная часть исследователей высказывается за необходимость создания механизированных комплексов, вписывающихся в мощность отрабатываемого пласта [78, 96]. С таким мнением трудно не согласиться, но при современном уровне развития горнодобывающей техники,

автоматики и квалификации обслуживающего персонала вряд ли нужно надеяться на создание такого оборудования в ближайшие годы.

Учитывая это, большинство ученых и специалистов считают необходимым дальнейшее совершенствование и развитие технологии селективной разработки пластов [13, 27, 30, 32, 37, 44].

Наибольшее распространение идея селективной выемки пластов получила при разработке пластов сложного строения, содержащих прослойки пустых пород. На ряде шахт объединения "Карагандауголь" [26] применялась технология с последовательной выемкой пачек угля и породы сверху вниз серийно выпускаемыми очистными комбайнами. При разработке сланцевых месторождений применялся способ селективного извлечения сланца при одном проходе комбайна и выемке прослойка породы при обратном ходе [68].

В начале 70-х годов были предприняты попытки создания специального оборудования для селективной разработки пластов сложного строения, которые могли бы одновременно осуществлять выемку всех пачек угля и породы [33]. Однако промышленные испытания таких комбайнов не дали положительных результатов и в настоящее время они не применяются.

Известны также некоторые варианты технологии селективной выемки для тонких угольных пластов, обрабатываемых с присечками боковых пород.

Так, например, сотрудниками КНИУИ [26] разработаны способы селективной отработки тонких пластов с ложными кровлями или слабыми почвами с использованием механизированных комплексов КМК-97Д и 1МКМ и очистного комбайна 1К101. Отработка пласта осуществляется за два прохода комбайна. При первом проходе комбайна производится отбойка пород кровли, а при втором – угольного пласта. Выемка пород кровли производится на мощность, в которую вписываются серийные или специально изготовленные уменьшенные шнеки комбайна. В случае присечки пород почвы предварительно вынимается пласт угля, а затем породный уступ.

В большинстве случаев, при разработке технологии селективной выемки для отработки тонких и весьма тонких пластов предусматривается присечка пород почвы [27, 30, 37, 41, 44, 45], реже присекаются породы кровли [32, 37]. Отработка пласта в основном производится за два прохода комбайна.

В работах [37, 41] разработано большое количество схем селективной отработки пластов, довольно детально обоснованы основные параметры раздельной выемки угля и пород. В этих работах сделан вывод, что для селективной выемки могут использоваться серийные выемочные и доставочные механизмы с усовершенствованными отдельными узлами, сопротивляемость резанию присекаемой породы не должна превышать 450 Н/мм [41]. С целью улучшения зачистки призабойного пространства рекомендовано принимать направление выемки угля, совпадающее с направлением движения тяговой цепи конвейера [41], а выемку породы – при вращении исполнительного органа в сторону обнаженного пространства.

Наиболее полно вопросы селективной отработки пластов Западного Донбасса отражены в кандидатской диссертации А.Г.Кошки [37]. В этой работе

установлены зависимости скорости подачи выемочной машины при выемке породы, коэффициента машинного времени лавы, производительности очистного забоя при раздельной выемке пласта с выдачей присекаемых пород на поверхность. Сделан вывод, что наилучшие показатели селективной технологии могут быть достигнуты при использовании двух-шнековых очистных комбайнов, типа 1К103. Научно обоснована рациональная область применения селективной отработки пластов в Западном Донбассе.

По нашему мнению, при закладке или оставлении в выработанном пространстве присекаемых пород очистного забоя в предложенные в работе [37] выражения необходимо внести некоторые коррективы, а именно необходимо учесть погрузочную способность выемочной машины, взаимное влияние процессов выемки и закладки и другие особенности технологии.

В большинстве предлагаемых вариантов селективной выемки [30, 41, 45, 68] предусматривалась выдача породы на поверхность. Лишь в некоторых из перечисленных выше работ [26, 37], а также в работах [11, 32, 44] породу, присекаемую в лаве предлагалось оставлять в выработанном пространстве.

В ИГД им. Скочинского был предложен способ селективной выемки тонких пластов с оставлением породы в выработанном пространстве [105]. При этом способе, отбойку угля и породы, производят разнесенными исполнительными органами и одновременно транспортируют раздельными потоками по угольной и породной ветвям конвейера, которые разнесены в горизонтальной плоскости. Уголь доставляется к транспортной выработке, а порода – к закладочной машине, после чего закладывается в выработанное пространство лавы. Преимуществом данного предложения является возможность производить раздельную выемку угля и породы за один проход комбайна, то есть без снижения нагрузки на очистной забой. Однако для реализации этого способа необходимо иметь конвейер с горизонтально разнесенными ветвями, который практически невозможно скомпоновать с механизированной крепью. К тому же возникают дополнительные сложности при управлении очистного комбайна через став конвейера [37].

Предложение Донгипроуглемаша [32] также базируется на раздельной, но одновременной выемке угля и породы. Однако погрузка разрушенной породы здесь осуществляется при перегоне комбайна в исходное положение опущенными обеими шнеками. Закладку присекаемой породы предлагается производить в выработанное пространство спаренной лавы. Для этого необходимо использовать пневматическую закладочную машину, безразборный закладочный пневмопровод с дистанционно управляемыми устройствами бокового выпуска материала и специальную двухконсольную гидрофицированную крепь.

Значительные результаты по созданию технологии раздельной выемки с оставлением породы в шахте достигнуты в ДонУГИ [18]. Здесь были разработаны и апробированы технологические схемы с применением усовершенствованного комплекса КМК97Д и серийно выпускаемого закладочного оборудования. Разработанная технология испытывалась на

шахтах им. Ф.П.Лютикова ПАО "Краснодонуголь" и № 21 ПАО "Советскуголь" [44]. Для механизации очистных работ использовались: выемочный комбайн 1К101, скребковый лавный конвейер СП202, механизированная крепь МК97, для дробления и закладки присекаемой породы – дробилка ДО, скребковый, перегружатель СПМ46, ленточный перегружатель ПЛ4,5, пневмозакладочная машина барабанного типа ZP 200. Кроме серийного оборудования был применен экспериментальный закладочный трубопровод с передвижным механизированным ограждением. Стыковка секций трубопровода осуществлялась дистанционно при помощи гидравлических захватов.

По мнению сотрудников ДонУГИ [44] испытания указанной технологии дали положительные результаты, однако отмечены и недостаточная погрузочная способность комбайна и, следовательно, значительные потери угля, а также большое содержание пыли в очистном забое.

По нашему мнению, несмотря на положительные результаты проверки технологии, в процессе испытаний были недостаточно изучены некоторые вопросы, а именно: взаимное влияние процессов выемки и закладки, изменение силовых параметров крепи при увеличении площади перекрытий ее секций и наличии закладочного массива, параметры последнего при использовании присекаемых пород очистного забоя в качестве исходного материала для закладки и ряд других вопросов.

Кроме того, оборудование, реализующее данную технологию, может быть использовано в лавах с вмещающими породами не ниже средней крепости и, следовательно, применение такой технологии в условиях неустойчивых вмещающих пород Западного Донбасса весьма проблематично. Для успешного ведения закладочных работ в этих условиях необходимо создание выемочно-закладочного оборудования на базе других комплексов, способных успешно работать в этом угледобывающем регионе.

Приведенные выше технологические решения по оставлению породы в выработанном пространстве базируются на пневмотранспортировании породы к месту возведения закладочного массива. Существует также ряд решений, которые основываются на применении для оставления породы механических средств. Так, технические решения ДГИ (ныне НГУ) [53] заключались в использовании для закладки или оставления породы специального закладочного скребкового конвейера с разгрузочными окнами, закрепленного на удлиненной завальной консоли секции механизированной крепи. Работниками КНИУИ предлагалось породу от селективной выемки угля в очистных забоях размещать в выработанном пространстве при помощи шнековой установки, которая размещается вдоль лавы с завальной стороны механизированной крепи [2].

Эти решения, несмотря на некоторые преимущества, такие как простота и незначительное пылеобразование, вряд ли будут доведены до серийного производства в ближайшие годы. Кроме того, они не позволяют создать плотный закладочный массив по всей длине выработанного пространства и могут быть использованы лишь для оставления незначительного количества

породы в шахте. Нам же необходимо найти универсальные решения, которые можно использовать как для оставления небольшого количества породы в выработанном пространстве, так и для полной закладки.

Начиная с середины 70-х годов институтами ДонУГИ [44, 66], ИГД им. Скочинского [69, 92], КНИУИ [35, 65, 67], Донгипроуглемаш [43, 58] ведутся работы по созданию выемочно-закладочных комплексов для пластов различной мощности и с различными углами падения.

ДонУГИ были разработаны технологические схемы пневматической закладки [66], которые основываются на применении комплекса КДЗ, созданного на базе серийно-выпускаемого комплекса "Донбасс", обоснована его область применения. Закладку выработанного пространства было предусмотрено производить при помощи безразборного закладочного трубопровода с боковыми выпусками породы, подвешенного к обратным консолям механизированной крепи. Также в этой работе проведены крупномасштабные шахтные исследования проявления горного давления при закладке выработанного пространства в одной из лав шахты им. Горького объединения "Донецкуголь". В частности, были определены величины и характер смещения боковых пород в закладочном массиве, рабочем пространстве лавы, в прилегающих к ней выработках, установлены значения деформаций земной поверхности. Такой всесторонний подход к изучению параметров технологии может быть использован при исследовании параметров предлагаемой нами технологии.

К сожалению, испытания комплекса КЗД из-за ряда конструктивных недостатков и организационных причин не были проведены и дальнейшие работы по созданию этого комплекса были приостановлены.

Из работ ИГД им. Скочинского и КНИУИ наибольшего внимания заслуживают работы, посвященные созданию выемочно-закладочных комплексов для отработки пологих пластов средней мощности с закладкой на базе комплексов КМ87 и КМ88 [35, 65, 67, 69]. Разработанные выемочно-закладочные комплексы предусматривают гидравлическую [67, 69] или пневмозакладку [35, 65] выработанного пространства. Технология с применением этих комплексов была апробирована в Карагандинском бассейне.

Позднее, в 1984 г. разработан проект на создание пневмозакладочного механизированного комплекса КМПЗ [35], который включал механизированную крепь М87УМГ, очистной комбайн 1ГШ68, забойный конвейер СП87П-31, кабелеукладчик ЦТ4, электрооборудование, крепи сопряжения КС1МУ и закладочные механизмы.

Механизированная крепь была создана на базе серийно выпускаемой крепи М88УМ и в отличие от нее оснащалась подрессоренной обратной консолью, под которой размещались ограждающая щитовая стенка и закладочный трубопровод с торцевым выпуском породы.

Конструкция выемочно-закладочного комплекса хорошо продумана, имеет ряд положительных сторон и некоторые ее особенности могут быть использованы нами в дальнейшей работе.

Созданию выемочно-закладочного комплекса для отработки тонких пологих пластов посвящены работы Донгипроуглемаша [43, 58]. Комплекс было предложено создать на базе комплекса КД-80, а в последствие на базе комплекса нового уровня МКД-90. Отличительными особенностями выемочно-закладочного комплекса являются: наличие обратных консолей секций механизированной крепи, увеличенный шаг установки секций, несколько измененный лемнискатный механизм, закладочный трубопровод с боковыми выпусками закладочного материала. Комплекс способен обрабатывать пласты мощностью 0,95-1,4 м. Шахтная проверка работоспособности экспериментальных секций с трубопроводом на шахте "Коммунарская" объединения "Шахтерскуголь" дала положительные результаты.

Комплексы КД-80 успешно эксплуатировались и до сих пор эксплуатируются на шахтах Западного Донбасса. Поэтому можно было предположить, что выемочно-закладочный комплекс, создаваемый на его базе, может достичь высоких технико-экономических показателей. Однако в первом варианте выемочного комплекса было предусмотрено применение комбайна КА-80 с барабанными исполнительными органами, что не позволило бы производить селективную отработку пластов мощностью менее 0,95-1 м без присечки боковых пород. Только применение в составе выемочно-закладочного комплекса выемочной машины со шнековыми исполнительными органами позволило обеспечить отделение породы от угля в процессе добычи, что создает дополнительный источник получения породы, необходимой для закладки выработанного пространства.

Вопросам обоснования конструктивных параметров механизированных крепей, в том числе и закладочных, посвящена монография Ю.А.Коровкина [36]. В ней автор утверждает, что для лав с пневмозакладкой, механизированная крепь должна дополнительно поддерживать кровлю над закладочной полосой на величину двух глубин захвата выемочной машины. Поэтому завальные консоли должны иметь длину 1,2-1,6 м, а с учетом необходимости размещения закладочного трубопровода – 1,8-2,6 м. Второй ряд стоек в секции крепи, по мнению Ю.А. Коровкина, должен по возможности располагаться ближе к закладочному массиву с возможным уменьшением длины перекрытия, а завальную консоль целесообразно подпирать дополнительно. Рабочее сопротивление второго ряда стоек крепи целесообразно принимать большим, чем по первому ряду, а при одинаковом сопротивлении по рядам стоек силовые параметры закладочных механизированных крепей должны быть избыточными.

В монографии отмечено, что при работе с полной закладкой выработанного пространства, класс кровли по управляемости понижается на один порядок, то есть рабочее сопротивление закладочной механизированной крепи, работающей в условиях «труднообрушаемых» кровель должно приниматься на уровне требований среднеуправляемого класса при работе с обрушением. Если же класс кровли оценен как среднеуправляемый, то

основные силовые параметры закладочной механизированной крепи должны приниматься не ниже уровня требований легкоуправляемого класса.

Последнее утверждение не охватывает пласты, непосредственная и основная кровля которых, представлена неустойчивыми породами. Поэтому для обоснования параметров закладочных механизированных крепей в этих условиях необходимо выполнить ряд исследований, направленных на установление закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния массива пород от технологических параметров при закладке выработанного пространства в условиях шахт Западного Донбасса.

По мнению Ю.А. Коровкина [36] для тонких пластов мощностью до 1,5 м целесообразно применение закладочной крепи, типа КДЗ-90 с сопротивлением 380-420 кН/м².

Определенный интерес представляет зарубежный опыт селективной разработки угольных пластов с закладкой выработанного пространства. Такая технология применялась на шахте "Парк Милл" в Великобритании при отработке пласта сложного строения [18, 44, 108]. Раздельную выемку осуществляли за два прохода комбайна. При первом проходе вынимали одновременно нижнюю и верхнюю угольные пачки, затем, при обратном проходе выемочной машины – породный пропласток мощностью 0,8-0,9 м. передним шнеком. Задний шнек при этом зачищал почву пласта. Порода, из прослойка, грузилась комбайном на лавный скребковый конвейер, с него перегружалась на штрековый ленточный конвейер на откаточном штреке. С ленточного конвейера порода поступала на конвейер, установленный в просеке, а затем в дробилку для измельчения породы до крупности менее 50 мм. После дробления, порода поступала на конвейер, смонтированный на вентиляционном штреке и через систему коротких конвейеров загружалась в пневмозакладочную установку "Байен" (Германия) и далее закладывалась в выработанное пространство лавы.

В результате применения такой технологии добычи достигнуты высокие технико-экономические показатели работы очистного забоя. Производительность лавы составила 1100-1200 т угля в сутки, в выработанном пространстве оставлено около 85% породы, содержащейся в прослойке.

В других зарубежных странах, технология, предусматривающая закладку выработанного пространства, применяется, лишь при разработке пластов мощностью более 1,6 м [18, 25, 97, 102], а незначительное количество пластов меньшей мощности разрабатываются с полным обрушением пород кровли.

Особо следует выделить группу работ, посвященных созданию природоохранных технологий для условий Западного Донбасса, предусматривающих закладку выработанного пространства.

Большой вклад в решение этой проблемы внесли ученые Украины: Выстороп В.В., Жуков В.Е., Заря А.В., Кияшко И.А., Колоколов О.В., Кузнецов Н.В., Лисица И.Г., Макаревич Ю.С., Мищенко Н.В., Садовенко И.А., Сапицкий К.Ф., Стыцин В.И., Шендерович Ю.М. и др.

Необходимость применения таких технологий, по мнению большинства ученых не вызывает сомнений [20, 27, 40, 44, 57, 64, 77].

Еще в 70-х годах кафедрой маркшейдерии НГУ выполнен ряд исследований по определению величин зон возможного затопления при разработке угольных пластов в пойме реки Самары с полным обрушением кровли и с закладкой выработанного пространства. При этом было принято, что опускания земной поверхности при закладке составят 50% от вынимаемой мощности разрабатываемых пластов. В результате выполненных расчетов установлено, что за счет закладки выработанного пространства на шахтах "Самарская", "Павлоградская", "Благодатная", "Терновская" можно уменьшить площадь затопления на 3714 га, то есть около 64% земель в пойме реки Самары будет сохранено [57, 64].

Наиболее остро стоит необходимость применения закладки на шахтах "Благодатная" и "Самарская", где эффект от ее применения наибольший [20, 64].

В связи с этим были предложены различные варианты природоохранных технологий, направленных на сохранение земной поверхности [20, 64, 77].

Сотрудниками ДПИ была предложена короткозабойная технология отработки угольных пластов [77]. По мнению авторов, при ширине межкамерных целиков, равной ширине камер можно полностью избежать смещений земной поверхности. Однако специалисты ДонУГИ [20, 44] и ДГИ [64] показали, что смещения пород в камерах в конечном итоге приведут к сдвигению всей вышележащей толщи пород. При этом характер сдвижения будет таким, как и при полном обрушении в лавах. При оставлении межкамерных целиков указанных размеров смещения пород, снижаются на 50%, а процесс деформаций пород растягивается во времени [20, 44]. Это утверждение доказано практически при опытной выемке угля камерами в 1974 году на шахте "Благодатная" [64].

Уменьшения деформаций земной поверхности при короткозабойной технологии можно достичь за счет закладки выработанного пространства камер [20, 44]. Однако для короткозабойной технологии к настоящему времени не создано высокоэффективных выемочных и закладочных средств, поэтому такая технология в ближайшие годы вряд ли получит широкое распространение.

Учитывая это, сотрудниками ДГИ под руководством проф. О.В. Колоколова было предложено использовать для разработки пластов шахт Присамарья бурошнековую выемку в сочетании с пневматической закладкой или закладкой выбуренных полостей шнековой установкой [64]. Это предложение также основывается на высказанном автором мнении, что способ возведения закладочного массива с боковым выпуском закладочного материала, применяющийся обычно в сочетании с механизированными крепями, в условиях Западного Донбасса неприемлем. Так как слабые породы кровли обрушаются, сразу же после передвижки секций крепи, заполняя выработанное пространство, и тем самым, исключая возможность подачи в него закладочного материала. Этот факт создает затруднения и для применения

торцевого выпуска, традиционная технология применения которого потребует, по мнению авторов существенного изменения [64].

Сотрудники ДонУГИ В.Е. Жуков и В.В. Выстороп [20, 44] не поддержали последнее мнение и наоборот, отдали технологическое предпочтение схеме с механизированной крепью и трубопроводом для фронтального выпуска закладочного материала.

Бесспорно, при применении бурошнековой выемки пластов с закладкой может быть достигнута наименьшая усадка земной поверхности. Кроме этого такая технология отличается простотой, малой трудоемкостью, высокими технико-экономическими показателями добычи угля. Однако, область применения бурошнековой выемки ограничивается пластами невысокой крепости со спокойной гипсометрией их залегания, и в условиях Западного Донбасса применение этой технологии, по нашему мнению, возможно лишь для отработки забалансовых запасов или выбуривания оставленных целиков угля.

Все специалисты, занимавшиеся вопросами закладки в Западном Донбассе отдают предпочтение пневмозакладке [20, 40, 44, 64], однако при этом утверждают, что в чистом виде быстроразмокающие и склонные к налипанию породы этого региона будут создавать закладочный массив неудовлетворительного качества и трудности при их пневмотранспортировании [64]. Это же относится и к имеющимся в Западном Донбассе тонко- и мелкозернистым пескам, которые из-за большого содержания глинистых частиц также в чистом виде непригодны для использования в качестве закладочного материала [20, 44].

В связи с этим, для закладки на шахтах Западного Донбасса, рекомендовано использовать двухкомпонентные шихты, состоящие из 75-80% дробленой шахтной породы и 20-25% песка [20, 40, 44, 64]]. В этом случае усадка закладочного массива не будет превышать 30%.

В работах [44, 64] указывается, что на шахтах Западного Донбасса выдается на поверхность около 40% породы от объема добываемого угля, полученной при проведении и ремонте выработок, а по шахтам "Самарская" и "Благодатная" эта величина составляет 44 и 43% соответственно [64].

Опыт закладки выработанного пространства показывает, что на каждую тонну добываемого угля необходимо для полной закладки 1 т закладочного материала. В связи с этим, в работе [64] отмечается, что шахтной породы будет недостаточно для полной закладки выработанного пространства и в шахту необходимо доставлять породу из других источников. Также указывается, что стволы на шахтах объединения не предназначены для спуска закладочного материала и имеют ограниченные возможности для их оснащения дополнительными техническими средствами [64], что не позволяет обеспечить полную закладку в припойменной зоне. При этом не учитывается, что из очистных забоев выдается довольно значительное количество породы от присечек боковых пород. А ведь их объем составляет в среднем на шахтах Западного Донбасса около 17% [30] от общей добычи.

Этот факт еще раз подтверждает необходимость применения в этом регионе селективной отработки пластов. При ее применении в ряде случаев шахтной породы будет достаточно для закладки выработанных пространств под охраняемыми объектами.

Необходимость применения для пневмозакладки двухкомпонентных шихт, состоящих из шахтной породы и песка, по нашему мнению не вызывает сомнений. Однако сложность в применении таких закладочных материалов заключается, опять-таки, в ограниченных возможностях шахтных стволов для спуска песка. Поэтому на первом этапе внедрения закладочных работ необходимо использовать для закладки лишь шахтную породу. Для этого необходимо осуществить проверку возможности ее применения для этой цели, а также параметры возведенного из шахтной породы закладочного массива.

Из краткого анализа выполненных работ и литературных источников можно констатировать, что вопрос создания природоохранной, малоотходной технологии для условий Западного Донбасса остался нерешенным, хотя некоторые работы в этом направлении и проводились. Несмотря на то, что достаточно глубоко исследована технология раздельной выемки угля и пород и доказана ее эффективность при применении в Западном Донбассе, широкого распространения она не получила по следующим причинам:

- к настоящему времени не созданы технология и средства закладки присекаемых пород очистного забоя в выработанное пространство;
- отсутствует инфраструктура закладочных работ;
- недостаточно обоснованы параметры выемочно-закладочной технологии;
- недостаточно изучен вопрос о возможности использования шахтных пород Западного Донбасса в качестве закладочного материала, особенно в случае получения их в очистном забое.

Решение этих вопросов создает предпосылки для широкого внедрения технологий, повышающих экологичность горного производства и улучшающих при этом качество добываемого угля.

1.3. Цель, задачи и методы исследований

На основании анализа рассмотренных работ установлено главное направление исследований – научно-техническое обоснование основных параметров технологии отработки тонких пологих пластов с закладкой выработанного пространства, разработка на их основе принципиальных схем технологии и требований к выемочно-закладочному комплексу машин.

Целью работы является установление закономерностей и зависимостей, необходимых для обоснования основных параметров технологии отработки тонких пластов с закладкой выработанного пространства.

Для достижения этой цели в работе поставлены и решены следующие задачи:

- установить закономерности изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород от технологических параметров ведения очистных работ при закладке выработанного пространства;
- выполнить научно-техническое обоснование основных параметров технологии отработки пластов с закладкой выработанного пространства;
- обосновать возможность использования шахтных пород Западного Донбасса в качестве закладочного материала;
- установить основные конструктивные особенности выемочно-закладочного комплекса машин и разработать технологические схемы отработки тонких пологих пластов с закладкой для условий шахт Западного Донбасса.

Для решения поставленных задач использовались аналитические, натурные и лабораторные исследования, математическое моделирование с использованием ПК.

ГЛАВА 2. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ ТОНКИХ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ С ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

2.1. Общие положения

В настоящей главе выполнено обоснование основных параметров технологии отработки пластов Западного Донбасса с закладкой выработанного пространства. Исследуемые параметры условно подразделены на три группы.

К первой группе отнесены параметры геомеханических процессов надугольной толщи. Они включают: величины нормальных нагрузок на слои надугольного массива; геометрические параметры эпюр нагрузок при закладке выработанного пространства; сближения и деформации пород в лаве и в закладочном массиве; силовые параметры механизированной крепи; нагрузку, воспринимаемую закладочным массивом; опускания земной поверхности над ним. Эти параметры, установленные при закладке, сравнивались с аналогичными, при управлении кровлей полным обрушением и на этом основании определены отличительные признаки и эффективность предлагаемой технологии от традиционной для условий Западного Донбасса.

Вторая группа объединяет геометрические параметры технологии, к которым отнесены: длина очистного забоя, ширина бутовой полосы при частичной закладке выработанного пространства с оставлением в нем пород от раздельной выемки в лаве или пород от проведения прилегающих к очистному забою выработок.

Режимные параметры технологии, которые объединены в третью группу, включают: скорость подачи выемочной машины во взаимосвязке с закладкой породы и коэффициент машинного времени лавы.

Указанные параметры исследованы аналитически. Правильность их обоснования должна быть подтверждена при проведении шахтных исследований предлагаемой технологии.

2.2. Аналитические исследования параметров технологии по фактору горного давления

2.2.1. Объект аналитических исследований

Необходимость применения технологии отработки пластов, с закладкой выработанного пространства, на шахтах Западного Донбасса, может быть вызвана различными причинами, например: необходимостью оставления пород в шахте, отработкой пластов с труднообрушаемыми кровлями (пласт C_5 шахты "Благодатная") или сближенных пластов (пласт C_8^B и C_8^H шахт "Западно-Донбасская", "Шашкова" и др.), а также, что наиболее важно, отработкой пластов под охраняемыми объектами.

В настоящее время разработку пластов под поймой реки Самары ведут шахты "Самарская", "Благодатная", "Терновская", "Степная" и "Западно-

Донбасская". Наиболее остро проблемы подработки охраняемых земель стоят на шахтах "Самарская", "Благодатная" и "Западно-Донбасская", где основная часть оставшихся запасов находится под поймой реки Самары или под застроенными территориями. Кроме этого, как уже отмечено выше, применение технологии с закладкой выработанного пространства позволит сохранить большую часть (до 70-90 %) подрабатываемых земель и, следовательно, эффект от применения закладки на этих шахтах будет наибольшим.

Горно-геологические условия шахт "Благодатная" и "Самарская" в основном сходны, поэтому исследования параметров рекомендуемой технологии по фактору горного давления, выполненные для условий одной из этих шахт, могут быть использованы на другой. Шахта "Западно-Донбасская" имеет большую глубину разработки и несколько иные горно-геологические условия, поэтому рационально выполнить расчет напряженно-деформированного состояния пород надугольной толщи при закладке выработанного пространства для двух шахт: "Благодатная" и "Западно-Донбасская".

Исследования, выполненные для условий этих шахт, будут представлены для всего Западного Донбасса, т.к. охватывают большую часть условий разрабатываемых пластов этого региона.

Для исследований отобраны пласты, для которых закладка является наиболее перспективной и большая часть запасов которых под охраняемыми территориями еще не отработана. Таким пластом на шахте "Благодатная" является пласт C_7^H , а для шахты "Западно-Донбасская" – пласт C_8^H .

Таким образом, учитывая вышесказанное, аналитические исследования параметров технологии по фактору горного давления целесообразно выполнить для условий пласта C_7^H шахты "Благодатная" и пласта C_8^H шахты "Западно-Донбасская".

2.2.2. Выбор метода расчета напряженно-деформированного состояния массива горных пород

Существует большое количество методов прогноза состояния массива горных пород при ведении очистных работ. Основным требованием, которое учитывалось при выборе метода, является возможность решения всех поставленных задач, причем с максимальной точностью.

Значительное количество работ, выполненных в этой области, можно условно подразделить на три основные группы. В первой группе работ горный массив представляется сплошной средой, деформации в котором происходят без нарушения сплошности. Во второй группе работ толща пород рассматривается как слоистая среда, представленная консольными балками или плитами. Работы третьей группы связаны с изучением закономерностей распределения напряжений и деформаций в опорной зоне на основе экспериментальных данных. Последние методы могут быть использованы лишь в определенных условиях или требуют в каждом конкретном случае

проведения трудоемких экспериментов. Вследствие этого они не получили широкого распространения и в настоящем анализе не рассматриваются.

В работах первой группы массив рассматривается в целом от кровли разрабатываемого пласта до поверхности. Толща пород представляется сплошным массивом, который обладает пластичными [1, 5], упругими [48], или упругопластичными [14, 15] свойствами.

В некоторых работах, выполненных на основе методов механики сплошной среды [15, 42, 49] приведено аналитическое описание напряженно-деформированного состояния массива горных пород при закладке выработанного пространства. В работе [72] рассматривается взаимодействие вмещающих пород, закладочного массива и угольного пласта с учетом его запредельного деформирования. Математический аппарат теории упругости и пластичности довольно сложен и трудоемок, однако из-за неоднородности свойств осадочных пород дает лишь приближенные результаты [9, 80]. Кроме того, по мнению Л.Г. Фисенко [95], представление толщи пород в виде сплошного массива не позволяет учесть важнейшие горно-геологические факторы, такие как наличие породомостов, их мощность, расположение по высоте и др.

В последние годы широкое применение для расчета напряженно-деформированного состояния пород получил "Метод конечных элементов" [2, 34, 55], основанный на аппроксимации сплошной среды при помощи дискретных элементов, которые имеют произвольную форму и взаимодействуют друг с другом через узлы. Этот метод имеет ряд положительных сторон. Он обеспечивает возможность задания неоднородности массива, регулирование точности расчетов путем сгущения сетки элементов, свобода в задании конфигурации областей и граничных условий, наглядность и др.

Известно, что деформации пород в зоне изгиба сопровождаются расслоением между слоями пород, образованием полостей [22, 72], параметры которых зависят от ряда геологических и горнотехнических факторов. Расслоение имеет место не только над выработанным пространством, но и над массивом. Это приводит к неравномерному распределению нагрузок в надугольной толще, поэтому при использовании метода конечных элементов для большей достоверности результатов расчета необходимо знать размеры полостей расслоения и закон распределения нагрузок по ширине выработок.

Вторая группа объединяет работы ученых, которые рассматривают надугольный массив как дискретную слоистую среду. Из этой группы, следует выделить работы В.Д. Слесарева [80], ученым было предложено использовать для расчета приближенный метод, основанный на теории плит; Г.Н. Кузнецова [39], методы расчета которого базируются на гипотезе "шарнирных блоков"; А.А. Борисова [7], который на основе разработанного им объемного моделирования установил ряд положений о характере деформаций пород основной кровли. На основании экспериментальных данных и анализа теории тонких плит А.А.Борисов доказал приемлемость теории тонких плит для

решения геомеханических задач и разработал расчетную схему, которая представляет собой модель консольной балки, лежащей на упругом основании. Эта схема предусматривает разделение толщи подработанных пород на пачки с породами-мостами в основании и закрепляющей нагрузкой в защемлениях.

Также, из этой группы, следует отметить работы сотрудников ВНИМИ [7, 9], которые рассматривают горный массив слоистым, сохраняющим непрерывность деформаций с проскальзыванием по контактам наслоения. Процесс сдвижения пород надугольного массива протекает в виде последовательного изгиба плит, а при значительных размерах очистной выработки – балок-полосок. При этом допускается, что опускания всех слоев в вертикальной плоскости имеют одинаковые величины.

Разработке методов расчета величин горного давления и нагрузки на механизированную крепь при закладке выработанного пространства посвящены работы Ф.Ф. Шаламберидзе [100]. Используя элементы гипотезы шарнирных блоков, автор утверждает, что крепь очистной выработки должна поддерживать только слои непосредственной кровли, разбитой на отдельные блоки, между которыми существует горизонтальный распор, а основная кровля опирается на угольный массив. На основании этого предположения автором разработаны выражения для определения конвергенции боковых пород и нагрузки на крепь. Однако автор ограничивает область применения своего метода лишь условиями разработки свиты пластов на больших глубинах, подверженных неоднократной подработке или надработке.

Таким образом, в работах этой группы, надугольный массив рассматривается как слоистая среда, деформация которой, происходит с нарушением сплошности по контакту напластования. В работе [95] отмечается, что такая модель среды позволяет учитывать важнейшие горно-геологические факторы, а именно: структурные особенности залегания пород, их механические свойства, влияние мощных пород - мостов на процессы сдвижения надугольного массива горных пород.

Однако, методы расчетов, описанные в большинстве этих работ, позволяют решать лишь частные вопросы, определить, например, шаг посадки основной кровли, конвергенцию боковых пород, нагрузку на механизированную крепь. Они не позволяют решать все геомеханические задачи в комплексе, не учитывают некоторые горнотехнические и технологические факторы.

Все геомеханические параметры, которые должны быть обоснованы в настоящей работе, могут быть установлены при использовании метода, разработанного в Национальном горном университете проф. А.В.Савостьяновым. Этот метод учитывает влияние геологических, горнотехнических и производственных факторов на состояние горного массива в процессе ведения очистных работ, что позволяет решать целый ряд технологических задач, в том числе при различных способах управления кровлей.

Метод расчета достаточно подробно изложен в ряде работ [73, 74, 75], поэтому нет необходимости в его подробном описании. Отметим лишь, что в указанном методе, модель надугольной толщи, представлена в виде пакета тонких плит, нежестко заземленных по контуру очистной выработки и нагруженных неравномерно распределенной нагрузкой от массы подработанных пород.

Для исследования состояния пород при ведении очистных работ надугольная толща разделяется на слои по литологическим разностям пород. Вначале определяются геометрические параметры эпюр нормальных нагрузок с учетом глубины залегания слоя, его мощности, литологической разности, скорости подвигания забоя, длины лавы и времени, прошедшего с момента окончания очистных работ в рассматриваемом сечении, вынимаемой мощности пласта, способа управления кровлей. После этого, при заданной длине лавы устанавливается закон распределения нормальных нагрузок и их величина в характерных точках на уровне любого заданного слоя породы.

Изменение скорости подвигания очистного забоя учтено путем использования зависимостей изменения модуля деформации пород над выработанным пространством $E_{\text{п}}$ и коэффициента жесткости системы β от времени, которые получены на основе теоретических и экспериментальных исследований.

При известных параметрах эпюр нагрузок и вычисленных коэффициентах, характеризующих закон распределения этих эпюр, производится расчет опусканий и деформаций слоя породы. Расчеты по установлению закономерностей распределения нормальных нагрузок и вычисление параметров, характеризующих состояние пород, выполняются с использованием ПК по рабочим программам, разработанным в НГУ.

2.2.3. Результаты аналитических исследований

Для "аналитических исследований напряженно-деформированного состояния массива горных пород были приняты условия 746-бис лавы пласта C_7^H шахты "Благодатная" и 837 лавы пласта C_8^H шахты "Западно-Донбасская". Исходными данными для расчета являются стратиграфические разрезы надугольной толщи в указанных условиях (рис.2.1, 2.2).

Согласно определениям [8, 73] непосредственной кровлей пласта является толща легкообрушаемых пород, представляющая собой консоль, нагрузка со стороны которой воспринимается массивом и крепью, а основной кровлей – толща прочных труднообрушаемых пород, оказывающая силовое воздействие на массив и обрушенные породы или закладку.

Следуя этому определению и учитывая, что вслед за передвижкой механизированной крепи в условиях Западного Донбасса обрушается толща пород мощностью 3-4 м, к непосредственной кровле при управлении кровлей полным обрушением для условий шахты "Благодатная" отнесен слой аргиллита мощностью 3 м (слой 1 на рис.2.1), а для условий шахты "Западно-Донбасская"

- слой аргиллита мощностью 4 м, залегающий между пластами C_8^H и C_8^B (1-й слой на рис.2.2).

Второй, вышележащий слой отнесен к основной кровле.

При закладке выработанного пространства породы кровли обычно ложатся на закладочный массив, не обрушаясь, поэтому первый породный слой включен в основную кровлю, и принято, что непосредственная кровля при закладке выработанного пространства отсутствует.

Расчет выполнен для различных способов управления кровлей.

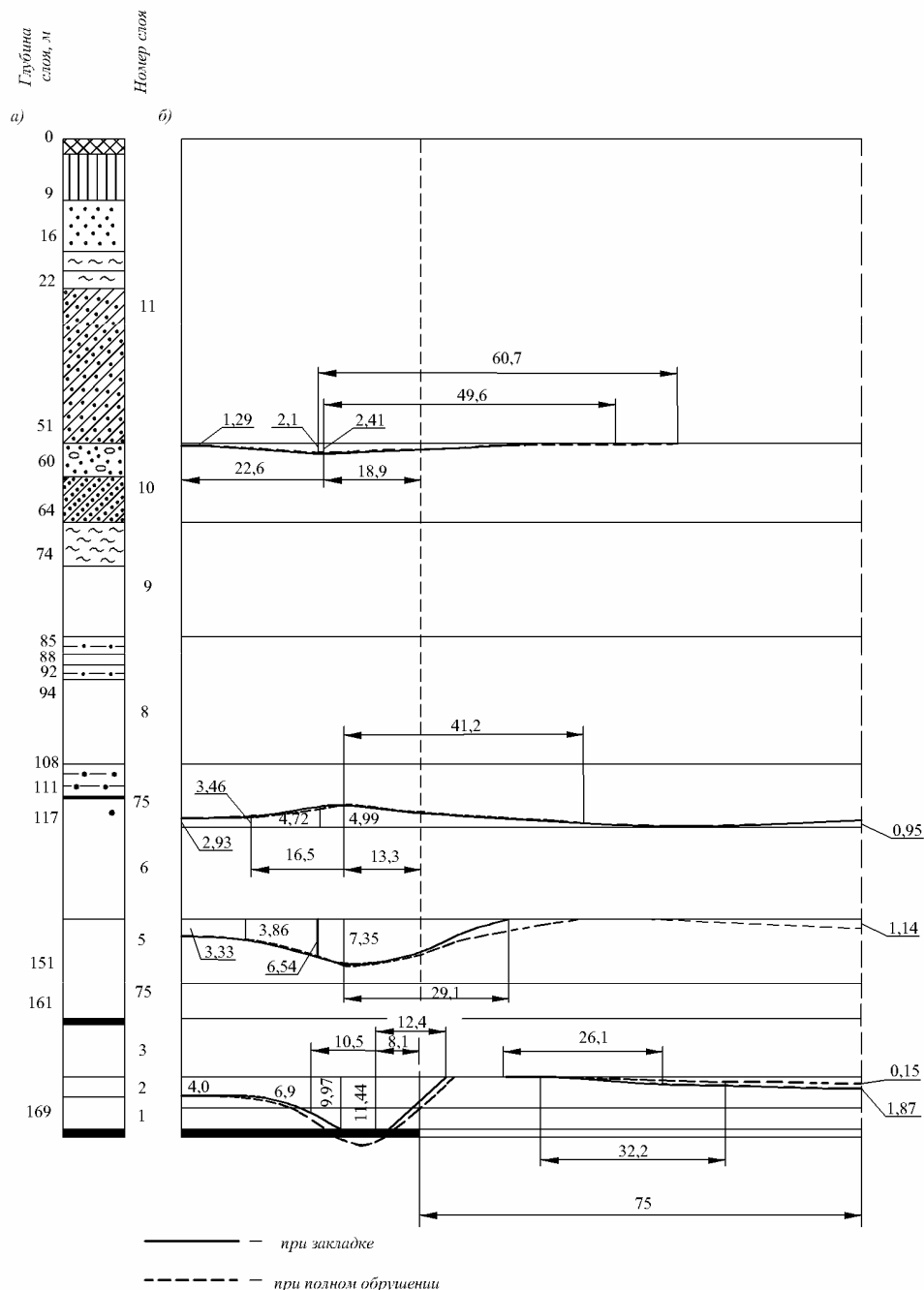


Рис 2.1 – Стратиграфический разрез (а) и распределение нормальных нагрузок в породах надугольной толщи (б) пласта C_7 шахты «Благodatная»

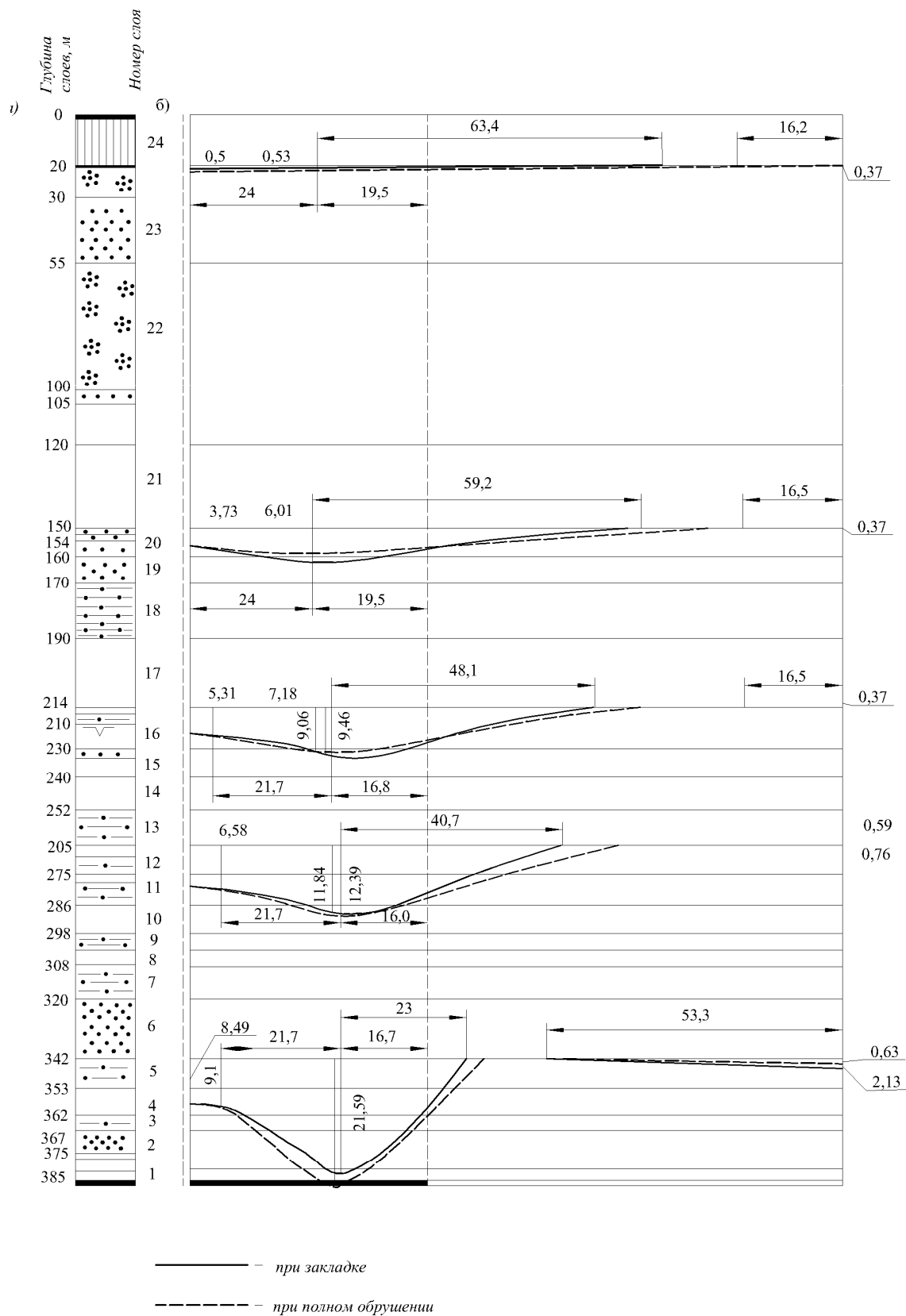


Рис 2.2 – Стратиграфический разрез (а) и распределение нормальных нагрузок в породах надугольной толщи (б) пласта С₈ ш. «Западно –Донбасская»

При этом скорость подвигания очистного забоя изменялась от 1 до 3 метров в сутки, а длина лавы – от 100 до 200 метров.

На основании расчета установлен характер распределения нормальных нагрузок в породах надугольной толщи при закладке выработанного пространства и, для сравнения, полным обрушением. На рис.2.1 и 2.2 представлено распределение этих нагрузок по слоям при скорости подвигания очистного забоя 2 м/сут и длине лавы, равной 150 м.

Установлено, что закладка выработанного пространства приводит к снижению нагрузок в опорной зоне и уменьшению протяженности этой зоны. При этом возрастают нагрузки на слои пород над выработанным пространством. Для условий шахты "Благодатная" на уровне 3-го жесткого слоя, например, нормальные нагрузки над выработанным пространством увеличились с 0,15 МПа до 1,87 МПа (рис.2.1), а для шахты "Западно-Донбасская" (рис.2.2) – с 0,63 до 2,13 МПа (6-й жесткий слой).

Аналогичная картина наблюдается и в первом, ближайшем к угольному пласту слое (рис.2.3, 2.4), где, при закладке выработанного пространства, нормальные нагрузки на кровлю угольного пласта в опорной зоне снижаются на 11-20 % при уменьшении ее ширины, а в выработанном пространстве нагрузки возрастают с 0,27МПа до 2,6 МПа в условиях шахты "Благодатная" и с 2,03 до 3,35 МПа для условий второй исследуемой шахты.

Такое изменение параметров эпюр нагрузок объясняется тем, что при закладке выработанного пространства, за счет уменьшения величин опусканий слоев, снижаются объемы зависающих над массивом пород и уменьшаются размеры полостей расслоения между породными слоями.

В табл.2.1 представлены параметры защемления и величины нормальных нагрузок в первом породном слое при различных технологических условиях. На основании данных этой таблицы установлены закономерности изменения геометрических и физических параметров эпюр нагрузок в зависимости от подвигания очистного забоя и длины лавы (рис.2.5).

Из анализа данных таблицы следует, что в рассматриваемых условиях геометрические параметры эпюр нагрузок, а именно расстояние от максимума нагрузки до точки, где они соответствуют силам гравитации (a) и расстояние от забоя до максимальной нагрузки (d_0) не зависят от длины лавы, а в значительной мере зависят от скорости подвигания очистного забоя и способа управления кровлей.

При увеличении скорости подвигания лавы от 1 до 3 м/сут ширина опорной зоны ($a + d_0$) при закладке снижается на 12 % в условиях шахты "Благодатная" и на 10 % в условиях шахты "Западно-Донбасская". Закладка выработанного пространства приводит к значительному (до 20-40 %) уменьшению ширины опорной, зоны по сравнению с полным обрушением (табл.2.1) и снижению максимальных нагрузок на угольный пласт (параметры σ_2 , σ_{12}).

Кроме этого, следует отметить, что при закладке выработанного пространства нормальные нагрузки при увеличении длины лавы изменяются менее интенсивно, чем при управлении кровлей полным обрушением (рис.2.5).

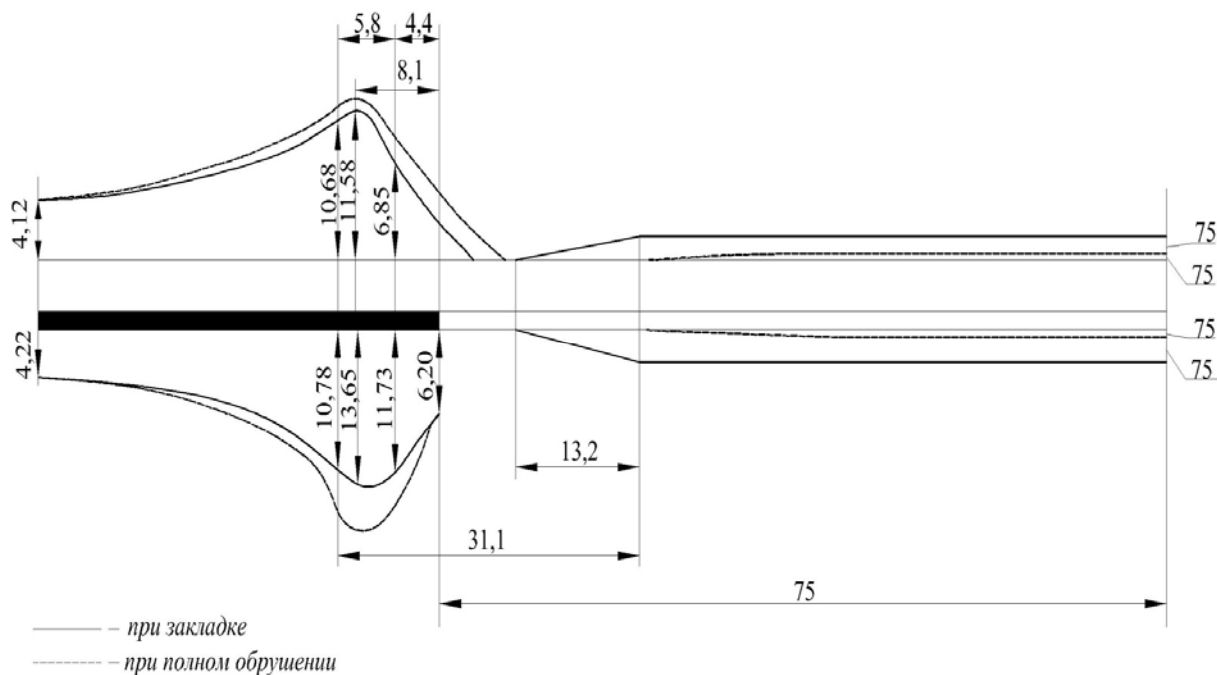


Рис 2.3 - Распределение нормальных нагрузок в основной кровле пласта C_7 шахты «Благodatная»

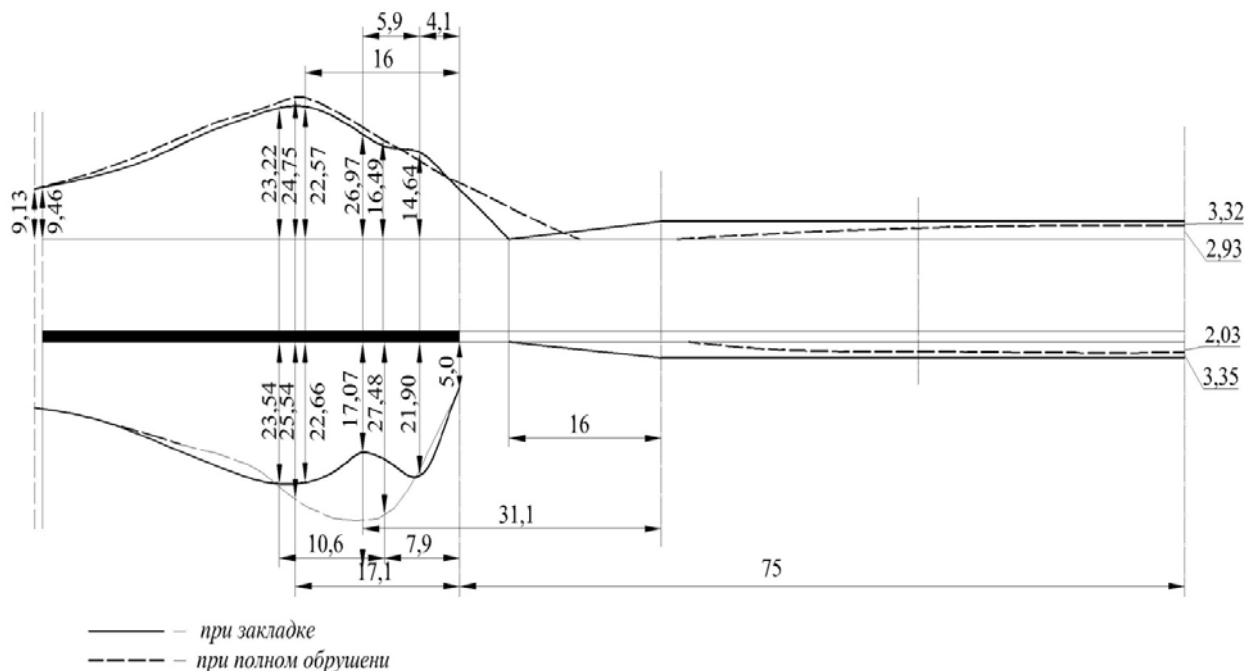


Рис 2.4 - Распределение нормальных нагрузок в основной кровле пласта C_8 шахты «Западно-Донбасская»

Таблица 2.1 - Параметры эпюр нагрузок в первом породном слое при различных технологических параметрах

| Шахта | Длина лавы, м | Скорость подвигания забоя, м/сут | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
| | | $a, м$ | $d_0, м$ | $\square_{2, МПа}$ | $\square_{12, МПа}$ | $a, м$ | $d_0, м$ | $\square_{2, МПа}$ | $\square_{12, МПа}$ | $a, м$ | $d_0, м$ | $\square_{2, МПа}$ | $\square_{12, МПа}$ |
| «Благodatная» | 100 | $\frac{6,2}{*}$ | $\frac{4,7}{5,8}$ | $\frac{8,93}{10,95}$ | $\frac{11,51}{12,86}$ | $\frac{5,8}{6,8}$ | $\frac{4,5}{5,5}$ | $\frac{10,37}{12,28}$ | $\frac{11,98}{13,44}$ | $\frac{5,3}{6,3}$ | $\frac{4,3}{5,2}$ | $\frac{13,07}{13,02}$ | $\frac{12,40}{13,63}$ |
| | | $\frac{6,2}{7,3}$ | $\frac{4,6}{5,8}$ | $\frac{8,76}{13,16}$ | $\frac{11,33}{15,82}$ | $\frac{5,8}{6,8}$ | $\frac{4,5}{5,5}$ | $\frac{11,73}{15,12}$ | $\frac{13,65}{16,93}$ | $\frac{5,3}{6,3}$ | $\frac{4,2}{5,2}$ | $\frac{14,51}{16,33}$ | $\frac{14,22}{17,16}$ |
| | 200 | $\frac{6,2}{7,3}$ | $\frac{4,6}{5,8}$ | $\frac{9,97}{13,12}$ | $\frac{13,36}{16,07}$ | $\frac{5,8}{6,8}$ | $\frac{4,4}{5,4}$ | $\frac{12,23}{13,62}$ | $\frac{14,64}{15,48}$ | $\frac{5,3}{6,3}$ | $\frac{4,2}{5,2}$ | $\frac{15,26}{17,12}$ | $\frac{15,41}{18,27}$ |
| «Западно-Донасская» | 100 | $\frac{6,4}{11,5}$ | $\frac{4,3}{8,3}$ | $\frac{24,40}{22,95}$ | $\frac{19,71}{23,49}$ | $\frac{5,9}{10,6}$ | $\frac{4,2}{8,0}$ | $\frac{21,91}{25,13}$ | $\frac{22,52}{23,38}$ | $\frac{5,5}{9,8}$ | $\frac{4,0}{7,6}$ | $\frac{26,89}{26,07}$ | $\frac{23,42}{21,44}$ |
| | 150 | $\frac{6,4}{11,5}$ | $\frac{4,3}{8,2}$ | $\frac{25,28}{23,33}$ | $\frac{20,34}{24,49}$ | $\frac{5,9}{10,6}$ | $\frac{4,1}{7,9}$ | $\frac{21,90}{27,43}$ | $\frac{22,67}{25,52}$ | $\frac{5,5}{9,8}$ | $\frac{4,0}{7,5}$ | $\frac{26,67}{31,57}$ | $\frac{23,27}{26,21}$ |
| | 200 | $\frac{6,4}{11,5}$ | $\frac{4,3}{8,2}$ | $\frac{24,06}{23,31}$ | $\frac{19,41}{24,54}$ | $\frac{5,9}{10,6}$ | $\frac{4,1}{7,8}$ | $\frac{28,13}{27,28}$ | $\frac{20,23}{25,46}$ | $\frac{5,5}{9,8}$ | $\frac{4,0}{7,5}$ | $\frac{25,93}{33,29}$ | $\frac{22,70}{26,49}$ |

*-в числителе – при закладке, в знаменателе – при полном обрушении

Кроме нормальных нагрузок в опорной зоне, основными параметрами, характеризующими напряженно-деформированное состояние пород кровли являются опускания, перемещения и горизонтальные деформации породных слоев над рабочим и выработанным пространством лавы. Опускания пород основной кровли в значительной степени определяют условия ведения очистных работ, а именно: возможность образования вывалов, обрушений пород в призабойном пространстве, нагрузку на механизированную крепь и др.

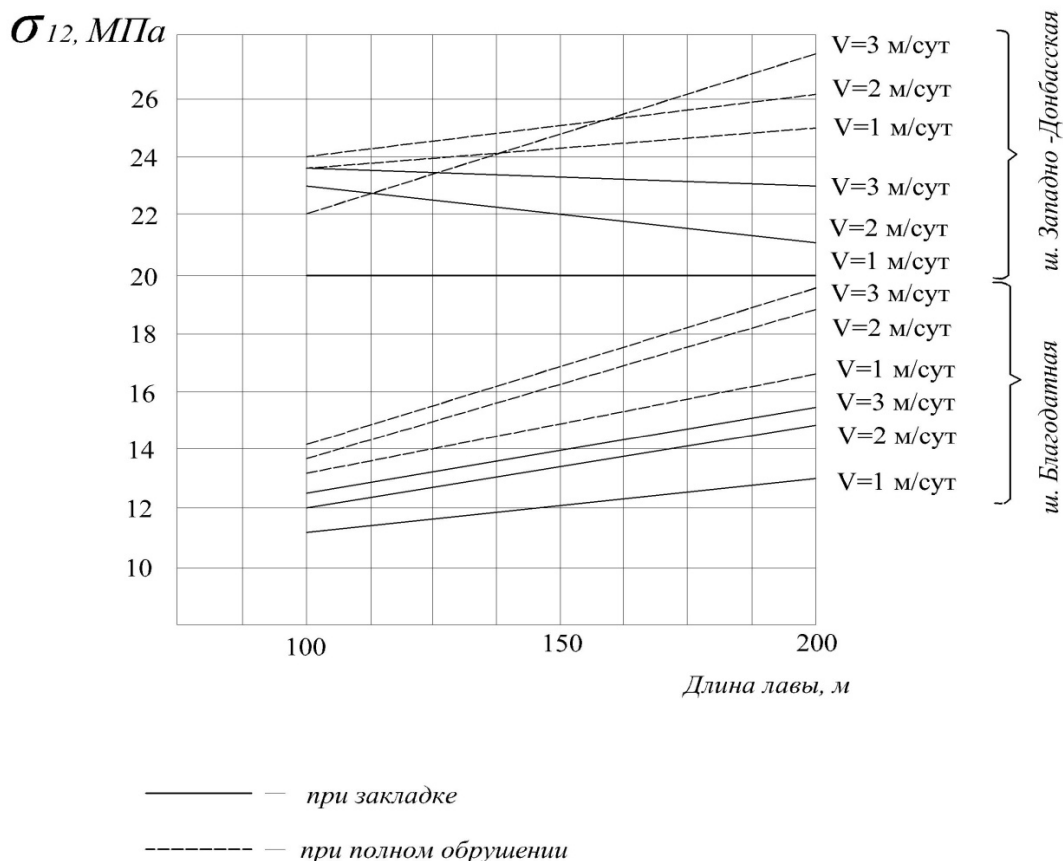


Рис 2.5 - Зависимость максимальных нагрузок в основной кровле от длины лавы и скорости подвигания очистного забоя

Опускания (Y), горизонтальные перемещения (E) и деформации (Г) определены по выражениям [74]:

$$Y = \frac{12L^3}{\pi^3 f(k)h^3} \sum_{k=1}^n \frac{B_k}{k^3} \left(\cos \frac{k\pi}{L} x - 1 \right); \quad (2.1)$$

$$\varepsilon = \frac{12L^2}{\pi^2 f(k)h^2} \sum_{k=1}^n \frac{B_k}{k^2} \left(\sin \frac{k\pi}{L} x \right); \quad (2.2)$$

$$\Gamma = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{x_2 - x_1}, \quad (2.3)$$

где L – полный предельный полупролет (полупролет слоя породы, при котором происходят свободные опускания), м; h – мощность породного слоя, м;

B_K – коэффициент, зависящий от параметров эпюры нагрузок; $f(k)$ – модуль деформации, изменяющийся по длине.

На рис.2.6 представлен характер изменения опусканий, перемещений и горизонтальных деформаций первого породного слоя в зависимости от расстояния до забоя и способа управления кровлей при длине лавы 150 м и скорости подвигания очистного забоя 2 м в сутки. Принято, что вынимаемая мощность пласта в условиях шахты "Благodatная" составляет 1,2 м, в условиях шахты "Западно-Донбасская" – 1 м.

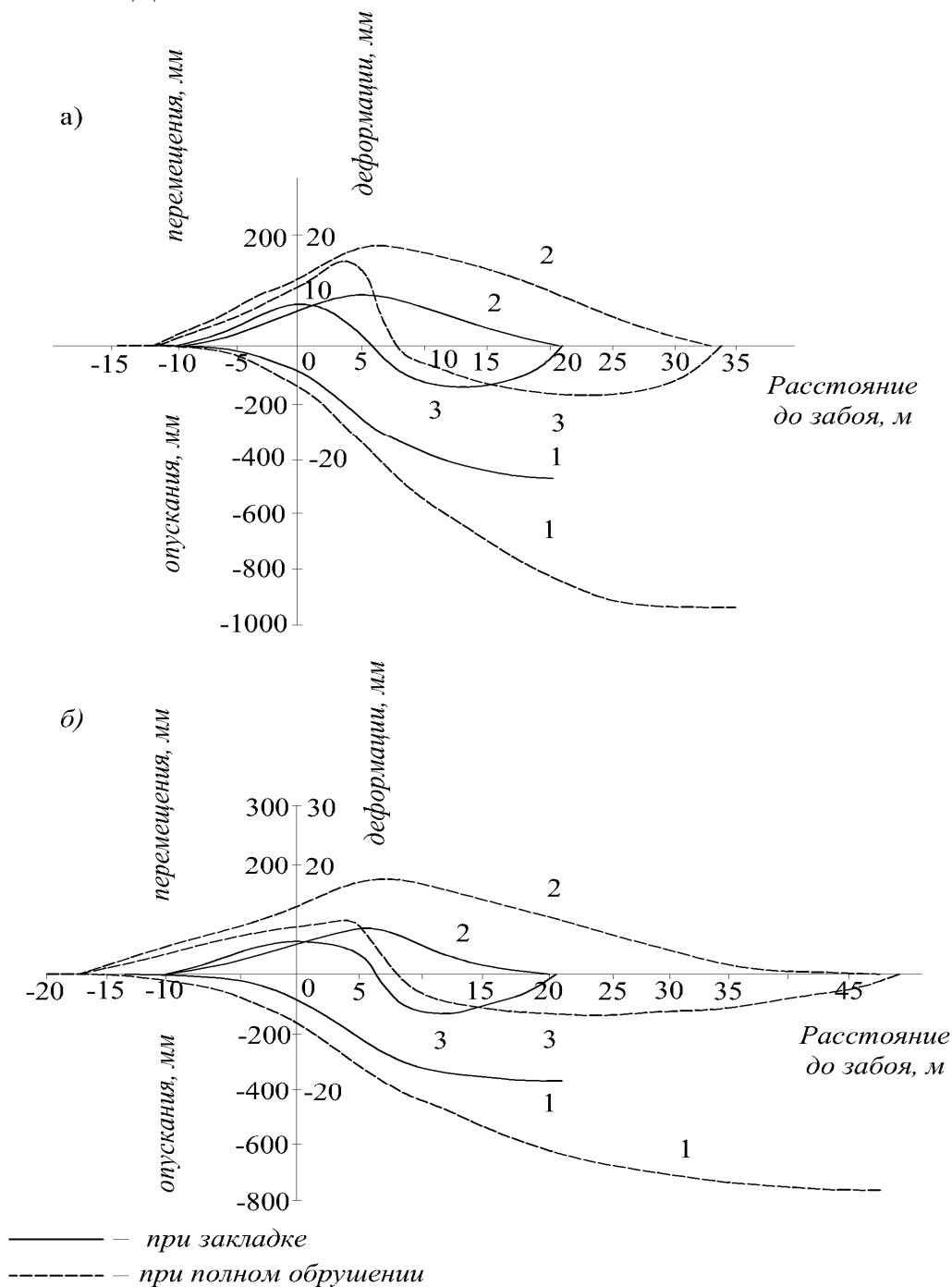


Рис 2.6 - Опускания, перемещения и деформации пород основной кровли в условиях шахт «Благodatная»(а) и «Западно-Донбасская» (б)

Из рис.2.6 следует, что при закладке выработанного пространства опускания (кривая 1), горизонтальные перемещения (кривая 2) и деформации

(кривая 3) слоя существенно, почти в 2 раза снижаются. Кроме этого, уменьшается предельный полупролет слоев и, как уже отмечалось выше, ширина опорной зоны впереди забоя лавы.

По величине горизонтальных деформаций можно судить о вероятности возникновения в кровле трещин и, следовательно, образования вывалов и обрушений пород кровли.

Анализ рис.2.6 (кривая 3) показывает, что величина максимальных деформаций породного слоя составляет при закладке выработанного пространства около 5-6мм/м, а при полном обрушении - 10-17 мм/м.

Приведенные данные позволяют утверждать, что закладка выработанного пространства существенно уменьшает вероятность нарушения сплошности кровли и образования в ней вывалов и обрушений пород.

Наибольший интерес представляют величины опусканий и перемещений пород кровли у забоя и на границе рабочего пространства лавы. Именно они определяют силовые и геометрические параметры механизированной крепи, позволяют определить необходимый для закладки объем выработанного пространства и другие параметры. Эти величины без учета сопротивления крепи в зависимости от скорости подвигания очистного забоя и длины лавы сведены в табл.2.2, а в виде графиков представлены на рис.2.7, 2.8. Условно принято, что ширина рабочего пространства как при закладке, так и при полном обрушении в обеих исследуемых лавах составляет 5 м.

Данные табл.2.2 наглядно показывают, что при закладке выработанного пространства происходит значительное снижение опусканий и горизонтальных перемещений пород кровли, как у забоя, так и на границе рабочего пространства лавы. Зависимость изменения расчетных величин опусканий основной кровли от длины лавы близка к линейной, поэтому на рис.2.7 и 2.8 эти зависимости для удобства анализа приведены к прямой линии.

Из анализа рис.2.7 следует, что в условиях шахты "Благodatная" с увеличением длины лавы величины опусканий пород основной кровли у забоя и на границе рабочего пространства возрастают, а с увеличением скорости подвигания очистного забоя снижаются. Однако при закладке выработанного пространства рост величин опусканий менее интенсивен, чем при полном обрушении. Несколько иная картина изменения опусканий при различных технологических параметрах наблюдается в условиях шахты "Западно-Донбасская" (рис.2.8), где при увеличении длины лавы при малых скоростях подвигания очистного забоя отмечено снижение опусканий кровли при увеличении длины лавы. Это объясняется тем, что в случае, когда полупролет лавы превышает предельные полупролеты всех слоев, т.е. при полной подработке надугольной толщи за счет перераспределения нормальных нагрузок в опорной зоне может происходить некоторое снижение напряжений [75] и, следовательно, уменьшение величины опусканий основной кровли. Это снижение наиболее заметно при наличии в надугольной толще пород-мостов, в этом случае напряжения в опорной зоне снижаются до 15-20 %, а увеличиваются в зоне выработанного пространства.

Таблица 2.2 – Величины опусканий и перемещений пород кровли при различных скоростях подвигания очистного забоя и различной длине лав

| Шахта | Длина лавы, м | Скорость подвигания очистного забоя, м/сут | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|--|-----------|----------------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | у забоя | | на границе рабочего пространства | | опуск. в раб. пр-ве, мм | | у забоя | | на границе рабочего пространства | | опуск. в раб. пр-ве, мм | | у забоя | | на границе рабочего пространства | | опуск. в раб. пр-ве, мм | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| опуск. мм | перем. мм | опуск. мм | перем. мм | опуск. мм | перем. мм | опуск. мм | перем. мм | опуск. мм | перем. мм | опуск. мм | перем. мм | опуск. мм | перем. мм | опуск. мм | перем. мм | опуск. мм | перем. мм | опуск. мм | перем. мм | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| «Благотатная» | 100 | 97* | 60 | 276 | 93 | 61 | 179 | 93 | 61 | 92 | 172 | 92 | 61 | 172 | 79 | 58 | 240 | 97 | 162 | 136 | 94 | 365 | 165 | 98 | 229 | 132 | 98 | 265 | 361 | 171 | 229 | 95 | 76 | 267 | 132 | 172 | 229 | |
| | | 97 | 61 | 281 | 97 | 64 | 184 | 95 | 64 | 98 | 182 | 98 | 64 | 182 | 86 | 63 | 262 | 103 | 176 | 144 | 99 | 365 | 171 | 103 | 241 | 138 | 103 | 277 | 379 | 180 | 241 | 141 | 110 | 390 | 188 | 249 | 180 | 241 |
| | | 99 | 61 | 282 | 94 | 65 | 183 | 100 | 65 | 98 | 186 | 98 | 65 | 186 | 90 | 65 | 271 | 105 | 181 | 156 | 106 | 414 | 180 | 110 | 258 | 151 | 110 | 268 | 410 | 187 | 258 | 152 | 118 | 427 | 202 | 275 | 187 | 259 |
| «Западно-Дюнасская» | 100 | 110 | 61 | 288 | 73 | 57 | 178 | 86 | 57 | 81 | 163 | 81 | 57 | 163 | 83 | 59 | 243 | 85 | 160 | 206 | 135 | 398 | 184 | 123 | 192 | 166 | 123 | 252 | 332 | 175 | 192 | 146 | 119 | 300 | 172 | 154 | 184 | 192 |
| | | 106 | 61 | 285 | 77 | 57 | 179 | 87 | 57 | 81 | 161 | 81 | 57 | 161 | 82 | 58 | 242 | 85 | 160 | 191 | 129 | 374 | 179 | 126 | 170 | 171 | 248 | 341 | 178 | 170 | 148 | 121 | 305 | 175 | 157 | 170 | 170 | |
| | | 103 | 60 | 279 | 77 | 61 | 176 | 95 | 61 | 82 | 172 | 82 | 61 | 172 | 81 | 58 | 239 | 84 | 158 | 191 | 129 | 374 | 179 | 126 | 183 | 170 | 126 | 267 | 341 | 179 | 171 | 201 | 154 | 401 | 208 | 200 | 171 | 171 |

* – в числителе – при закладке, в – знаменателе – при полном обрушении

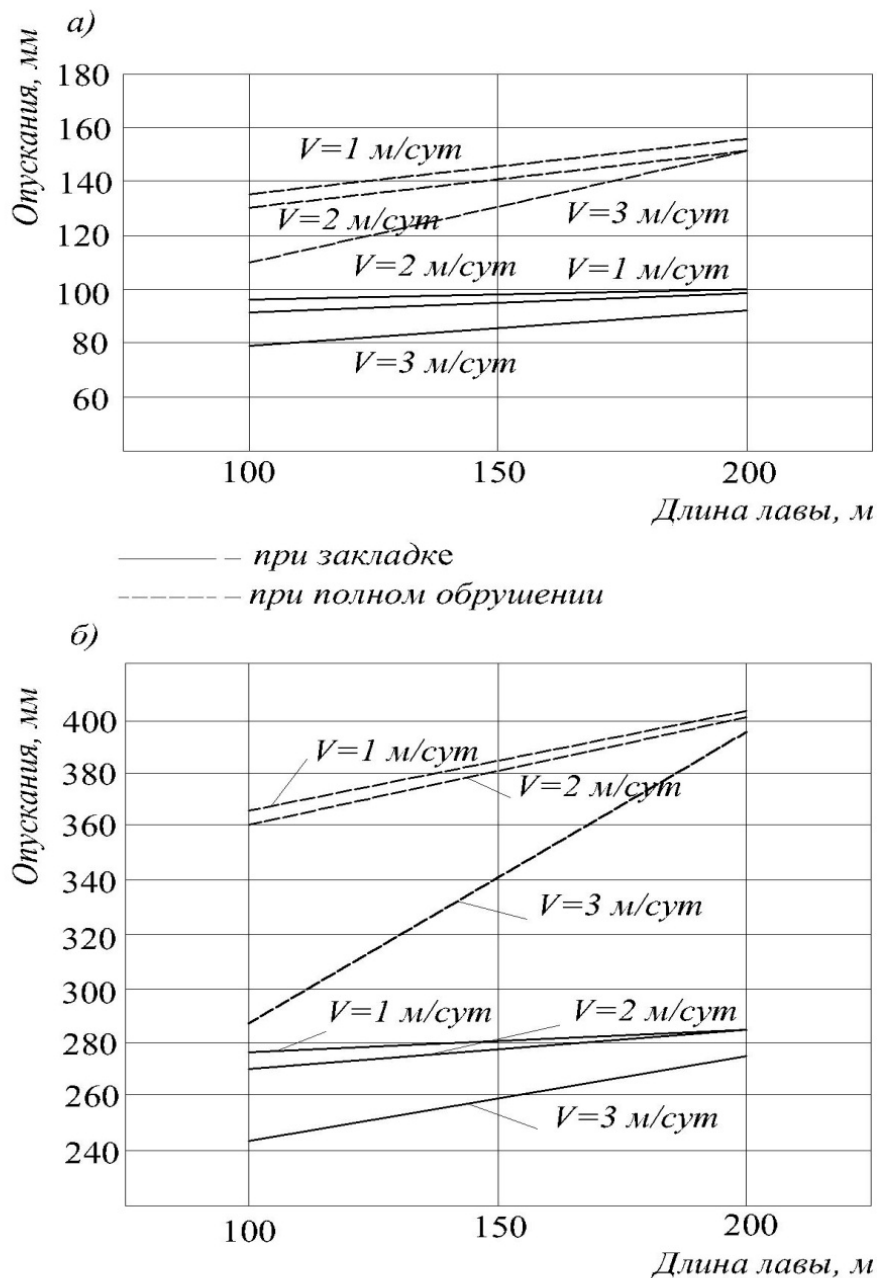


Рис 2.7 - Зависимость величин опускания основной кровли от длины лавы и скорости подвигания очистного забоя в условиях шахты «Благодатная»: а) у забоя; б) у границы рабочего пространства лавы.

Такая ситуация наблюдается в условиях шахты "Западно-Донбасская", где в надугольной толще залегает песчаник мощностью 22 м, который является породой-мостом. В условиях этой шахты изменение величин опусканий с увеличением длины лавы при закладке также менее существенно, чем при полном обрушении (рис. 2.8).

Опускания кровли в рабочем пространстве лавы, т.е. разность между опусканиями на границе рабочего пространства и у забоя при закладке в условиях

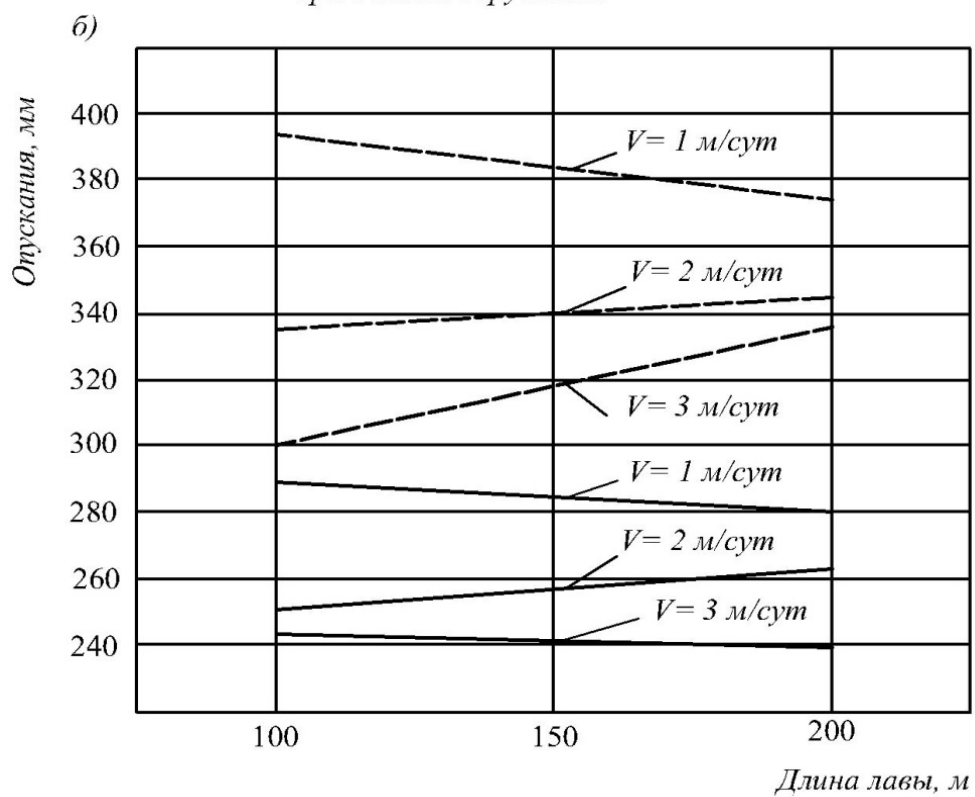
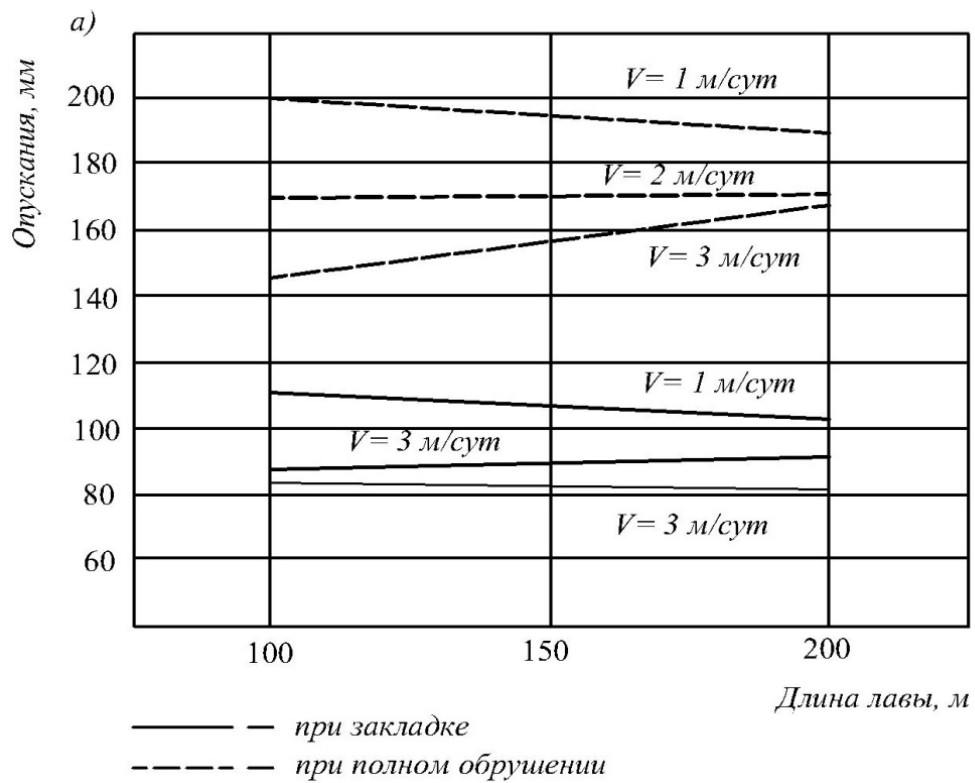


Рис 2.8 – Зависимость величин опусканий основной кровли от длины лавы и скорости подвигания очистного забоя в условиях шахты «Западно-Донбасская»:
а) у забоя; б) у границы рабочего пространства лавы

шахты "Благодатная" составляют 162-186 мм, что на 22-29 % меньше, чем при полном обрушении (табл.2.2), а в условиях другой исследуемой шахты – 158-179 мм (на 5-7 % меньше, чем при полном обрушении). Разница в величинах снижения опусканий объясняется наличием в условиях шахты "Западно-Донбасская" породы-моста в надугольной толще, которая воспринимает часть нагрузки от вышележащих пород и, в некоторой степени, меньшей вынимаемой мощностью пласта. С увеличением скорости подвигания очистного забоя опускания кровли в рабочем пространстве лавы несколько снижаются, а с увеличением длины лавы – возрастают. Величина изменения этих опусканий, особенно при закладке, весьма незначительна (не превышает 10 %), т.е. находится в пределах точности инженерных расчетов.

Следует также отметить, что в табл.2.2 приведены величины опусканий кровли без учета пучения пород почвы. Многочисленными исследованиями, выполненными для условий Западного Донбасса, установлено [75], что величина поднятия почвы обычно составляет 30-40 % от величины опусканий пород кровли, поэтому можно принять, что сближения боковых пород в условиях шахты "Благодатная" при закладке выработанного пространства составят 218-251 мм, а в условиях шахты "Западно-Донбасская" – 213-241 мм.

Заметим, что при определении опусканий кровли и сближений боковых пород сопротивление механизированной крепи не учитывалось. Однако известно, что механизированная крепь несколько снижает опускания пород кровли. Для установления зависимостей изменения величин опусканий от сопротивления механизированной крепи были использованы следующие выражения [75]:

$$M_p = \frac{2L}{\pi} \left(1 - \frac{Y_3}{Y_p}\right) \sum_{n=1}^m \left(\cos \frac{k\pi}{L} x - 1\right); \quad (2.4)$$

$$R_k = \frac{M_p}{x}, \quad (2.5)$$

где: M_p – реактивный момент, т*м;

L – полный полупролет породного слоя, м;

B_k – коэффициент, зависящий от параметров эпюры нагрузок;

Y_3 – требуемое (заданное) опускание пород у границы рабочего пространства, м

Y_p – расчетное опускание пород без учета влияния крепи, м (определяется по выражению 2.1);

x – текущая абсцисса от начала координат, равная $f_2 + M$, м;

f_2 – расстояние от начала координат до забоя (ширина опорной зоны), м;

M – ширина рабочего пространства лавы, м.

При расчете предполагалось, что при управлении кровлей полным обрушением над выработанным пространством лавы залегает непосредственная кровля небольшой мощности, которая вследствие образования вертикальных трещин не связана с породами в массиве и не обладает несущей способностью, поэтому крепь очистной выработки воспринимает нагрузку только со стороны

основной кровли. Принято, что ширина рабочего пространства в обеих исследуемых лавах, как при закладке выработанного пространства, так и при полном обрушении составляет 5 м, а равнодействующая реакции крепи приложена на границе рабочего пространства лавы.

Путем изменения величины заданных опусканий, по выражениям (2.4) и (2.5) определялись реактивный момент и суммарная реакция крепи, которую необходимо приложить для обеспечения заданных опусканий. В результате расчета установлена зависимость величины опусканий кровли от сопротивления механизированной крепи (рис.2.9). Расчетом также установлено, что определяемые параметры несущественно зависят от длины лавы, поэтому на рис.2.9 представлены зависимости варьируемых величин при длине лавы, равной 150 м.

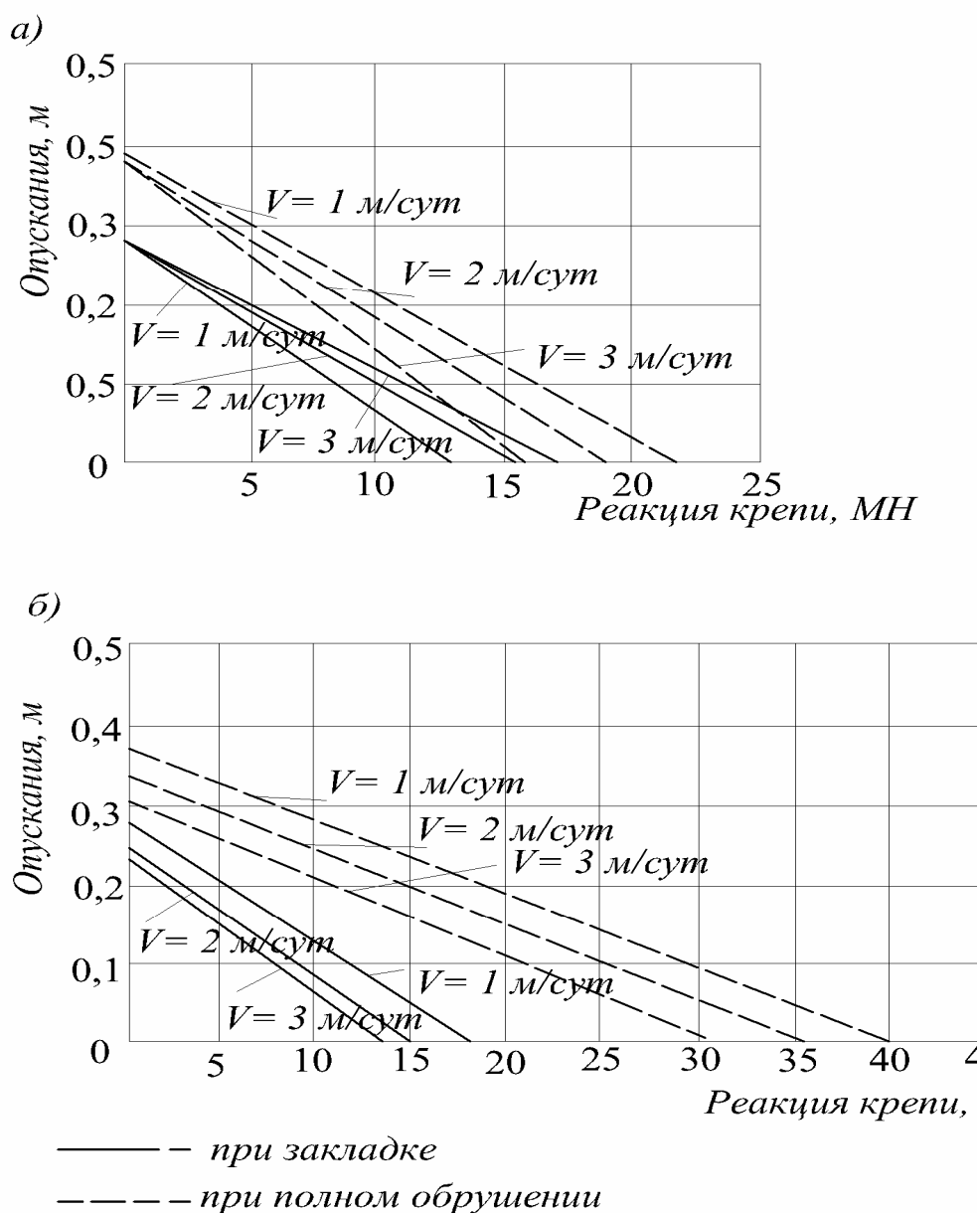


Рис 2.9 – Зависимость изменения опусканий пород кровли от сопротивления крепи в условиях шахт «Благodatная» (а) и «Западно-Донбасская» (б)

Зависимости изменения опусканий кровли от сопротивления механизированной крепи носит линейный характер, причем для снижения величины опусканий на 10 мм при закладке выработанного пространства необходимо создать реакцию 500-600 кН на каждый погонный метр лавы. Суммарная реакция существующих для отработки тонких пластов механизированных крепей составляет 1500-2500 кН, поэтому применение их позволит уменьшить опускания кровли до 30-40 мм в случае приложения равнодействующей на границе рабочего пространства.

В действительности равнодействующая реакция крепи расположена обычно между первым и вторым рядами стоек, т.е. при закладке выработанного пространства на 1,5-2 м ближе к забою. В этом случае, чтобы уменьшить опускания кровли на границе рабочего пространства на 10 мм несущая способность крепи должна составлять 650-750 кН, а применяемые механизированные крепи способны уменьшить опускания кровли на 20-30 мм или приблизительно на 10 % от величины свободных опусканий.

Более существенное влияние на величину опусканий пород кровли оказывает изменение ширины рабочего пространства лавы. Так, при уменьшении ширины лавы с 5 до 4 м, свободные опускания кровли при закладке снижаются с 277 мм до 252 мм в условиях шахты "Благодатная" и с 248 до 227 мм в условиях шахты "Западно-Донбасская", а при ширине лавы 6 м опускания увеличиваются до 301 мм и 267 мм соответственно (рис.2.10). Приблизительно такие же величины изменения опусканий от ширины рабочего пространства наблюдаются и при сопротивлении крепи 1500-2500 кН на каждый погонный метр лавы.

Таким образом, для снижения опусканий кровли на 10 мм достаточно уменьшить рабочее пространство лавы на 0,4-0,47 м, что конструктивно проще, чем увеличить суммарную реакцию крепи на 500-600 кН.

Следует отметить, что существует значительное количество математических выражений, позволяющих определить конвергенцию боковых пород в рабочем пространстве лавы для определенных горно-геологических и горнотехнических условий. Так, в работах [16, 61] для определения величины конвергенции пород предложено использовать выражение:

$$\Delta h = \alpha m R , \quad (2.6)$$

Где α – коэффициент, учитывающие удельную конвергенцию пород, m^{-1} ; m – вынимаемая мощность пласта, м; R – расстояние до забоя, м.

Выражение, предлагаемое исследователями ВНИМИ [52] кроме этого, учитывает сопротивление механизированной крепи и время нахождения кровли в призабойном пространстве.

На основе наших, приведенных выше исследований установлено, что сопротивление механизированной крепи, скорость подвигания очистного забоя, длина лавы при закладке выработанного пространства существенного влияния на изменение величины конвергенции пород не оказывают. Поэтому, при

приблизненных расчетах для условий лав Западного Донбасса, работающих с закладкой выработанного пространства, можно использовать выражение (2.6).

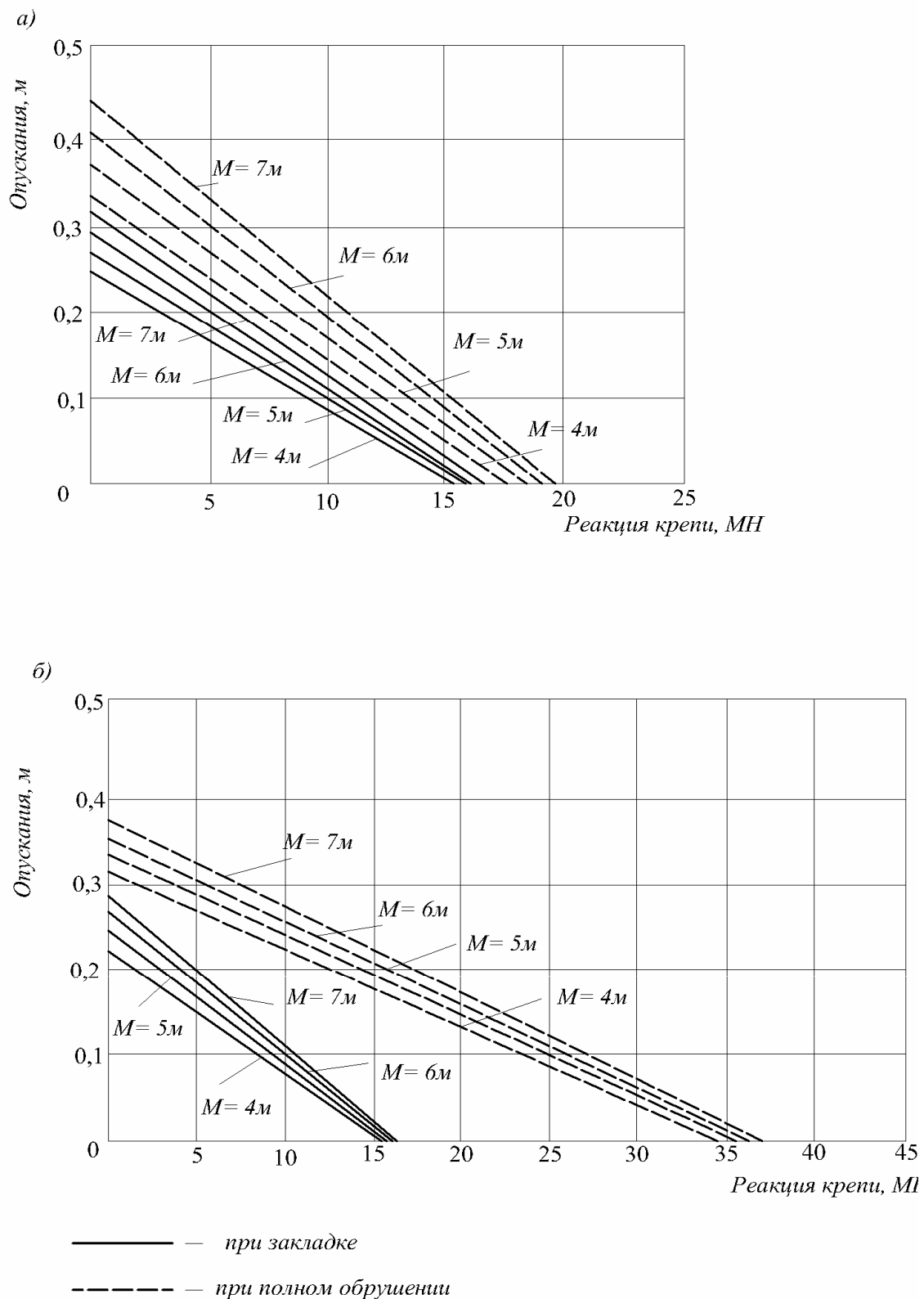


Рис 2.10 – Зависимость изменения опусканий пород кровли от сопротивления крепи при различной ширине очистного забоя в условиях шахт «Благодатная» (а) и «Западно-Донбасская» (б)

Коэффициент α , входящий в эту формулу, определен по рассчитанным ранее величинам опускания кровли и конвергенции боковых пород в рабочем пространстве лавы. Его следует принимать равным 0,026-0,03 для определения опускания пород кровли и равным 0,036-0,04 при установлении суммарной величины сближения боковых пород. Для более точного определения величин конвергенции необходимо выполнить подробный расчет напряженно-деформированного состояния массива.

Для определения нагрузки на закладочный массив, величины опускания земной поверхности, размеров мульды сдвижения в условиях обеих исследуемых шахт рассчитан вариант, в котором учтено время, пройденное после окончания очистных работ. Принято, что после окончания очистных работ прошло 300 рабочих дней, при этом забой продвинулся на расстояние 200 м. Длина лавы в этом варианте составляла 150 м.

В результате расчета установлено, что при полной закладке выработанного пространства закладочный массив будет воспринимать нагрузку равную 2,65 МПа в условиях шахты "Благодатная", что составляет 63 % от нагрузок в нетронутым массиве и 7,46 МПа (78 % от γH) в условиях шахты "Западно-Донбасская".

Для сравнения, нагрузка на почву пласта при полном обрушении пород кровли составит 1,85 и 5,64 МПа соответственно.

Таким образом, величины нагрузки на закладочный массив по истечении 300 суток после окончания очистных работ не достигают нагрузок в нетронутым породном массиве, однако на 25-30 % превышают нагрузку в выработанном пространстве при полном обрушении кровли.

Кроме этого, для условий шахты "Благодатная" определена нагрузка на закладываемую полосу шириной 30 м при частичной закладке выработанного пространства. Реакция полосы, необходимая для уменьшения опусканий кровли с 875 мм до 445 мм в средней ее части должна составлять 48070 кН, а максимальная нагрузка в этой точке составит 2,9 Па, что несколько превышает нагрузку на закладочный массив при полной закладке выработанного пространства.

Расчетные параметры мульды сдвижения земной поверхности при различных способах управления кровлей, длине лавы 150 м через 300 суток после окончания очистных работ представлены в табл.2.3.

Таблица 2.3 – Параметры мульды сдвижения земной поверхности при различных способах управления кровлей

| Шахта | Способ управления кровлей | Параметры | | | |
|----------------------|---------------------------|--------------|-----------|-------------------------|--------------------------------------|
| | | α , м | d_0 , м | Полный полупролет L, мм | Максимальные опускания γ , мм |
| «Благодатная» | Закладка | 39,6 | 21,6 | 119,5 | 453 |
| | Полное обрушение | 39,6 | 24,8 | 139,4 | 949 |
| «Западно-Донбасская» | Закладка | 41,3 | 25,9 | 134,9 | 290 |
| | Полное обрушение | 41,3 | 28,4 | 144,7 | 538 |

Из данных табл. 2.3 видно, что опускания земной поверхности при закладке выработанного пространства составят в условиях шахты "Благodatная" 453 мм или 38 % от вынимаемой мощности пласта, а в условиях шахты "Западно-Донбасская" – 290 мм (29 % от m_6), что на 52 и 46 % соответственно меньше, чем при полном обрушении. Кроме этого, при закладке уменьшаются размеры мульды сдвижения. Ее влияние распространяется за пределы массива при закладке на расстояние 61,2 м в условиях шахты "Благodatная" и на 67,2 м в условиях шахты "Западно-Донбасская", что на 4,9 и 3,6 % соответственно меньше, чем при полном обрушении.

2.3. Геометрические параметры технологических схем

2.3.1. Ширина закладываемой полосы

Как отмечалось ранее, при отработке тонких и весьма тонких пластов присекаемые породы очистного забоя, получаемые в результате отдельной выемки угля и пород целесообразно использовать в качестве закладочного материала. Ширину закладываемой при такой технологии полосы определим, исходя из равенства массы пород в целике и в закладочном массиве, т.е.

$$l m_{np} r \gamma_{nop} = l_3 r (m_6 \Delta h) k_3 \gamma_{зак}, \quad (2.7)$$

где l – длина лавы, м; m_{np} – мощность присекаемых пород, м; r – ширина захвата исполнительного органа комбайна, м; γ_{nop} – плотность присекаемых пород в массиве, т/м³; l_3 – ширина закладываемой полосы, м; m_6 – вынимаемая мощность пласта, м; Δh – конвергенция боковых пород в рабочем пространстве лавы, м; k_3 – коэффициент заполнения выработанного пространства; $\gamma_{зак}$ – плотность закладочного массива. Отсюда

$$l_3 = \frac{l m_{gh} \gamma_{gh}}{(m_6 - \Delta h) k_3 \gamma_{зак}}, \quad (2.8)$$

Отношение $\gamma_{зак}/\gamma_{nop}$ заменим коэффициентом, учитывающим плотность закладочного массива $k_{л.з.}$, который ориентировочно для пневмозакладки составляет 0,7-0,75.

Также очевидно, что отдельная выемка не может быть выполнена по всей длине лавы, а именно в нишах и на участках, где осуществляется зарубка комбайна.

Кроме этого, следует учесть, что из-за несовершенства погрузочных устройств выемочной машины некоторое количество угля будет попадать в закладочный массив, в результате чего ширина закладочной полосы несколько увеличивается.

Шахтными исследованиями (см. гл.4) установлено, что в закладочном массиве независимо от мощности угольного пласта содержится около 16 % угля

при использовании в качестве выемочной машины комбайна типа 1К101 и до 2 % при применении комбайна 1К103.

С учетом вышесказанного выражение (2.8) примет вид

$$l_3 = \frac{(l - l_n - l_{zap}) m_{np} k_{н.н}}{(m_6 - \Delta h) k_3 k_{н.з}}, \quad (2.9)$$

где l_n – суммарная длина ниш, м; l_{zap} – длина участка лавы, на котором осуществляется зарубка комбайна, м; $k_{н.н}$ – коэффициент, учитывающий неполноту погрузки угля. При применении комбайна 1К101 принимается равным 1,16, комбайна 1К103 – 1,11.

Конвергенция боковых пород в рабочем пространстве лавы Δh определяется по фактическим данным или вычисляется по выражению (2.6) с использованием установленных коэффициентов α .

На рис. 2.11 представлена зависимость ширины закладываемой полосы, рассчитанной по выражению (2.9) от величины присечки боковых пород и мощности угольного пласта.

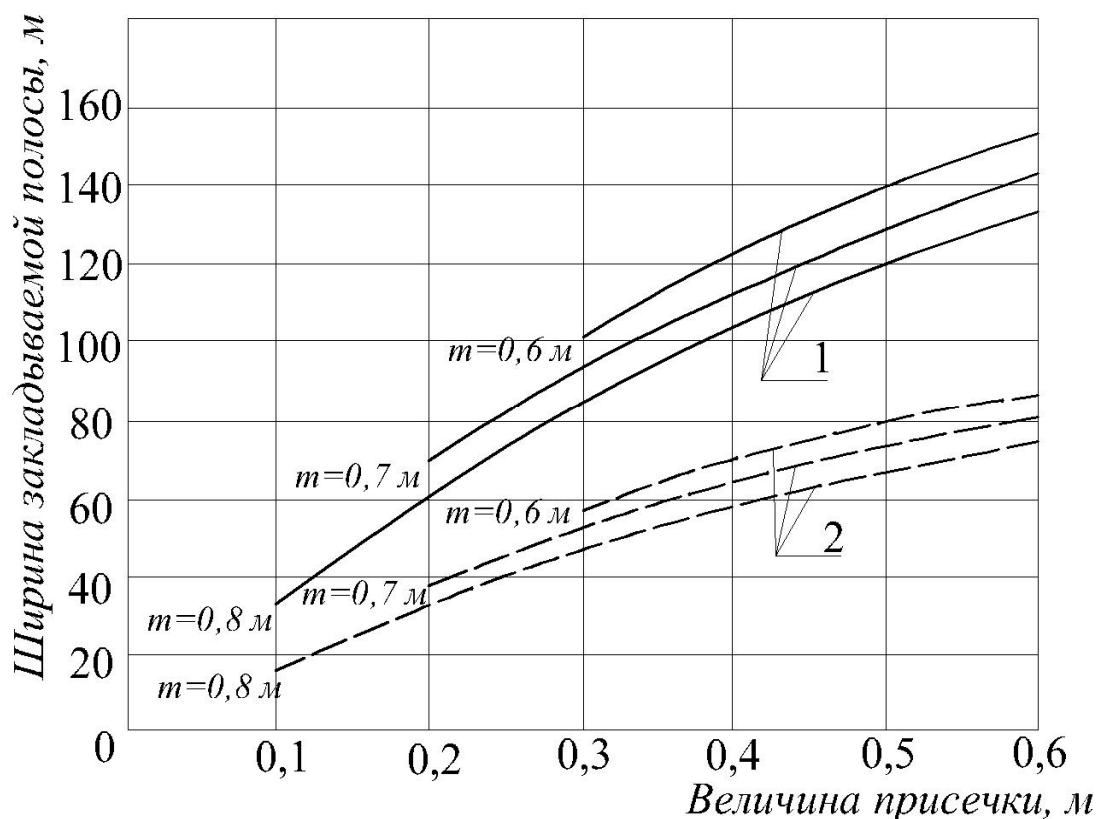


Рис 2.11 - Зависимость ширины закладочной полосы от величины присечки боковых пород и мощности угольного пласта: 1 – при длине лавы 160 м; 2 – при длине лавы 100 м.

Из рис. 2.11 следует, что практически во всех забоях, работающих с присечкой боковых пород, ширина закладываемой полосы будет меньше, чем длина лавы, поэтому для полной закладки выработанного пространства необходимо использовать породу, получаемую из других источников. Дополнительный объем породы, необходимый для полной закладки

выработанного пространства на один выемочный цикл, можно определить по выражению:

$$Q_n = (l - l_3)(m - \Delta h)k_{n3}k_3 \quad (2.10)$$

В последние годы широкое применение получили комбинированные и сплошные системы разработки, при которых порода от проведения выемочных штреков закладывается в выработанное пространство лавы. В случае если подготовительная выработка проводится вслед за лавой, ширина бутовой полосы определяется по формуле:

$$l_3 = \frac{S - S_y}{(m_0 - \Delta h)k_3k_{n3}} \quad (2.11)$$

где S – сечение штрека в проходке, m^2 ; S_y – часть угольного забоя сечения штрека, m^2 .

Ориентировочно ширину закладываемой полосы можно определить, используя графики, приведенные на рис.2.12, полученные из выражения (2.11).

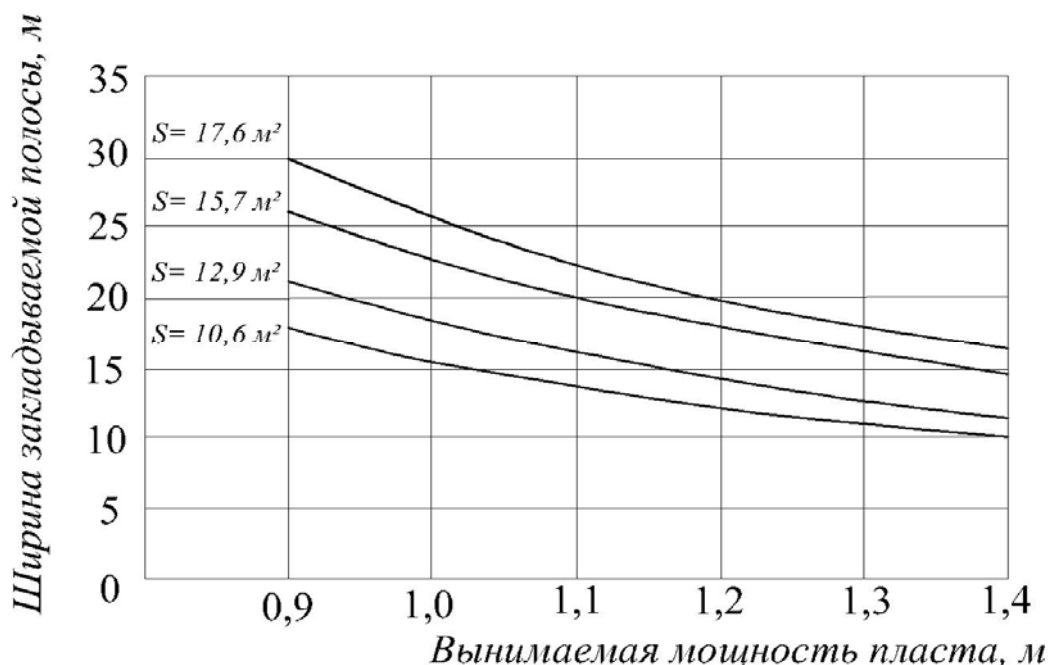


Рис 2.12 – Зависимость ширины закладываемой полосы от вынимаемой мощности пласта и сечения выработки в проходке

Если в выработанное пространство закладываются породы от присечек в очистном забое и от проведения одного из штреков, то ширина закладываемой полосы определяется путем суммирования выражений (2.9) и (2.11), т.е.

$$l_3 = \frac{S - S_y + (l - l_n - l_{зар})m_{np}k_{nn}}{(m_0 - \Delta h)k_3k_{n3}} \quad (2.12)$$

Из анализа полученных зависимостей (рис. 2.11, 2.12) следует, что при отработке пластов мощностью 0,7-0,8 м с присечкой около 0,2 м присекаемой в лаве породы будет достаточно для закладки 35-45 % выработанного

пространства, а при применении комбинированной системы разработки – около 50 %. Для полной закладки выработанного пространства недостающий объем породы (около 50-60 м³ на каждый выемочный цикл) необходимо доставить от других источников, например от подземного дробильно-сортировочного пункта, на который поступает порода от проведения и ремонта подготовительных выработок.

Таким образом, использование присекаемых пород очистного забоя для полной закладки позволяет почти в 2 раза уменьшить потребность в закладочном материале и, следовательно, упростить инфраструктуру закладочного хозяйства.

2.3.2. Длина лавы

На основании исследований напряженно-деформированного состояния массива горных пород установлено, что изменение геомеханических параметров в зависимости от длины очистного забоя незначительно и длина лавы должна соответствовать экономически целесообразной величине.

Вопросы обоснования длины лавы по экономическим факторам отражены в ряде работ [9, 21, 28, 31, 93]. Разработанные методы оптимизации этого параметра имеют различные подходы. В качестве критерия оптимальности приняты приведенные затраты [9, 93] или себестоимость 1 т добытого угля [21, 28, 31]. В работе [21] кроме этого учитывается экономический ущерб, вызванный потерей добычи при устранении отказов.

По нашему мнению, все существующие методики имеют ряд недостатков. Так, суточная нагрузка на очистной забой задается постоянной величиной, не зависящей от длины лавы. Кроме этого, расходы на очистные работы вычисляются по упрощенным эмпирическим выражениям, которые не позволяют учесть большое разнообразие условий и технологических схем разработки угольных пластов.

Для устранения указанных недостатков нами разработана методика, в которой в качестве критерия оптимальности использован минимум приведенных затрат. При этом в себестоимость включены статьи расходов, которые существенно изменяются в зависимости от длины лавы, а именно:

- проведение выработок, обслуживающих лаву;
- транспортирование основных и вспомогательных грузов по выработкам, обслуживающим лаву;
- заработная плата рабочим лавы;
- амортизация очистного, транспортного и проходческого оборудования;
- материалы;
- демонтаж оборудования;
- закладка выработанного пространства;
- поддержание выработок, прилегающих к очистному забою. Суммарные капитальные затраты включают затраты на приобретение и на монтаж оборудования.

Следует отметить, что себестоимость 1 т угля и суммарные приведенные затраты в данной методике, не являются показателями добычного участка, т.к. в них не включен ряд расходов, существенно не влияющих на определяемый параметр (расходы на электроэнергию, некоторые виды материалов и др.), а также, включены некоторые статьи расходов, которые учитываются при определении общешахтной себестоимости и затрат (проведение, поддержание выработок, транспортирование грузов и др.).

Влияние длины очистного забоя на коэффициент готовности лавы в методике учитывается при помощи эмпирических коэффициентов, полученных экспериментальным путем инженером ДГИ В.Н. Шабрацким для различных типов очистного оборудования.

Разработанная методика позволяет определить экономически целесообразную длину очистных забоев, оборудованных механизированными комплексами, работающих как по валовой технологии (в том числе с присечками боковых пород), так и по селективной при столбовой, комбинированной или сплошной системах разработки при различных способах управления кровлей.

Расходы на проведение выработок, обслуживающих лаву, определяются по выражению:

$$C_1 = \frac{a_в(L + l_у) + a_к(L + l_у) + a_{м.к}l + a_{nn}}{m\gamma c l L} \quad (2.12)$$

где $a_в$, $a_к$ – стоимость проведения 1 м вентиляционной и конвейерной выработки соответственно, руб/м; L – длина выемочного столба, м; $l_у$ – суммарная ширина охранных целиков между магистральными выработками и монтажной и демонтажной камерами, м; l – длина лавы, м; C – коэффициент извлечения угля; $a_{м.к}$ – стоимость проведения 1 м монтажной камеры, руб/м; a_{nn} – стоимость сооружения приемных площадок, заездов, камер, обслуживающих лаву, руб; m – вынимаемая мощность пласта, м; γ – плотность угля, т/м². При отработке пласта сложного строения или пласта с присечками боковых пород определяется как средневзвешенное значение:

$$\gamma = \frac{\gamma_y m_y + \gamma_{пор} m_{пор}}{m} \quad (2.13)$$

где γ_y , $\gamma_{пор}$ – плотность угля и присекаемых пород соответственно, т/м³; m_y , $m_{пор}$ – мощность угольной пачки и присекаемых пород соответственно, м.

Расходы на транспортирование грузов по конвейерной выработке, прилегающей к лаве, определяются по выражению:

$$C_2 = g \left(\frac{L}{2} + l_у \right) \quad (2.14)$$

где g – стоимость транспортирования 1 т груза на расстояние 1 м, руб.

Ориентировочно, для ленточных конвейеров можно определить по выражению [21]

$$g = \left(b_1 + b_2 \left(\frac{0.5L + l_у}{l_{л.к}} \right) \right) \frac{1}{A_c (0.5L + l_у)} + \frac{b_3}{A_c} + b_4 + b_5 \sin \alpha, \quad (2.15)$$

где $b_1 \dots b_5$ – стоимостные параметры транспортирования, руб; α – угол наклона ленточного конвейера, град; A_c – суточная производительность очистного забоя, т/сут; $l_{л.к}$ – длина ленточного конвейера, м.

Для определения расходов на заработную плату рабочим лавы нами предложена формула:

$$C_3 = \frac{R_1 + (n_m - 1)R_2)n}{N_g} + \frac{\sum P_1 P_2 n}{rm\gamma cl} + \frac{lR_3}{l' A_c}, \quad (2.16)$$

где R_1, R_2, R_3 – полные тарифные ставки соответственно машиниста комбайна, горнорабочего очистного забоя и слесаря по ремонту машин и механизмов с учетом всех видов начислений, руб; n_m – нормативная трудоемкость обслуживания комплекса, чел.см; n – число смен по добыче угля в сутки; N_g – сменная норма выработки на комплекс, т; $\sum P_1$ – суммарная трудоемкость работ на сопряжениях лавы на выполнение одного цикла, чел.см; l' – длина участка лавы, приходящаяся на одного слесаря по ремонту оборудования, м. Ориентировочно $l' = 50-70$ м [21].

Затраты на амортизационные отчисления складываются из суммы произведений стоимости единиц оборудования на суточную норму амортизационных отчислений и коэффициент резерва. В результате получено выражение:

$$C_4 = \frac{\sum_1^i n_{1i} C_{1i} \varphi_{1i} k_{p1i} + C_2 \varphi_2 k_{p2} l_{зак} + \sum_1^i C_{3i} \varphi_{3i} k_{p3i} l}{A_c} \quad (2.17)$$

где C_{1i} – цена единиц оборудования, стоимость которого не зависит от длины лавы, руб. Включает стоимость комбайна, насосных станций, крепей сопряжения, головок скребкового конвейера, закладочной машины и др.; C_2 – стоимость 1 м закладочного трубопровода, руб.; C_{3i} – стоимость 1 м оборудования лавы, зависящего от длины лавы. Включает механизированную крепь, скребковый конвейер, кабелеукладчик и др.; n_{1i} – количество единиц i -го оборудования, стоимость которого не зависит от длины лавы; $\varphi_{1i}, \varphi_{2i}, \varphi_{3i}$ – суточная норма амортизационных отчислений i -го вида оборудования, %; k_{p1}, k_{p2}, k_{p3} – коэффициенты резерва i -го вида оборудования; $l_{зак}$ – ширина закладываемой полосы определяется по выражениям (2.9), (2.11).

Расходы на материалы учитывают лишь расходы на основные виды материалов, которые существенно изменяются при изменении длины лавы, а именно: на взрывчатые вещества, лесоматериалы и режущий инструмент выемочной машины. Определяются по выражению:

$$C_5 = \frac{a_{вв} v_{вв}}{m\gamma clr} + \frac{a_l v_l}{m\gamma clr} + \frac{a_3 v_3 (l - l_n)}{l}, \quad (2.18)$$

где $a_{вв}$ – расход взрывчатых веществ на один цикл выемки угля, кг; a_l – расход лесоматериалов на 1 цикл, м³; a_3 – расход зубков на 1 добытого угля, шт.; $v_{вв}$ – стоимость 1 кг взрывчатых веществ, руб.; v_l – стоимость 1 м³ лесоматериалов, руб.; v_3 – стоимость 1 зубка, руб.; l_n – суммарная длина ниш, м.

Расходы на демонтаж оборудования лавы определяются по формуле:

$$C_6 = \frac{P_1 \epsilon_\delta}{m \gamma c l L} + \frac{P_2 \epsilon_\delta}{m \gamma c l}, \quad (2.19)$$

где P_1 – масса оборудования в лаве и на ее сопряжениях со штреком, не зависящая от длины лавы, т; P_2 – масса одного погонного метра оборудования в лаве, зависящая от длины лавы, т; ϵ_δ – средняя удельная стоимость работ по демонтажу оборудования лавы, руб/т.

Расходы на закладку выработанного пространства определяются по известной эмпирической зависимости [21]

$$C_7 = \frac{0,00083 A_{зак} + 0,8 l_{зак} + 88,4}{A_c}, \quad (2.20)$$

где $A_{зак}$ – суточная производительность закладочных работ, т; $l_{зак}$ – ширина закладываемой полосы, м. Определяется по выражениям (2.9), (2.11).

Расходы, на поддержание выработок, складываются из расходов на поддержание вентиляционной и откаточной выработок, примыкающих к лаве. Определяются в зависимости от принятой системы разработки по приведенным ниже выражениям, которые получены в результате математических преобразований известных формул [21]:

- для пластовых штреков и бортовых ходков, проводимых с опережением лавы при сплошной системе разработки:

$$C_{8e} = \frac{1}{m \gamma c l} \left(\frac{r_{1e} l_1 m c l}{305 A_c} + r_{2e} + r_{3e} + \frac{r_{4e} m \gamma c l L}{710 A_c} \right), \quad (2.21)$$

$$C_{8k} = \frac{1}{m \gamma c l} \left(\frac{r_{1k} l_1 m c l}{305 A_c} + r_{2k} + r_{3k} + \frac{r_{4k} m \gamma c l L}{710 A_c} \right);$$

- для тех же выработок, проводимых вслед за лавой:

$$C_{8e} = \frac{1}{m \gamma c l} \left(r_{3e} + \frac{r_{4e} m \gamma c l L}{710 A_c} \right), \quad (2.22)$$

$$C_{8k} = \frac{1}{m \gamma c l} \left(r_{3k} + \frac{r_{4k} m \gamma c l L}{710 A_c} \right);$$

- для пластовых штреков и бортовых ходков, погашаемых вслед за лавой при столбовой системе разработки:

$$C_{8e} = \frac{1}{m \gamma c l} \left(\frac{r_{1e} m \gamma c l}{305 A_c} + r_{2e} + r_{3e} \right), \quad (2.23)$$

$$C_{8k} = \frac{1}{m \gamma c l} \left(\frac{r_{1k} m \gamma c l}{305 A_c} + r_{2k} + r_{3k} \right);$$

- для тех же выработок, поддерживаемых для повторного использования:

$$C_{8e} = \frac{1}{m \gamma c l} \left(\frac{r_{1e} m \gamma c l}{305 A_c} + r_{2e} + r_{3e} + \frac{r_{4e} m \gamma c l L}{710 A_c} \right),$$

$$C_{8k} = \frac{1}{m \gamma c l} \left(\frac{r_{1k} m \gamma c l}{305 A_c} + r_{2k} + r_{3k} + \frac{r_{4k} m \gamma c l L}{710 A_c} \right); \quad (2.24)$$

где l_1 – неснижаемый запас опережения штрека впереди забоя лавы за зоной временного опорного давления, м; $r_{1в}, r_{1к}$ – стоимость поддержания 1 м вентиляционной и конвейерной выработки соответственно, поддерживаемой в массиве угля или пород, руб.; $r_{2в}, r_{2к}$ – стоимость перекрепления 1 м вентиляционной или конвейерной выработки соответственно впереди забоя лавы в зоне временного опорного давления за все время нахождения ее в этой зоне, руб.; $r_{3в}, r_{3к}$ – стоимость перекрепления 1 м выработки позади забоя лавы в зоне влияния очистных работ за все время нахождения ее в этой зоне, руб.; $r_{4в}, r_{4к}$ – стоимость поддержания 1 м выработки в год в выработанном пространстве вне зоны влияния очистных работ, руб.

Суммарные расходы на поддержание вентиляционной и конвейерной выработок составят:

$$C_8 = C_{8в} + C_{8к} \quad (2.25)$$

Капитальные затраты складываются из затрат на приобретение и монтаж транспортного, проходческого и очистного оборудования и определяются по выражению:

$$K = K_1 + K_2, \quad (2.26)$$

где K_1 – затраты на приобретение оборудования, руб.; K_2 – затраты на монтаж оборудования, руб.

Затраты на приобретение оборудования вычисляются по формуле:

$$K_1 = \frac{1}{m\gamma c l L} \left(\sum_1^n n_{i1} C_{i1} + C_{3.м} l_{зак} + \sum_1^m C_{2i} l \right) \quad (2.27)$$

где n_{i1} – количество единиц i -го типа транспортного, проходческого и очистного оборудования, стоимость которого не зависит от длины лавы; C_{i1} – стоимость единицы i -го типа транспортного, проходческого и очистного оборудования, не зависящая от длины лавы, руб.; $C_{3.м}$ – стоимость 1 м закладочного трубопровода, руб.; C_{2i} – стоимость 1 м i -го типа оборудования, зависящая от длины лавы, руб.

Для определения затрат на монтаж оборудования предложено выражение:

$$K_2 = \frac{1}{m\gamma c l L} (P_1 v_m + P_n v_n + P_m v_m (L + l_u) + P_{3.м} v_m l_{зак} + P_2 v_m l) \quad (2.28)$$

где P_n – масса проходческого оборудования, т; P_m – масса транспортного оборудования в прилегающей к лаве откаточной выработке, т; v_m – удельная стоимость монтажных работ оборудования лавы и его сопряжений, руб/т; v_n – удельная стоимость монтажных работ проходческого оборудования, руб/т; v_m – удельная стоимость работ по монтажу транспортного оборудования, руб/т.

Используя известное выражение определим приведенные затраты:

$$S_{np} = \sum_1^8 C + EK \quad (2.29)$$

где E – отраслевой нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

Суточная производительность очистного забоя, входящая в выражения (2.15)-(2.17), (2.20)-(2.24) определяется по известной зависимости [59]:

$$A_c = nT_{cm}qk_mC, \quad (2.30)$$

где; n – число смен по добыче угля в сутки; T_{cm} – время смены, мин; C – коэффициент извлечения угля; q – минутная производительность комбайна, т/мин. Определяется по выражению:

$$q = m\gamma rV \quad (2.31)$$

V – скорость подачи выемочной машины, м/мин. K_m – коэффициент машинного времени.

Для определения коэффициента машинного времени лавы используется выражение (2.39), коэффициент готовности оборудования $k_{2.об}$ в котором определяется по формуле:

$$k_{2.об} = \frac{1}{k_1 + k_2 l} \quad (2.32)$$

где k_1, k_2 – эмпирические коэффициенты, учитывающие изменение коэффициента готовности оборудования лавы от ее длины при различном очистном оборудовании. Согласно экспериментальным исследованиям, выполненным инженером ДГИ Б.Н. Шабрацким в условиях Западного Донбасса для комплексов КД-80, КМ103 $k_1 = 2,02, k_2 = 0,0023$, для лав с комплексами "Донбасс", КМК97, КМ87 – $k_1 = 2,67, k_2 = 0,0064$.

Таблица 2.4 - Исходные данные для расчета оптимальной длины лавы

| Параметры | Варианты | | | |
|--|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Тип механизированного комплекса | КМ88 | КМ88 | МКДЗ-90 | МКДЗ-90 |
| Тип выемочной машины | 1К101У | 1К101У | КА80 | 1КМ103 |
| Ширина захвата, м | 0,63 | 0,63 | 0,8 | 0,8 |
| Геологическая мощность пласта, м | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Вынимаемая мощность пласта, м | 1,2 | 1,2 | 1,0 | 1,0 |
| Система разработки | столбовая | комбинир. | столбовая | комбинир. |
| Способ выемки пласта | валовый | селект. | валовый | селект. |
| Сечение вентиляционной выработки в свету, м ² | 8,2 | 11,7 | 11,7 | 11,7 |
| Сечение откаточной выработки в свету, м ² | 8,2 | использ. повторно | использ. повторно | использ. повторно |
| Способ управления кровлей | полное обрушен. | частичная закладка | полная закладка | полная закладка |
| Тип закладочной машины | - | «Титан-1» | ZS-240 | ZS-240 |

Задача по установлению экономически целесообразной длины лавы решается путем вычисления приведенных затрат при различной длине лавы, которая изменяется в заданных пределах с определенным шагом. Оптимальной является длина лавы, при которой величина приведенных затрат минимальна.

Расчет оптимальной длины лавы выполнен для характерных условий лав Западного Донбасса. Проанализированы четыре варианта технологии, отличающиеся друг от друга способом выемки пласта (валовой или раздельный), применяемой системой разработки, типом очистного и закладочного оборудования, способом управления кровлей и др. параметрами (табл.2.4).

Результаты расчетов по всем вариантам представлены в табл. 2.5, 2.6, а зависимость приведенных затрат очистного забоя от длины лавы в виде графиков на рис. 2.13.

Анализ результатов расчетов показывает, что при изменении длины лавы происходит существенное изменение нагрузки на очистной забой, эксплуатационных расходов и капитальных затрат, причем одни показатели с увеличением длины лавы возрастают, а другие снижаются.

Среднесуточная нагрузка на лаву при валовой отработке пласта комплексом КМ88 достигает максимальной величины при длине очистного забоя 140-160 м и составляет 596 т. При дальнейшем увеличении длины лавы среднесуточная нагрузка за счет снижения надежности очистного оборудования уменьшается. При селективной выемке максимальная среднесуточная нагрузка (222 т) достигается при длине лавы более 240 м. Это можно объяснить тем, что затраты времени на выемку породного уступа, которые учитываются как простои очистного забоя, увеличиваются пропорционально длине лавы.

Приведенные затраты с увеличением длины очистного забоя до определенного значения снижаются, а затем начинают возрастать (рис. 2.13). Точка перегиба кривой этой зависимости соответствует длине лавы, при которой будут обеспечены минимальные затраты на добычу 1 т угля, т.е. оптимальной длине лавы.

При валовом способе выемки пласта и столбовой системе разработки (вариант № 1) минимальная величина приведенных затрат, равная 4,53 руб/т соответствует длине лавы 215 м, а при селективной выемке и комбинированной системе разработки (вариант № 2) минимальные затраты, составляющие 8,50 руб/т будут обеспечены при длине лавы 230 м.

В случае применения комплекса МКДЗ-90, и полной закладки выработанного пространства оптимальная длина лавы при валовой выемке (вариант № 3) составит 175 м и 200 м при селективной отработке пласта (вариант № 4). Минимальные приведенные затраты будут равны 5,97 руб/т и 8,94 руб/т соответственно. Среднесуточная нагрузка на очистной забой при оптимальной длине лавы составит 780 т при валовой выемке и 523 т при селективной.

Таким образом, при применении комплекса МКДЗ-90, работающего с полной закладкой выработанного пространства длина лавы должна быть несколько меньше, чем при отработке пласта комплексом КМ88. Это вызвано

тем, что амортизационные расходы при применении комплекса МКДЗ-90 из-за его высокой стоимости с увеличением длины лавы возрастают более существенно, чем при отработке пласта серийно выпускаемыми комплексами машин, имеющими меньшую стоимость.

Также результаты расчетов позволяют констатировать, что в случае применения селективной выемки пласта экономически целесообразно увеличить длину лавы на 10-15 % по сравнению с длиной очистного забоя, работающего по валовой технологии.

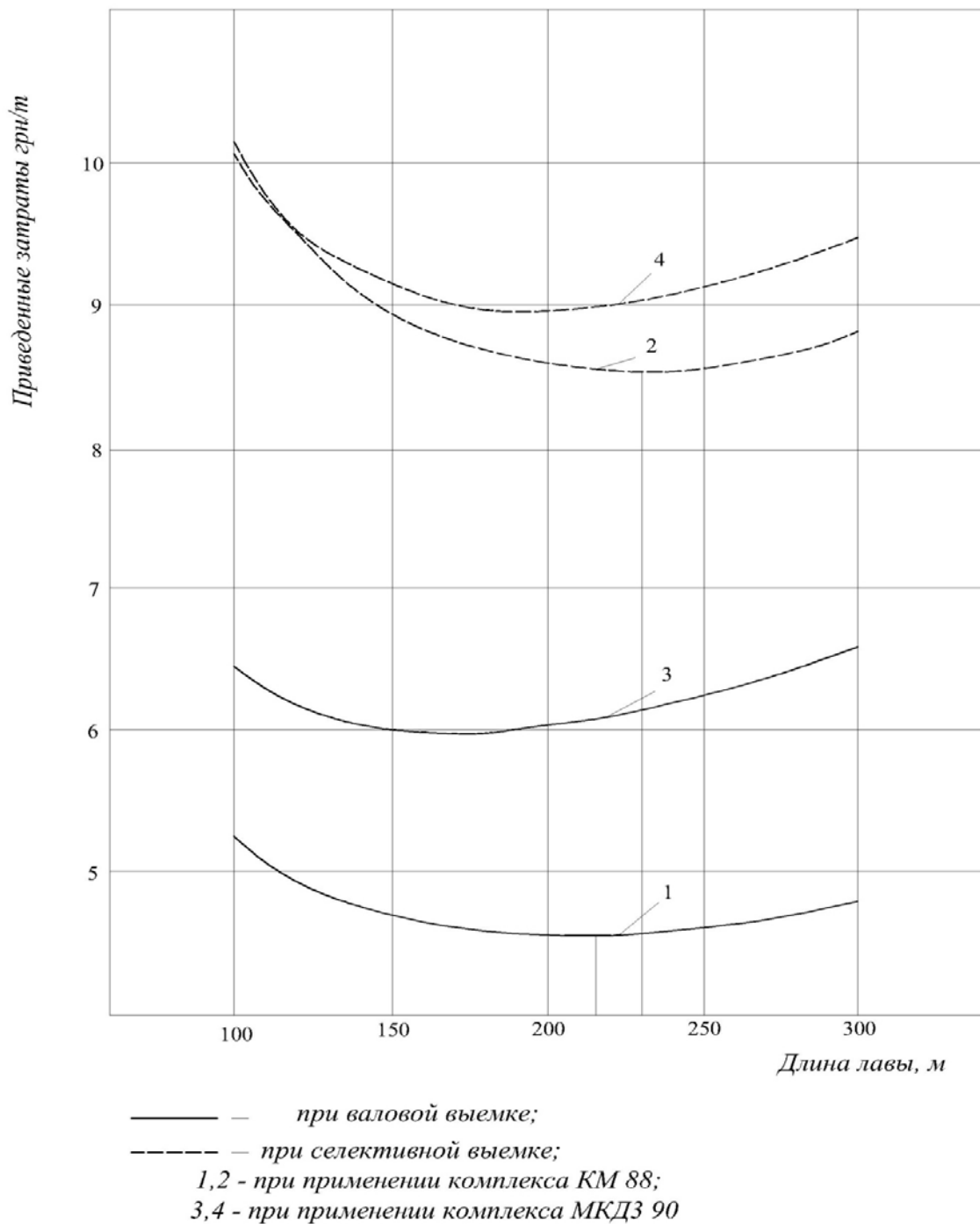


Рис 2.13 – Зависимость приведенных затрат от длины лавы

Таблица 2.5 – Зависимость основных технико-экономических показателей очистного забоя, оборудованного комплексом КМ 88 от длины лавы

| Длина лавы, м | Среднесуточная нагрузка, т/сут | Расходы, руб/т | | | | | | | | | | Капитал. затраты, руб/т | Привед. затраты, руб/т |
|---------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| | | Проведение выработок | Транспор. груз. | Заработная плата | Амортизация | Материалы | Демонтаж оборудования | Закладка | Поддержание выработок | Капитал. затраты, руб/т | Привед. затраты, руб/т | | |
| 100 | <u>575*</u> 185 | <u>1,360</u> 1,632 | <u>0,264</u> 0,813 | <u>2,306</u> 2,777 | <u>0,507</u> 1,579 | <u>0,324</u> 0,367 | <u>0,014</u> 0,031 | = | <u>0,086</u> 1,511 | <u>2,417</u> 5,763 | <u>5,223</u> 10,314 | | |
| 120 | <u>589</u> 196 | <u>1,137</u> 1,368 | <u>0,258</u> 0,756 | <u>2,240</u> 2,668 | <u>0,559</u> 1,678 | <u>0,320</u> 0,357 | <u>0,014</u> 0,030 | = | <u>0,076</u> 1,274 | <u>2,134</u> 5,032 | <u>4,931</u> 9,590 | | |
| 140 | <u>595</u> 205 | <u>0,978</u> 1,180 | <u>0,255</u> 0,734 | <u>2,209</u> 2,596 | <u>0,617</u> 1,793 | <u>0,318</u> 0,349 | <u>0,014</u> 0,029 | = | <u>0,066</u> 1,105 | <u>1,931</u> 4,510 | <u>4,747</u> 9,128 | | |
| 160 | <u>595</u> 211 | <u>0,859</u> 1,038 | <u>0,255</u> 0,712 | <u>2,160</u> 2,548 | <u>0,680</u> 1,919 | <u>0,316</u> 0,344 | <u>0,013</u> 0,028 | = | <u>0,060</u> 0,979 | <u>1,778</u> 4,119 | <u>4,633</u> 8,833 | | |
| 180 | <u>592</u> 215 | <u>0,766</u> 0,928 | <u>0,256</u> 0,698 | <u>2,165</u> 2,515 | <u>0,747</u> 2,054 | <u>0,315</u> 0,339 | <u>0,013</u> 0,028 | = | <u>0,056</u> 0,881 | <u>1,660</u> 3,814 | <u>4,568</u> 8,650 | | |
| 200 | <u>587</u> 218 | <u>0,692</u> 0,840 | <u>0,259</u> 0,688 | <u>2,153</u> 2,494 | <u>0,818</u> 2,198 | <u>0,314</u> 0,336 | <u>0,013</u> 0,027 | = | <u>0,052</u> 0,803 | <u>1,565</u> 3,571 | <u>4,536</u> 8,547 | | |
| 220 | <u>579</u> 220 | <u>0,632</u> 0,768 | <u>0,262</u> 0,682 | <u>2,145</u> 2,482 | <u>0,894</u> 2,348 | <u>0,313</u> 0,333 | <u>0,013</u> 0,027 | = | <u>0,049</u> 0,740 | <u>1,487</u> 3,371 | <u>4,531</u> 8,504 | | |
| 240 | <u>571</u> 222 | <u>0,581</u> 0,708 | <u>0,266</u> 0,678 | <u>2,141</u> 2,476 | <u>0,973</u> 2,505 | <u>0,312</u> 0,330 | <u>0,013</u> 0,027 | = | <u>0,047</u> 0,687 | <u>1,423</u> 3,205 | <u>4,546</u> 8,507 | | |
| 260 | <u>562</u> 222 | <u>0,538</u> 0,657 | <u>0,270</u> 0,676 | <u>2,140</u> 2,475 | <u>1,055</u> 2,668 | <u>0,312</u> 0,328 | <u>0,013</u> 0,026 | = | <u>0,045</u> 0,643 | <u>1,368</u> 3,060 | <u>4,578</u> 8,547 | | |
| 280 | <u>552</u> 222 | <u>0,502</u> 0,614 | <u>0,274</u> 0,676 | <u>2,141</u> 2,478 | <u>1,142</u> 2,836 | <u>0,311</u> 0,327 | <u>0,013</u> 0,026 | = | <u>0,044</u> 0,605 | <u>1,321</u> 2,944 | <u>4,624</u> 8,617 | | |
| 300 | <u>543</u> 222 | <u>0,470</u> 0,576 | <u>0,279</u> 0,677 | <u>2,144</u> 2,484 | <u>1,231</u> 3,010 | <u>0,311</u> 0,325 | <u>0,013</u> 0,026 | = | <u>0,043</u> 0,572 | <u>1,281</u> 2,840 | <u>4,683</u> 8,712 | | |

* - в числителе – при валовой выемке (вариант №1)

в знаменателе – при раздельной выемке (вариант №2)

Таблица 2.6 – Зависимость основных технико-экономических показателей от длины лавы
оборудованного комплекса МКДЗ-90

| Длина лавы, м | Среднесут. нагрузка, т/сут | Расходы, руб/т | | | | | | | | | | Привед. затраты, руб/т |
|---------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| | | Проведение выработки | Транспортирование грузов | Заработная плата | Амортизация | Материалы | Демонтаж оборудования | Закладка | Поддержание выработки | Капитал. затраты, руб/т | Привед. затраты, руб/т | |
| 100 | $\frac{627^*}{375}$ | $\frac{1,113}{1,632}$ | $\frac{0,242}{0,403}$ | $\frac{2,001}{2,151}$ | $\frac{1,399}{2,350}$ | $\frac{0,143}{0,337}$ | $\frac{0,035}{0,052}$ | $\frac{0,269}{0,450}$ | $\frac{0,136}{1,213}$ | $\frac{7,215}{10,594}$ | $\frac{6,421}{10,178}$ | |
| 120 | $\frac{681}{412}$ | $\frac{1,933}{1,368}$ | $\frac{0,223}{0,366}$ | $\frac{2,963}{2,095}$ | $\frac{1,500}{2,484}$ | $\frac{0,139}{0,332}$ | $\frac{0,035}{0,051}$ | $\frac{0,271}{0,448}$ | $\frac{0,117}{1,016}$ | $\frac{6,596}{9,685}$ | $\frac{6,171}{9,612}$ | |
| 140 | $\frac{724}{443}$ | $\frac{0,805}{1,180}$ | $\frac{0,210}{0,341}$ | $\frac{2,937}{2,056}$ | $\frac{1,611}{2,634}$ | $\frac{0,136}{0,328}$ | $\frac{0,034}{0,050}$ | $\frac{0,277}{0,453}$ | $\frac{0,104}{0,875}$ | $\frac{6,154}{9,035}$ | $\frac{6,037}{9,272}$ | |
| 160 | $\frac{757}{469}$ | $\frac{0,708}{1,038}$ | $\frac{0,201}{0,322}$ | $\frac{1,919}{2,029}$ | $\frac{1,730}{2,796}$ | $\frac{0,134}{0,325}$ | $\frac{0,034}{0,050}$ | $\frac{0,286}{0,462}$ | $\frac{0,094}{0,770}$ | $\frac{5,823}{8,547}$ | $\frac{5,979}{9,074}$ | |
| 180 | $\frac{783}{491}$ | $\frac{0,633}{0,928}$ | $\frac{0,195}{0,309}$ | $\frac{1,906}{2,010}$ | $\frac{1,855}{2,967}$ | $\frac{0,133}{0,322}$ | $\frac{0,034}{0,049}$ | $\frac{0,297}{0,474}$ | $\frac{0,086}{0,688}$ | $\frac{5,575}{8,169}$ | $\frac{5,972}{8,973}$ | |
| 200 | $\frac{804}{508}$ | $\frac{0,573}{0,840}$ | $\frac{0,190}{0,298}$ | $\frac{1,189}{1,996}$ | $\frac{1,986}{3,146}$ | $\frac{0,131}{0,321}$ | $\frac{0,033}{0,049}$ | $\frac{0,306}{0,489}$ | $\frac{0,080}{0,622}$ | $\frac{5,359}{7,866}$ | $\frac{6,003}{8,941}$ | |
| 220 | $\frac{820}{523}$ | $\frac{0,524}{0,768}$ | $\frac{0,186}{0,290}$ | $\frac{1,890}{1,986}$ | $\frac{2,122}{3,332}$ | $\frac{0,130}{0,319}$ | $\frac{0,033}{0,049}$ | $\frac{0,323}{0,506}$ | $\frac{0,075}{0,569}$ | $\frac{5,190}{7,617}$ | $\frac{6,061}{8,962}$ | |
| 240 | $\frac{833}{535}$ | $\frac{0,483}{0,708}$ | $\frac{0,183}{0,283}$ | $\frac{1,886}{1,979}$ | $\frac{2,263}{3,524}$ | $\frac{0,129}{0,318}$ | $\frac{0,033}{0,049}$ | $\frac{0,337}{0,524}$ | $\frac{0,070}{0,525}$ | $\frac{5,050}{7,410}$ | $\frac{6,143}{9,022}$ | |
| 260 | $\frac{842}{546}$ | $\frac{0,448}{0,657}$ | $\frac{0,181}{0,278}$ | $\frac{1,883}{1,975}$ | $\frac{2,409}{3,723}$ | $\frac{0,129}{0,317}$ | $\frac{0,033}{0,048}$ | $\frac{0,352}{0,544}$ | $\frac{0,067}{0,487}$ | $\frac{4,931}{7,236}$ | $\frac{6,242}{9,114}$ | |
| 280 | $\frac{849}{554}$ | $\frac{0,419}{0,614}$ | $\frac{0,180}{0,274}$ | $\frac{1,882}{1,972}$ | $\frac{2,559}{3,926}$ | $\frac{0,128}{0,316}$ | $\frac{0,033}{0,048}$ | $\frac{0,368}{0,565}$ | $\frac{0,064}{0,455}$ | $\frac{4,829}{7,085}$ | $\frac{6,357}{9,233}$ | |
| 300 | $\frac{854}{561}$ | $\frac{0,393}{0,576}$ | $\frac{0,179}{0,270}$ | $\frac{1,881}{1,971}$ | $\frac{2,713}{3,135}$ | $\frac{0,128}{0,315}$ | $\frac{0,033}{0,048}$ | $\frac{0,385}{0,586}$ | $\frac{0,062}{0,427}$ | $\frac{7,740}{6,956}$ | $\frac{6,485}{9,373}$ | |

* - в числителе – при валовой выемке (вариант №3)
в знаменателе – при раздельной выемке (вариант №4)

2.4. Режимные параметры технологии

Работы по закладке выработанного пространства существенно влияют на режимные параметры очистной выемки, а именно: на скорость подачи выемочной машины, особенно при отдельной выемке угля и породы, коэффициент машинного времени очистного забоя и его производительность. Это вызвано тем, что процессы очистной выемки и закладки увязаны в единую систему во времени и в пространстве, поэтому изменение одного параметра приводит к изменению другого.

Выполненные нами замеры скоростей подачи комбайна в различных условиях показали, что этот параметр наиболее достоверно описывается известной эмпирической зависимостью [6]:

$$V = \frac{Pt_{рез}}{mrA} - 0,2V_{рез} , \quad (2.33)$$

где P – суммарная потребляемая двигателем комбайна мощность, кВт; $t_{рез}$ – шаг между рабочими линиями резания, см; m – вынимаемая мощность пласта, м; r – ширина захвата, м; A – сопротивляемость пласта разрушению резанием, кЦ/м; $V_{рез}$ – скорость резания, м/с.

Это выражение можно рекомендовать для расчета скорости подачи при валовой (совместной) выемке угля и породы и при селективной технологии при выемке угля. При валовой выемке с присечками боковых пород сопротивляемость пласта резанию A определяется как средневзвешенная величина:

$$A = \frac{A_y m_y + A_{нор} m_{нор}}{m} , \quad (2.34)$$

где A_y – сопротивляемость угольного пласта резанию, кН/м; $A_{нор}$ – сопротивляемость припекаемой породы резанию, кН/м; m_y – мощность угольного пласта, м; $m_{нор}$ – величина присечки боковых пород, м.

Для расчета скорости подачи при выемке угольной пачки при селективной технологии вместо вынимаемой мощности пласта m в выражение (2.33) подставляется мощность угольной пачки m_y .

Для расчета скорости подачи при выемке породы в работе [37] рекомендовано использовать выражение, которое учитывает ослабление породного уступа за счет опережающей выемки угля:

$$V_n = \frac{Pt_{рез}}{m_{нор} r A_{нор} k_{осл}^n} - 0,2V_{рез} , \quad (2.35)$$

где $k_{осл}^n$ – коэффициент ослабления породы.

В этой же работе отмечается, что при селективной отработке пласта в условиях Западного Донбасса скорость подачи при выемке породы практически не зависит от мощности присечки и может достигать максимальных величин.

При отдельной выемке угля и породы с закладкой последней в выработанное пространство лавы минутная производительность комбайна по породе не должна превышать минутной производительности дробилки или закладочной машины, т.е.

$$Q_{3.0} \geq m_{\text{нор}} V_{\text{нор}}^{\text{max}} r k_{\text{н.н}} k_{\text{р.н}}, \quad (2.36)$$

где $Q_{3.0}$ – минутная производительность закладочного оборудования, м³/мин; $k_{\text{н.н}}$ – коэффициент, учитывающий неполноту погрузки угля; $k_{\text{р.н}}$ – коэффициент разрыхления породы.

Отсюда определим максимально возможную скорость подачи комбайна при выемке породного уступа:

$$V_{\text{нор}}^{\text{max}} = \frac{Q_{3.0}}{m_{\text{нор}} r k_{\text{н.н}} k_{\text{р.н}}} \quad (2.37)$$

Окончательно скорость подачи при выемке породы равна:

$$V_n = \min \left\{ \frac{Pt_{\text{рез}}}{m_{\text{нор}} r A_{\text{нор}} k_{\text{осл}}^n} - 0,2V_{\text{рез}}; \frac{Q_{0.3}}{m_{\text{нор}} r k_{\text{н.н}} k_{\text{р.н}}}; V_{\text{раб}}^{\text{max}} \right\}, \quad (2.38)$$

где $V_{\text{раб}}^{\text{max}}$ – максимальная рабочая скорость комбайна, м/мин.

Расчетом, выполненным для условий шахт Западного Донбасса, установлено, что скорость подачи комбайнов 1К103 и 1К101 по выемке породы при применении закладочных машин ZS-240, ПЗБ-200, ПЗБ-250 не ограничивается их производительностью и достигает максимальной рабочей скорости. Скорость подачи комбайнов ограничивается производительностью закладочного оборудования лишь при применении закладочных машин малой производительности, например дробильно-закладочного комплекса "Титан-1" при мощности присечки более 0,14-0,19 м (рис.2.13). При увеличении мощности присекаемых пород свыше этой величины скорость подачи выемочной машины снижается по гиперболическому закону.

В ряде работ [44, 88] предложены выражения для определения режимных параметров очистного забоя по фактору "закладочные работы". Предлагаемые методики не учитывают особенности закладки в выработанное пространство присекаемых пород очистного забоя.

Особенности селективной отработки пласта при определении коэффициента машинного времени отражены в предложенном А.Г.Кошкой выражении [37]:

$$k_m = \frac{l}{\frac{l}{k_{\text{раб}}} + (T_{\text{к.о}} + T_{\text{э.о}})V + \frac{lV}{V_n}}, \quad (2.39)$$

где l – длина лавы, м; $k_{\text{э.об}}$ – коэффициент готовности оборудования; $T_{\text{к.о}}$ – затраты времени на концевые операции, мин; $T_{\text{э.о}}$ – время устранения эксплуатационных неполадок (простоев), не связанных непосредственно с работой комбайна, мин; V – скорость подачи комбайна при выемке угля, м/мин; V_n – скорость подачи комбайна при выемке породы, м/мин.

При применении селективной отработки пласта с закладкой выработанного пространства в выражении (2.39) необходимо учесть затраты

времени на управление боковыми выпусками породы или на демонтаж секций закладочного трубопровода при торцевом выпуске породы.

Выражение примет вид:

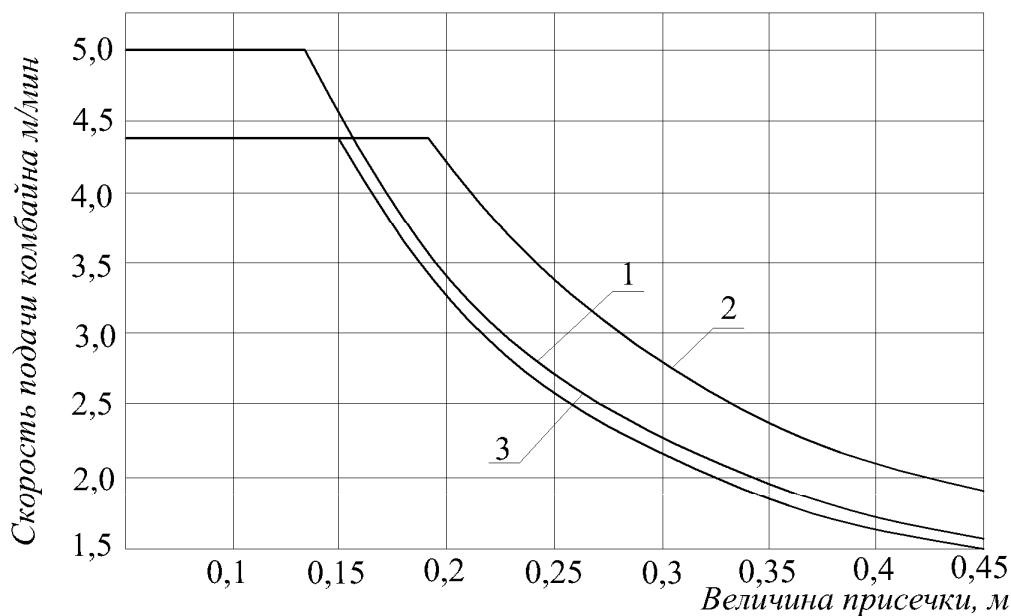
$$k_{.м} = \frac{1}{\frac{1}{k_{2.об}} + (T_{к.о} + T_{э.о} + \frac{l}{k_{2.3}V_n} + \frac{t_{.м}l_3}{l_m}) \frac{V}{l}}, \quad (2.40)$$

где $k_{2.3}$ – коэффициент готовности закладочного оборудования; $t_{.м}$ – затраты времени на управление боковым выпуском или на демонтаж секции закладочного трубопровода, мин; l_3 – ширина закладываемой полосы, м; l_T – расстояние между выпусками породы, м.

Коэффициенты готовности очистного и закладочного оборудования можно определить по известным выражениям [59]:

$$k_{2.об} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^{n_{оч}} (\frac{1}{M_{оч,i}} - 1)}; \quad k_{2.3} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^{n_3} (\frac{1}{M_{3,i}} - 1)}; \quad (2.41)$$

где $n_{оч}$, n_3 – количество очистного и закладочного оборудования соответственно; $M_{оч,i}$, $M_{3,i}$ – коэффициенты готовности i -го вида очистного и закладочного оборудования соответственно.



- 1- комбайна 1К103;
- 2- комбайна 1К101У при ширине захвата 0,63 м;
- 3- комбайна 1К101У при ширине захвата 0,8 м

Рис 2.14 – Зависимость скорости подачи комбайнов от мощности присечки при закладке присекаемых пород комплексом «Титан-1»

Значения V_n и l_z , входящие в выражение (2.40) зависят от мощности присекаемых пород и, следовательно, коэффициент машинного времени в конечном итоге также зависит от этого параметра. На рис. 2.14 представлена полученная расчетным путем зависимость коэффициента машинного времени от мощности присекаемых пород при использовании различного очистного и закладочного оборудования.

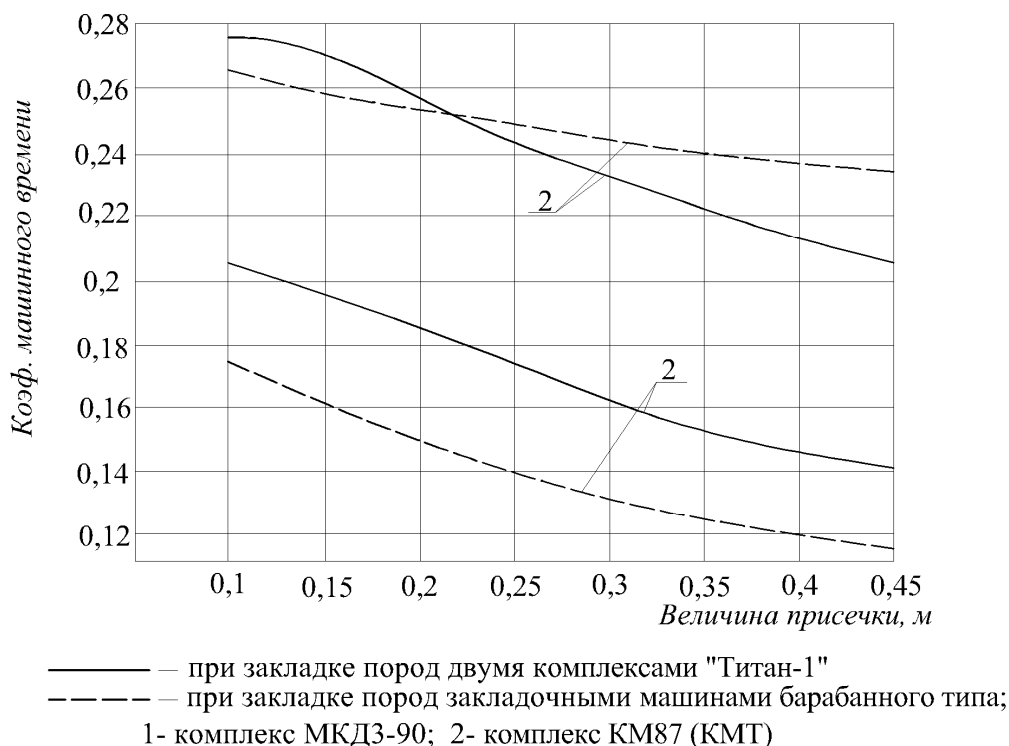


Рис 2.15 – Зависимость коэффициента машинного времени от мощности присечки

Из рис.2.14 – 2.15 следует, что с ростом мощности присекаемых пород коэффициент машинного времени снижается за счет увеличения объемов закладочных работ и уменьшения скорости подачи комбайна при выемке породы. Причем при применении комплекса ЩДЗ-90 этот параметр выше, чем при использовании комплексов КМ-87 (88) и КМТ.

Выводы

1. На основании аналитических исследований напряженно-деформированного состояния массива горных пород установлено, что:
 - закладка выработанного пространства приводит к значительному (до 20-40%) уменьшению ширины опорной зоны по сравнению с полным обрушением и снижению опорных нагрузок на угольный пласт;

- при закладке выработанного пространства опускания, горизонтальные перемещения и деформации первого породного слоя почти в 2 раза уменьшаются, в результате чего значительно снижается вероятность нарушения сплошности кровли и образования в ней вывалов и обрушений пород;

- нормальные нагрузки, опускания и горизонтальные перемещения при закладке с увеличением длины лавы возрастают менее интенсивно, чем при управлении кровлей полным обрушением, что позволяет в случае необходимости увеличить длину лавы до экономически целесообразной величины;

- нагрузка на закладочный массив на расстоянии 200 м от лавы по истечении 300 суток после окончания очистных работ составляет около 70 % от нагрузок в нетронутым породном массиве;

- при полной закладке выработанного пространства приблизительно на 50 % снижаются опускания земной поверхности и, кроме этого, уменьшаются размеры мульды сдвижения.

2. Установлена зависимость ширины бутовой полосы при закладке в выработанное пространство присекаемых пород очистного забоя от мощности присечки боковых пород и вынимаемой мощности пласта, которая в отличие от известных учитывает увеличение объема закладочного материала за счет попадания в него угля при отдельной отработке пласта. Это позволяет повысить точность расчетов геометрических параметров технологических схем, предусматривающих применение отдельной выемки.

3. На основании установленной зависимости изменения приведенных затрат от длины лавы сделан вывод, что при применении выемочно-закладочного комплекса МКДЗ-90, работающего с полной закладкой выработанного пространства длина лавы должна составлять около 175 м при работе очистного забоя по валовой выемке и 200 м в случае применения селективной технологии.

ГЛАВА 3. ШАХТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ ТОНКИХ ПЛАСТОВ С ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

3.1. Общие положения

Для проверки правильности основных теоретических положений и получения фактических параметров технологии отработки тонких пологих пластов с закладкой при различных системах разработки на шахте "Благодатная" проведен ряд натурных исследований. Кроме этого, целью шахтных исследований являлась проверка работоспособности предлагаемой технологии и установление ее основных технико-экономических показателей.

Исследования выполнялись по специально разработанной методике, в которой учитывались требования стандартов и основные положения известных отраслевых методик.

3.2. Характеристика условий и места испытаний технологии

Испытания технологии проводились в двух лавах (746-бис и 719) пласта C_7 , шахты "Благодатная".

Для испытаний были выделены участки шахтного поля с крайне неблагоприятными горно-геологическими условиями. В пределах выемочных участков пласт C_7 , имел сложное двухпачечное строение (рис.3.1) и был разделен прослоем весьма неустойчивого аргиллита. Мощность этого междупластья составляла в 746-бис лаве 0,7-1,2 м, а в 719 лаве – 2,0-2,8 м. Мощность верхней угольной пачки (пласт C_7^B) в пределах обоих выемочных полей составляла 0,4-0,5 м, нижней (пласт C_7^H) – 0,75-0,78 м. Лавами отрабатывался только пласт C_7^H с присечкой пород почвы, поэтому нижний слой породного прослоя между угольными пачками мощностью 0,1-0,5 м являлся "ложной" кровлей, которая обрушалась вслед за проходом комбайна, осложняя ведение как очистных, так и закладочных работ. Основная кровля сложена аргиллитом, легкообрушаемым, крепостью $f=1,2-1,5$ и линзовидным песчаником средней крепости ($f=3-4$). Непосредственная почва пласта – аргиллит, неустойчивый ($f=0,8-1,0$), при увлажнении склонен к размоканию и интенсивному пучению.

Кроме неустойчивых боковых пород ведение очистных работ осложнялось наличием зон повышенного горного давления в результате ведения горных работ на вышележащих пластах.

3.3. Характеристика объекта исследований

Объектом исследований являлась технология отработки тонкого пологого пласта C_7 , с частичной закладкой выработанного пространства. Исследования выполнялись как в 746-бис лаве, так и в 719.

Запасы обеих лав отрабатывались механизированным комплексом 1КМ88 с комбайном 1К101У, в качестве закладочного оборудования был использован

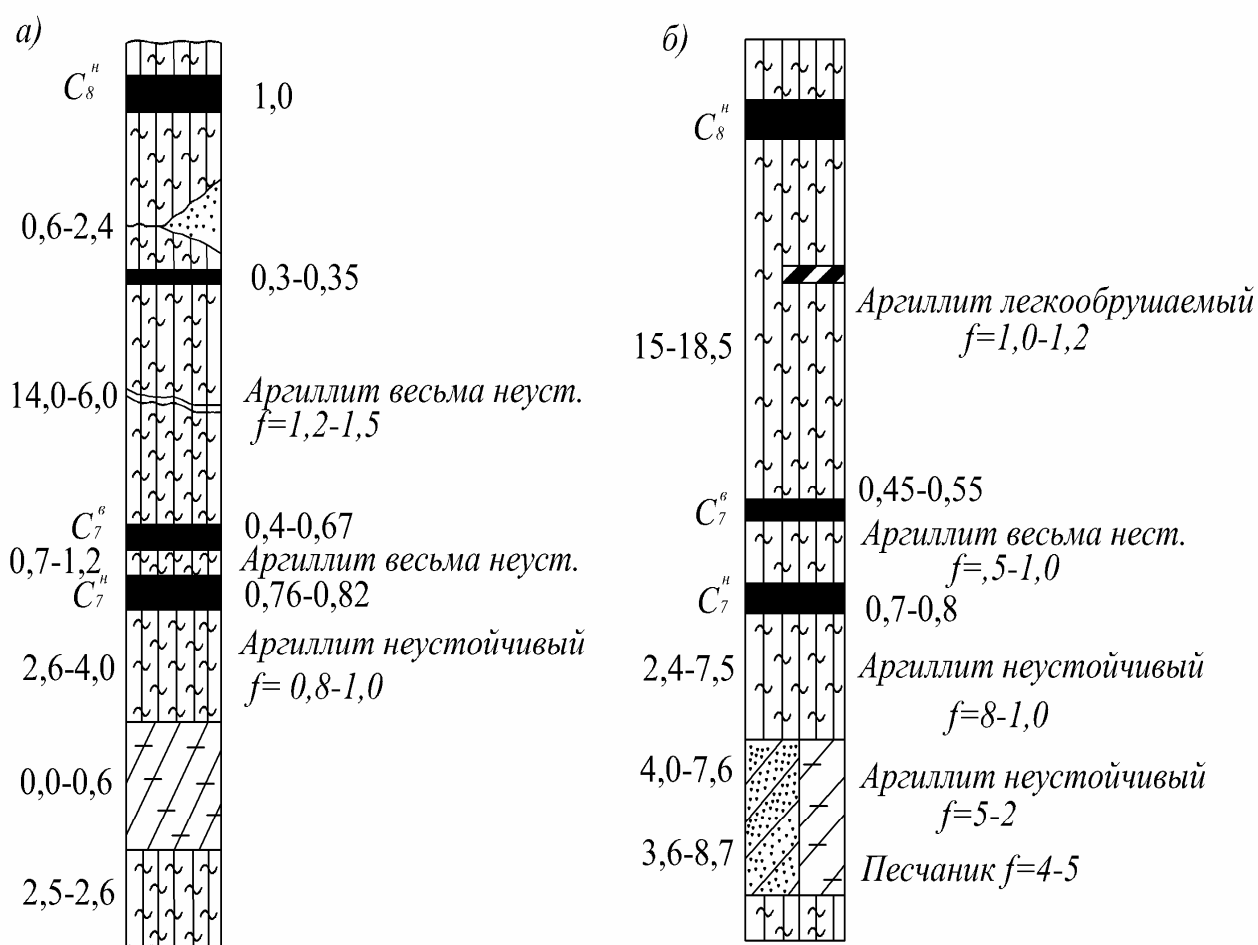


Рис 3.1 – Стратиграфические колонки пласта C_7 в пределах выемочных полей 746 – бис (а) и 719 (б) лав

дробильно-закладочный комплекс "Титан-1", для ведения закладочных работ в условиях пласта с весьма неустойчивой кровлей к перекрытиям секций механизированной крепи с завальной стороны жестко прикреплялся консольный козырек, защищающий место возведения закладочного массива от обрушения пород непосредственной кровли. Длина консольного козырька в 746-бис лаве составляла 0,9 м, а в 719 лаве была увеличена до 1,2 м.

Выемочное поле 746-бис лавы отрабатывалось по столбовой системе разработки. В этой лаве применялась селективная выемка пласта. За первый проход комбайна при движении от сборного (конвейерного) штрека к бортовому (вентиляционному) вынимался угольный пласт мощностью 0,75-0,78 м. Одновременно, вслед за проходом комбайна передвигались секции механизированной крепи. При обратном движении комбайна (от бортового штрека к сборному) производилась выемка оставленного в почве пласта породного уступа высотой 0,4-0,45 м. Пресекаемые породы почвы использовались в качестве исходного материала для пневмозакладки. Породы, лавным конвейером, работающим в режиме реверсирования через скребковый

перегрузатель, транспортировались в бункер дробилки комплекса "Титан-1", а затем закладывались в выработанное пространство лавы. Ширина закладываемой полосы ограничивалась паспортной величиной дальности транспортирования дробильно-закладочного комплекса, поэтому ширина бутовой полосы не превышала 30 м.

Схема монтажа и демонтажа закладочного трубопровода, разработанная сотрудниками института "Днепрогипрошахт", предусматривала ведение закладочных работ без постоянного присутствия людей в выработанном пространстве, что исключало возможность травматизма рабочих от обрушения пород непосредственной кровли. Трубопровод размещался на почве пласта под обратными консолями механизированной крепи. По мере закладки выработанного пространства производилось сокращение закладочного трубопровода путем демонтажа одной из труб на бортовом штреке. Оставшиеся секции трубопровода специальной лебедкой подтягивались к штреку, где соединялись с поворотным коленом магистрального трубопровода. После этого вновь производилась закладка выработанного пространства на расстояние, равное длине одной трубы.

Монтаж закладочного става производился перед началом работы по закладке, путем перемещения трубопровода вдоль лавы с постепенным присоединением труб на штреке.

С целью проверки работоспособности предложенной технологии при комбинированной системе разработки, оставления в выработанном пространстве лавы породы от проведения прилегающей к ней выработки и обоснования возможности ее повторного использования, осуществлена апробация разработанной технологии в 719 лаве. Бортовой штрек, сечением 14,3 м проводился вместе с лавой, опережая ее на 30 м. Порода от проведения выработки, также как и порода от присечки пород в лаве закладывалась в выработанное пространство лавы. Технологическая схема, принятая в 719 лаве, приведена на рис.3.2.

Для повышения давления воздуха в закладочном трубопроводе и, следовательно, увеличения дальности транспортирования исходного материала и повышения плотности закладочного массива в качестве источника воздухоснабжения использовались две параллельно соединенные воздуходувки ВП-70. Это позволило увеличить ширину бутовой полосы до 45-50 м.

С целью снижения трудоемкости работ по возведению закладочного массива в 719 лаве был использован трубопровод конструкции ИГД им. Скочинского с боковыми выпусками породы, управление которыми осуществлялось дистанционно из рабочего пространства лавы.

При испытаниях описанных выше технологических схем исследовались фактические параметры выемки угля и породы, параметры возведения закладочного массива, проявления горного давления в рабочем пространстве лавы, закладочном массиве и в прилегающих выработках. Применение в экспериментальных лавах частичной закладки выработанного пространства позволило сопоставить параметры, полученные в зоне выкладки закладочного

массива с параметрами традиционной технологии отработки пластов Западного Донбасса, предусматривающих полное обрушение пород непосредственной кровли.

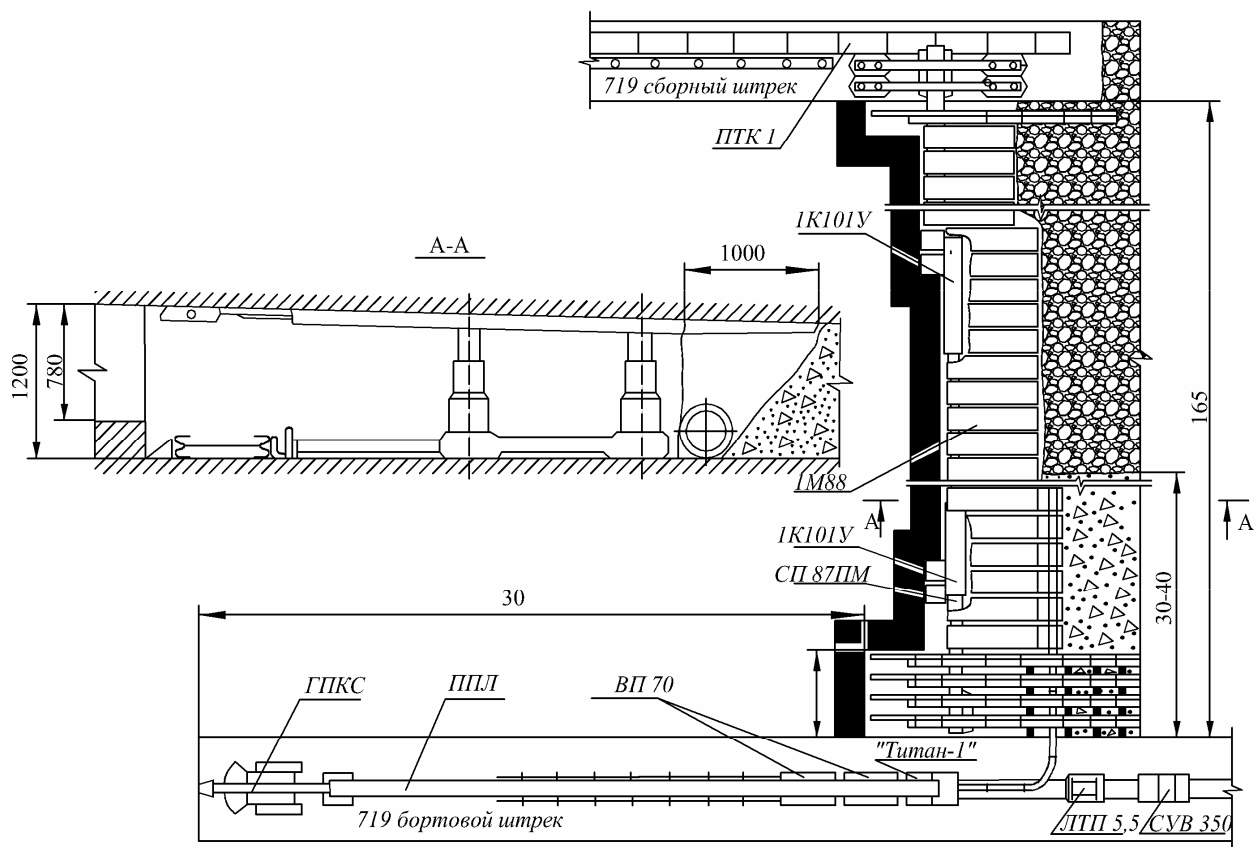


Рис 3.2 – Технологическая схема работ в 719 лаве

3.4. Основные положения методики проведения исследований

Методика шахтных исследований разработана с учетом требований стандартов, регламентирующих организационно-методические и нормативно-технические основы государственных испытаний продукции, характера взаимодействия механизированной крепи с боковыми породами, вывалообразования пород непосредственной кровли, изменения величин смещения боковых пород в рабочем пространстве лавы и в закладочном массиве, а также фактического сопротивления гидростоек крепи. Все указанные выше параметры, измеренные в зоне выкладки бутовой полосы, сравнивались с аналогичными параметрами в части лавы с полным обрушением.

Наблюдения за вывалообразованием пород кровли производились периодически в течение всего времени проведения исследований. При этом фиксировались высота и объем вывалов путем измерения их геометрических размеров.

Установление величин сближений боковых пород в рабочем пространстве производились измерительными стойками СУИ-II путем промера расстояний между реперами, забиваемыми в кровлю и почву лавы. Для измерения

сближений боковых пород в закладочном массиве между этими реперами устанавливались специальные измерительные реостатные стойки, показания которых выводились в прилегающую выработку.

Частота отсчетов при измерениях указанных параметров определялась характером сдвижения боковых пород и скоростью подвигания очистного забоя.

Измерения фактического сопротивления гидростоек секций механизированной крепи М88 от начального распора до сопротивления перед разгрузкой измерялись самопишущими манометрами М66А, которые подключались в рабочие полости передних и задних стоек. Замерные станции оборудовались как на секциях с удлиненными перекрытиями, то есть в зоне выкладки бутовой полосы, так и, для сравнения, на обычных секциях в зоне полного обрушения кровли. Объем измерений – не менее 100 выемочных циклов или 65 м подвигания очистного забоя.

В соответствии с "Методическими указаниями по исследованию горного давления на угольных и сланцевых шахтах", разработанными ВНИМИ, а также "Временным положением о разработке программы и методик Государственных испытаний горно-шахтного оборудования с механизированными крепями", разработанным ИГД им. А.А. Скочинского и Гипроуглемашем и утвержденным Техническим управлением Минуглепрома СССР.

Взаимоувязка и эффективность совместной работы очистного, закладочного, а в 719 лаве и проходческого оборудования оценивалась путем сравнения производительностей одновременно работающего оборудования, скоростей подвигания очистного и проходческого забоев при комбинированной системе разработки. При этом фиксировалось время простоев одного оборудования при выполнении производственных процессов другим, например, простои очистного комбайна в лаве при выемке породы в проходческом забое и закладке ее в бутовую полосу.

При закладочных работах производились хронометражные наблюдения по элементам цикла: наращивание трубопровода на всю длину, закладка породой выработанного пространства на длину одной секции трубопровода, сокращение трубопровода на одну секцию, а также сокращение магистрального трубопровода на штреке.

Подробно изучались горно-геологические и горнотехнические условия отработки пласта: мощность и угол падения, физико-механические свойства угля и боковых пород. Особое внимание обращалось на состав и строение кровли и непосредственной почвы. Изучение указанных условий производилось по шахтной документации и путем непосредственных наблюдений.

Исследования проявлений горного давления в рабочем пространстве лавы и в закладочном массиве включали натурные наблюдения.

Измерения смещений боковых пород в прилегающих к лаве выработках осуществлялись путем измерения расстояний между двумя парами контурных реперов, одна из которых забивалась в кровлю и почву выработки, другая – в

бока выработки. Реперные станции оборудовались впереди очистного забоя вне зоны влияния очистных работ, а при проведении выработки совместно с лавой – возле проходческого забоя. Периодичность снятия отсчетов обуславливалась скоростью подвигания очистного забоя и составляла 5-7 суток, а при подходе лавы к реперным станциям – 2-3 суток.

3.5. Исследования проявлений горного давления в рабочем пространстве лавы и в закладочном массиве

3.5.1. Смещение боковых пород

Исследования смещений боковых пород включали натурные наблюдения за состоянием пород кровли и почвы пласта, измерения величин их сближений, как в рабочем пространстве лавы, так и в закладочном массиве. Величины смещений, измеренных в процессе исследований показаны на рис.3.4 , и приведены в табл.3.1, а также в виде графика на рис.3.7.

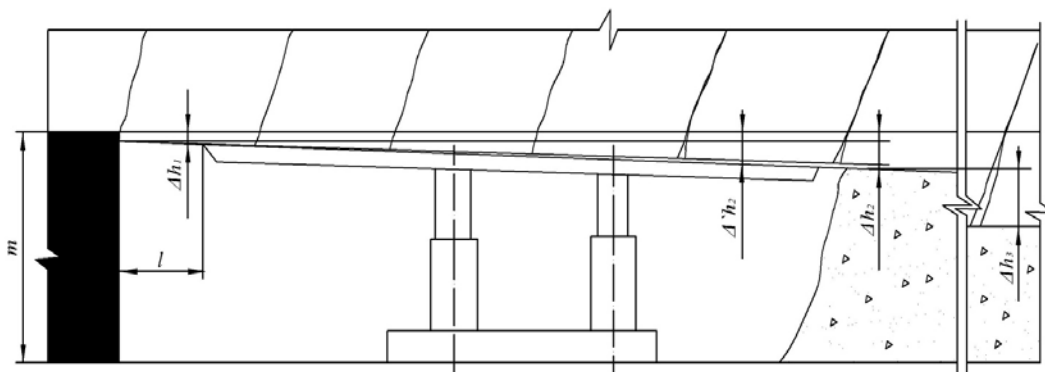


Рис 3.3 – Величины, измеряемые при исследовании смещений боковых пород

Анализ наблюдений за состоянием пород в призабойной части рабочего пространства лавы показал, что в обеих экспериментальных лавах по всей длине очистного забоя в кровле при выемке образовались заколы, вследствие чего кровля пласта делилась на блоки, равные ширине захвата исполнительного органа комбайна (рис.3.5). При этом происходило смещение ближайшего к забою блока относительно угольного пласта. Средняя величина этого смещения в зоне выкладки бутовой полосы составила 10 мм в 746-бис лаве и 15 мм в 719, что на 25-40 % меньше, чем в остальной части лавы. По мере подвигания очистного забоя трещины между блоками раскрывались, а блоки разрушались на отдельные глыбы хаотически расположенными трещинами и после третьего от забоя блока, а в зоне выкладки бутовой полосы после четвертого-пятого, кровля пласта была полностью разрушена. В 746-бис лаве, где горно-геологические условия были менее сложными ввиду меньшей мощности весьма неустойчивого междупластья, блоки не разрушаясь ложились на закладочный массив (рис.3.6).

Как следует из результатов исследований, представленных в табл.3.1 , закладка выработанного пространства на 13-14 % снижает конвергенцию боковых пород в рабочем пространстве лавы. Это благоприятно сказывается на состоянии боковых пород, позволяет уменьшить вынимаемую мощность пласта и,



Рис. 3.5 – Характер разрушения пород кровли в опытно-промышленной 719лаве



Рис. 3.6 – Характер разрушения пород кровли в зоне закладки 746-бис лавы

Таблица 3.1 – Значения параметров проявлений горного давления

| Параметры | Обозначения | Ед. изм | Значения | | | |
|--|---------------|---------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | | 746-бис лава | | 719 лава | |
| | | | в зоне закладки | в зоне полного обрушения | в зоне закладки | в зоне полного обрушения |
| Вынимаемая мощность пласта | m | м | $\frac{1,11-1,29^*}{1,22}$ | $\frac{1,10-1,31}{1,22}$ | $\frac{1,16-1,37}{1,26}$ | $\frac{1,17-1,37}{1,26}$ |
| Расстояние от забоя до конца перекрытия | l | м | $\frac{0,30-0,52}{0,46}$ | $\frac{0,30-0,50}{0,45}$ | $\frac{0,26-0,61}{0,46}$ | $\frac{0,25-0,55}{0,44}$ |
| Величина смещения первого блока кровли по вертикали | Δh_1 | мм | $\frac{0-15}{10}$ | $\frac{10-25}{18}$ | $\frac{8-20}{15}$ | $\frac{12-23}{20}$ |
| Конвергенция боковых пород на уровне завального конца перекрытия | $\Delta h_2'$ | мм | $\frac{181-248}{213}$ | $\frac{190-280}{245}$ | $\frac{185-245}{208}$ | $\frac{230-275}{242}$ |
| Конвергенция боковых пород на уровне завального конца обратного козырька | Δh_2 | мм | $\frac{203-268}{233}$ | - | $\frac{216-265}{235}$ | - |
| Усадка закладочного массива | Δh_3 | мм | 355 | - | 360 | - |
| Суммарные сближения боковых пород | Δh | мм | 598 | - | 610 | - |

* – В числителе приведены минимальные и максимальные значения, в знаменателе – среднее значение

как следствие, снизить величину присечки пород при разработке тонких и весьма тонких пластов. Величина усадки закладочного массива равнялась 355-360 мм, что составляет около 35 % от его первоначальной мощности. Анализ зависимости этой величины от расстояния до забоя лавы (рис.3.7) позволяет утверждать, что процесс сближения боковых пород в закладочном массиве практически прекращается на расстоянии 22-24 м от забоя. Отмечено увеличение скорости сближения боковых пород в закладочном массиве на расстоянии 12-16 м от забоя в 746-бис лаве, а в 719 – на расстоянии 9-12 м, которое вызвано возрастанием нагрузки на бутовую полосу в результате опускания пород основной кровли.

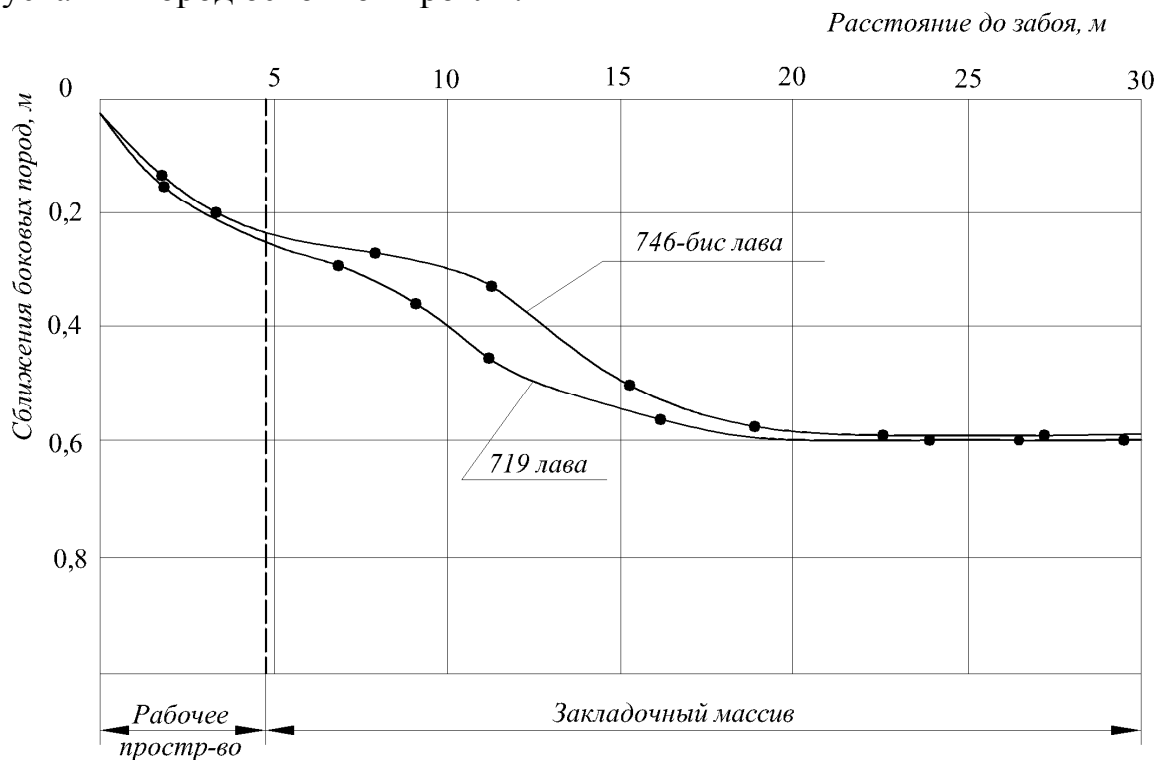


Рис 3.7 – Конвергенция боковых пород в рабочем пространстве лавы и в закладочном массиве

Суммарная величина сближений боковых пород складывается из величины опускания ближнего к забою блока (Δh_1), конвергенции боковых пород в рабочем пространстве лавы (Δh_2) и в закладочном массиве (Δh_3), то есть

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 \quad (3.1)$$

Таким образом, суммарная величина сближений пород в 746-бис лаве составила 598 мм, в 719 лаве – 610 мм или в процентном выражении от вынимаемой мощности пласта – 49,0 % и 48,4 % соответственно.

Как известно, закладка выработанного пространства позволяет снизить величину опусканий земной поверхности. Определить фактическую величину этого снижения с достаточной достоверностью не представлялось возможным.

Причиной этому служило расположение экспериментальных лав в одном случае под водоемом, в другом – под зоной интенсивного ведения сельскохозяйственных работ, а также сравнительно небольшая ширина закладываемой полосы. Однако на основании выполненных исследований смещений боковых пород можно предположить, что закладка выработанного пространства позволит снизить опускания земной поверхности по крайней мере в 2 раза.

3.5.2. Вывалообразование в рабочем пространстве лавы

Для количественной оценки вывалообразования в очистном забое отечественными и зарубежными учеными разработан ряд критериев [10, 36, 103]. Основными из них являются: высота, средняя площадь и объем вывалов в призабойном пространстве, средний показатель склонности кровли к вывалам, частота вывалов высотой более 30 см, частота выступов при ступенчатом опускании кровли и др. Все эти критерии целесообразно использовать для оценки эффективности управления кровлей, ее устойчивости, оценки правильности выбора параметров механизированных крепей.

В нашем же случае достаточно количественно оценить вывалообразование на различных участках лавы, в частности – в зоне возведения закладочного массива и, для сравнения, в зоне, где управление кровлей осуществляется полным обрушением пород. Для этого нет смысла использовать все приведенные выше критерии, а осуществить оценку можно по несколько упрощенным показателям.

Наблюдения за вывалообразованием пород кровли в экспериментальных лавах производились периодически в течение всего периода исследования. Исследования включали измерения геометрических размеров куполов вывалообразования в призабойной части лавы, образованных за последний цикл выемки. Частота наблюдений составляла 2-3 раза в месяц.

В качестве первого критерия для оценки вывалообразования в очистном забое принята средняя высота вывалов на каждой из секций механизированной крепи. Этот показатель получен путем суммирования высоты вывалов по каждому из замеров с последующим делением полученной суммы на количество замеров, то есть:

$$H_{cp.i} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}, \quad (3.2)$$

где $H_{cp.i}$ – средняя высота вывалов на i -ой секции механизированной крепи, м; H_i – высота вывалов на i -ой секции механизированной крепи по одному из замеров, м; n – количество замеров.

Принятый критерий позволяет установить распределение вывалов пород кровли по длине лавы, выявить участки с наиболее интенсивным вывалообразованием, а также участки, где вывалообразование незначительно или отсутствует.

Распределение вывалов пород кровли в 746-бис и 719 лавах показано на рис.3.8 и рис.3.9 соответственно.

Из анализа этого распределения можно заключить, что в зоне выкладки бутовой полосы высота вывалов незначительна, а на большинстве участков

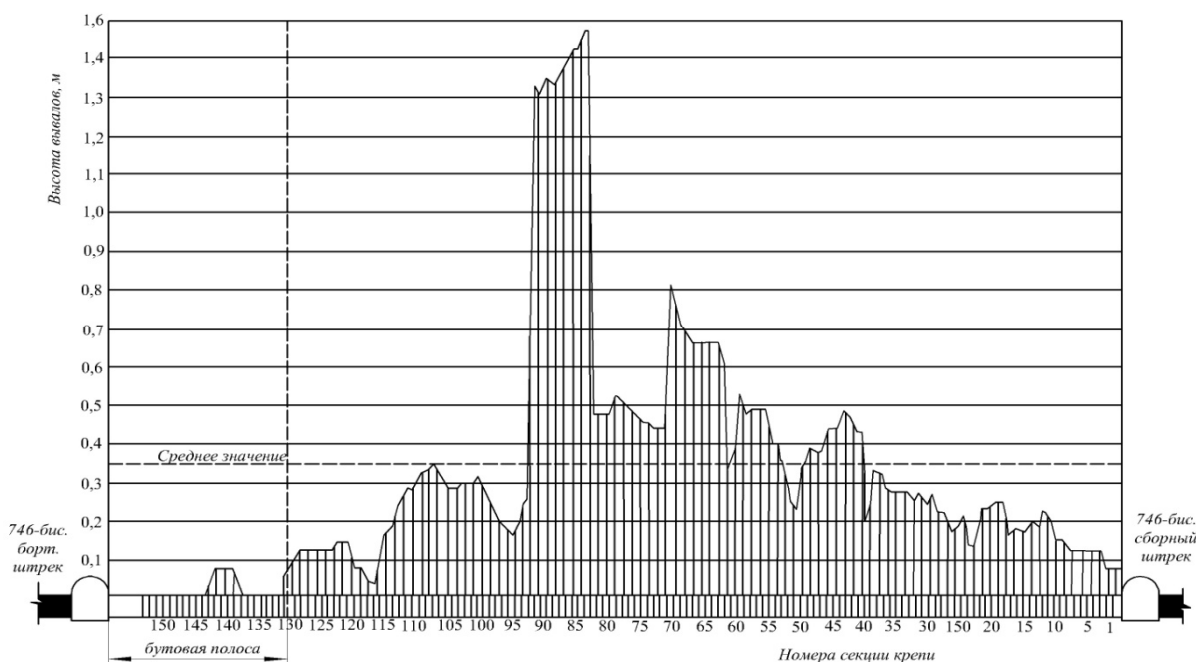


Рис 3.8 – Распределение вывалов пород кровли по длине 746 -бис лавы
 вывалообразование отсутствует. Наибольшая высота вывалов и частота вывалообразований наблюдается в средней части лавы. Объяснением этому может служить тот факт, что обе экспериментальные лавы располагались в целике, и на расстоянии, меньшем величины предельных полупролетов слоев опускания кровли не достигали максимальных величин.

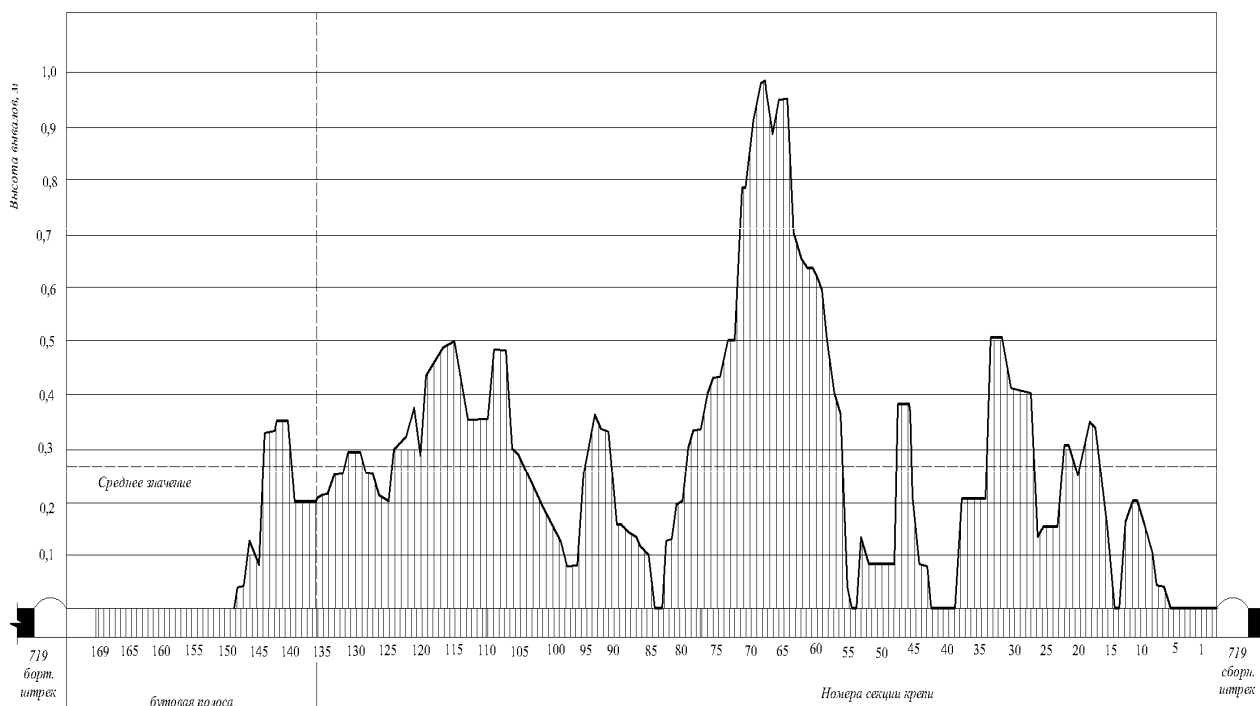


Рис 3.9 – Распределение вывалов пород кровли по длине 719 лавы

Вторым критерием, позволяющим количественно сравнить состояние пород кровли на различных участках лавы, является удельное вывалообразование пород кровли. Сущность этого критерия заключается в том, что общий объем вывалов, образованных за последний цикл выемки на определенном участке лавы делится на длину этого участка. Иными словами, удельным вывалообразованием является средний объем вывалов, отнесенный к 1 п.м очистного забоя. Этот показатель может быть определен по выражению:

$$V_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{l_{yc}} V_{cp.i}}{l_{yc}}, \quad (3.3)$$

Где V_{cp} – удельное вывалообразование, м³/м; $V_{cp.i}$ – средний объем вывалов на i -ой секции механизированной крепи, м³; l_{yc} – протяженность рассматриваемого участка, м.

Для сравнительного анализа удельного вывалообразования в экспериментальных лавах выделены три характерные участка (рис.3.10, 3.11):

- I участок – часть лавы, где выкладывалась бутовая полоса;
- II участок – часть лавы у сборного штрека, протяженность которого равна длине I участка;
- III участок – остальная часть лавы.

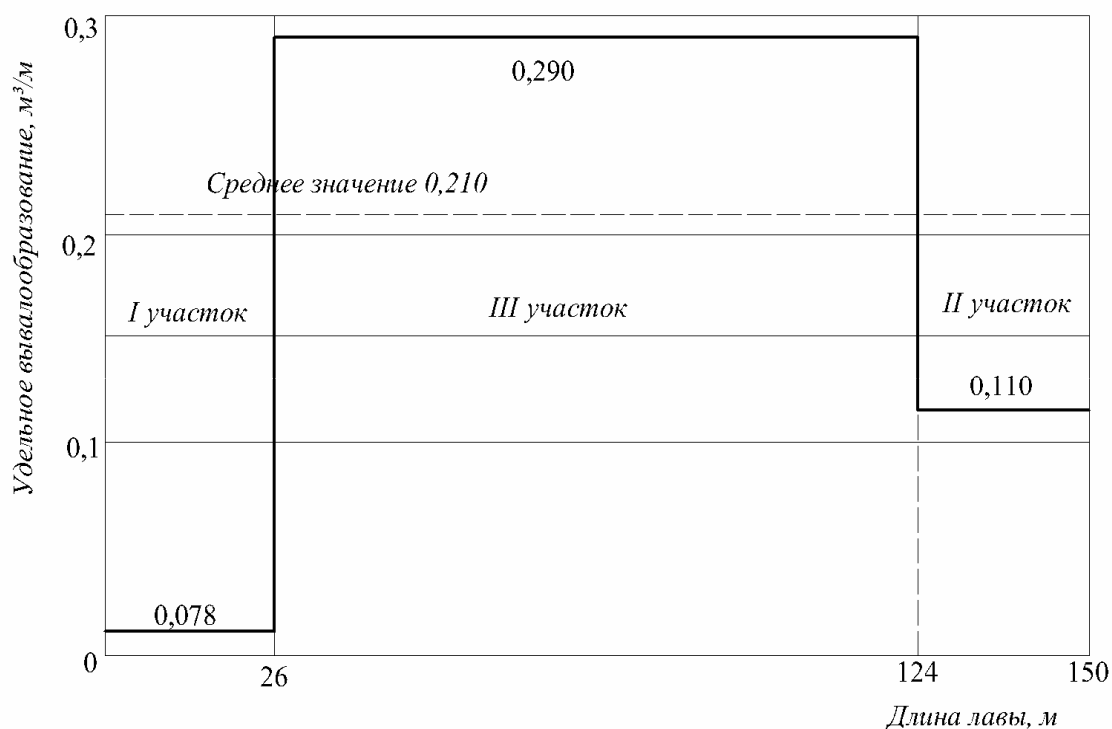


Рис 3.10 – Удельное вывалообразование на характерных участках 746 – бис лавы

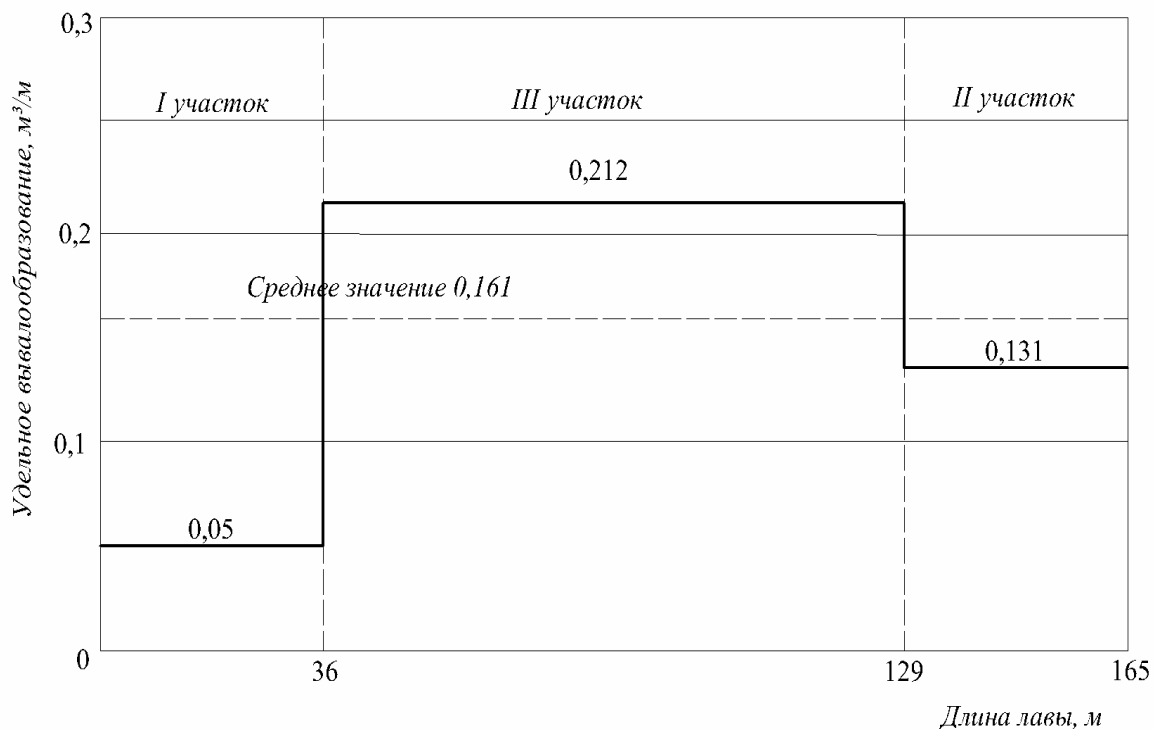


Рис 3.11 – Удельное вывалообразование на характерных участках 719 – бис лавы

Анализ рис.3.10 и 3.11 позволил утверждать, что в результате возведения закладочного массива значительно уменьшается вывалообразование в рабочем пространстве лавы. В 746-бис лаве удельное вывалообразование снизилось более чем в 14 раз, в 719 лаве, где качество возведения бутовой полосы было несколько хуже – в 2,6 раза.

Таким образом, результаты шахтных исследований подтверждают установленное теоретически положение, что при закладке выработанного пространства существенно снижается вывалообразование в рабочем пространстве лавы.

3.5.3. Силовые параметры механизированной крепи

Измерения фактического сопротивления гидростоек механизированной крепи производились самопишущими манометрами М66А, установленными на замерных станциях, одна из которых была оборудована в части лавы, где выкладывалась бутовая полоса, другая – в зоне с полным обрушением пород кровли. Самопишущие манометры постоянно регистрировали изменение давления в рабочих полостях гидростоек переднего и заднего ряда механизированной крепи.

Образец записи самопишущим манометром изменения величин давления показан на рис.3.12.

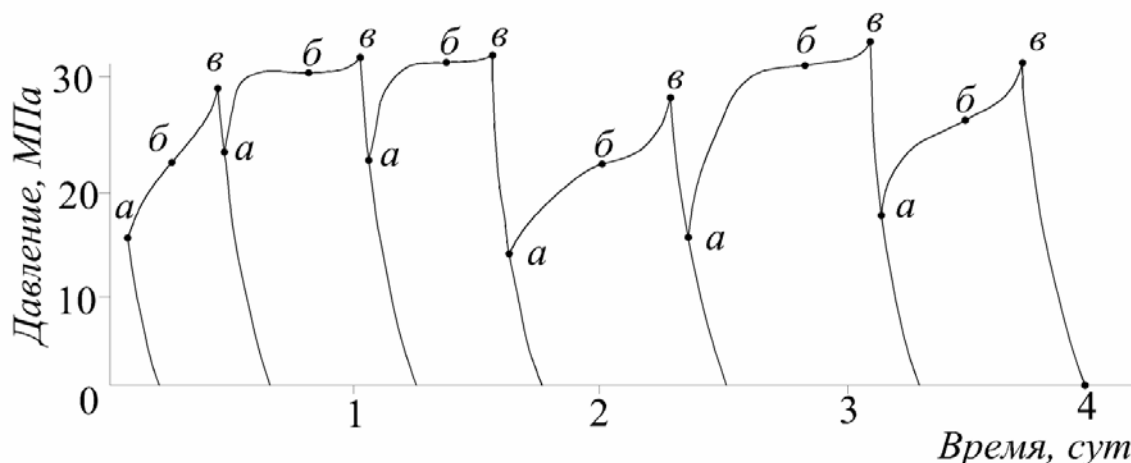


Рис 3.12 – Образец записи самопишущего манометра М 66 А

Эта зависимость позволяет анализировать характер нагружения крепи, определить величины нагрузки на стойки крепи и, следовательно, суммарное ее сопротивление. На рис. 3.12 точка "а" соответствует начальному распору гидростойки, "б" – ее рабочему сопротивлению, "в" – сопротивлению перед разгрузкой механизированной крепи.

В результате выполненных исследований установлено, что стойки крепи 1М88 как в зоне закладки, так и в зоне полного обрушения кровли работали, в основном, в режиме нарастающего сопротивления. Зафиксировано несколько случаев срабатывания предохранительных клапанов.

Значения величин реакций крепи, полученные в обеих экспериментальных лавах представлены в табл.3.2, а распределение величин рабочего сопротивления гидростоек переднего и заднего ряда по интервалам показано в виде гистограмм на рис.3.13, 3.14.

Из анализа гистограмм и данных табл. 3.2 следует, что в зоне с полным обрушением пород кровли нагрузка на передний ряд стоек была в среднем на 19-20% больше, чем на задний ряд, как и в большинстве лав Западного Донбасса, где управление кровлей осуществляется полным обрушением [10].

На модернизированных секциях (секциях с обратными завальными консолями) в зоне закладочных работ нагружение стоек механизированной крепи было иным. Нагрузка на задний ряд стоек превышала нагрузку на передний ряд в среднем на 18-22 %.

Рабочее сопротивление заднего ряда стоек в среднем составляло в 746-бис лаве 418 кН и 375 кН в 719, что составляет 53 % и 48 % от паспортного значения соответственно.

В результате сопротивления величин удельного сопротивления крепи, т.е. сопротивления, отнесенного к 1 м^2 поддерживаемой кровли (табл. 3.2) установлено, что при закладке выработанного пространства эта величина уменьшается. В 746-бис лаве удельное сопротивление снизилось на 35 %, в 719 лаве, где качество возведения закладочного массива было несколько хуже – на 2 %.

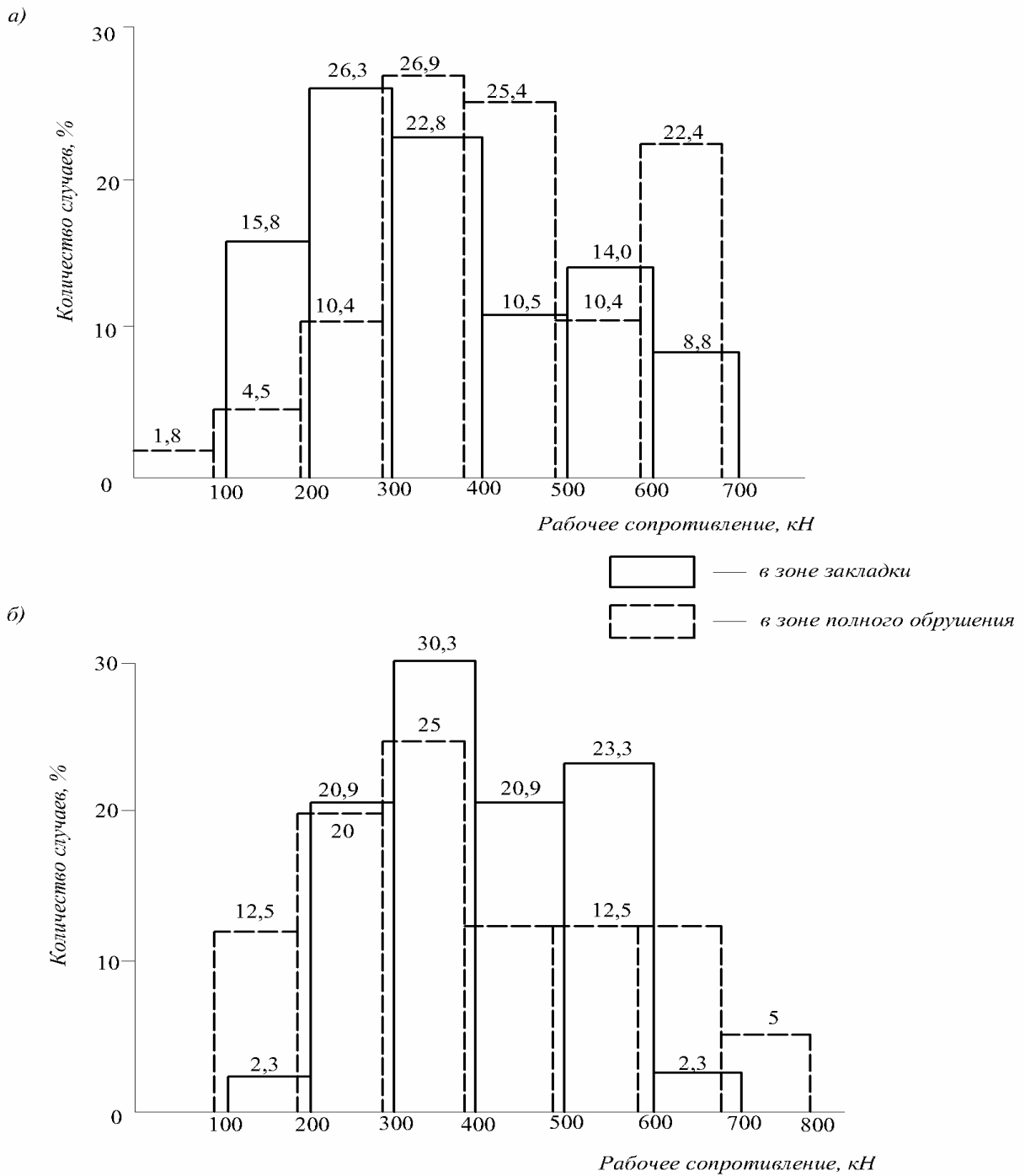
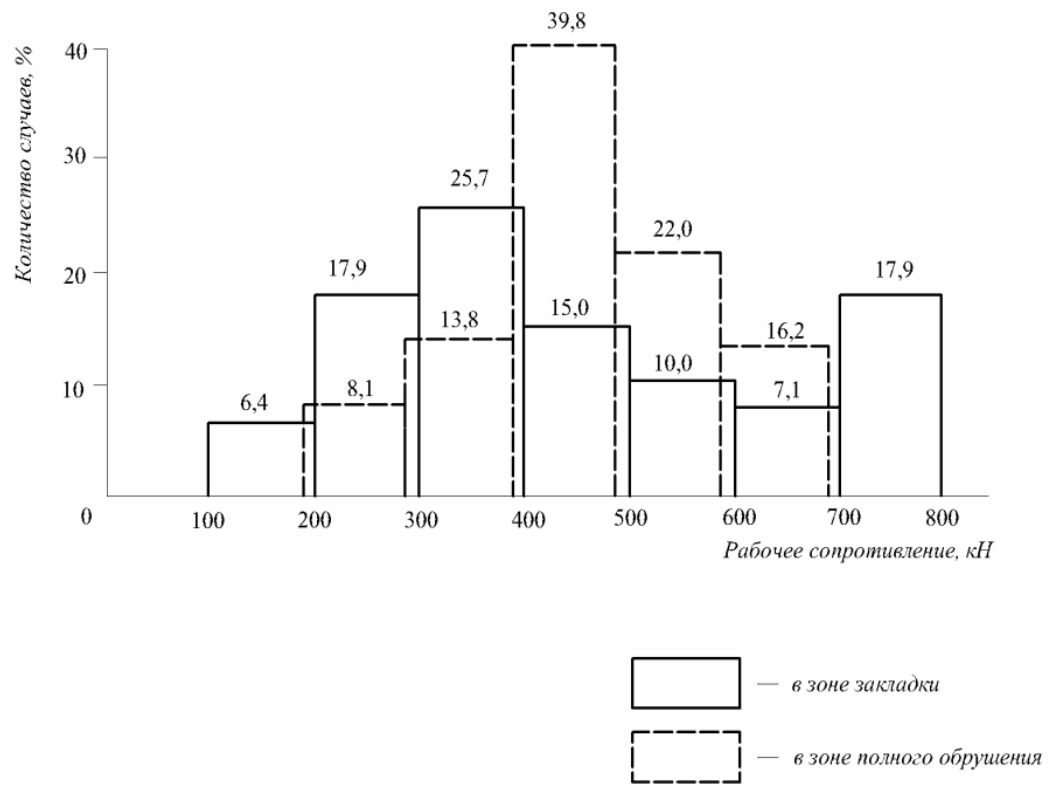


Рис 3.13 – Гистограммы распределения величин рабочего сопротивления гидростоек крепи в 746 - бис лаве

а)



б)

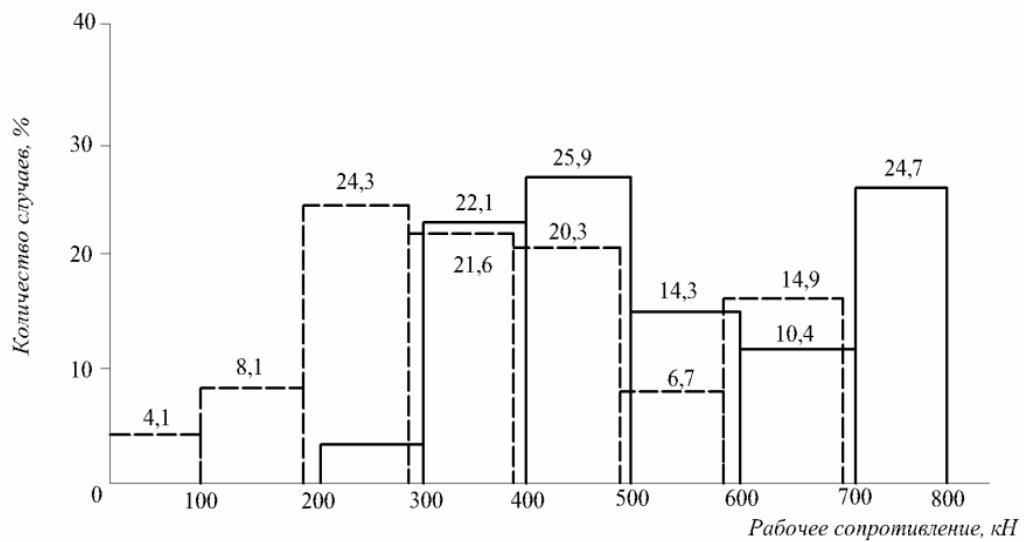


Рис 3.14 – Гистограммы распределения величин рабочего сопротивления гидростоек крепи в 719 лаве: а) первого ряда; б) заднего ряда

Таблица 3.2 – Фактические силовые параметры механизированной крепи М 88

| Параметры | Лава | Значения | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|-----------------|----------------|-----------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------|---------------------------------------|----------------|----------------|------------------|-----|----------------|---------------|-----------------|-----|
| | | В зоне закладки | | | | | В зоне полного обрушения | | | | | | | | | | | |
| | | 1 ряд стоек | 2 ряд стоек | На секцию | На 1 м ² поддер. кровли | На 1 м ² поддержив. кровли | 1 ряд стоек | 2 ряд стоек | На секцию | На 1 м ² поддержив. кровли | | | | | | | | |
| Начальный распор, кН | 746-бис | 88-290 143 | 100-490 290 | 188-780 433 | 100 | 112-434 263 | 66-469 209 | 178-903 472 | 135 | 719 | 86-569 290 | 145-771 319 | 231-1340 609 | 132 | 68-557 281 | 56-485 236 | 124-1042 516 | 148 |
| Рабочее сопротивление, кН | 746-бис | 136-660 235 | 278-660 417 | 414-1320 742 | 172 | 144-670 517 | 188-670 418 | 332-1340 935 | 267 | 719 | 161-754 443 | 282-780 544 | 443-1534 987 | 214 | 231-688 471 | 69-681 375 | 300-1369 846 | 242 |
| Сопротивление перед разгрузкой, кН | 746-бис | 244-660 458 | 312-672 471 | 556-1332 929 | 215 | 290-736 600 | 252-760 490 | 542-1496 1090 | 311 | 719 | 198-780 489 | 295-780 583 | 493-1332 1072 | 233 | 257-726 537 | 93-681 453 | 350-1407 990 | 283 |

* – в числителе минимальное – максимальное значение, в знаменателе – среднее

3.6. Исследования проявлений горного давления в прилегающих к лаве выработках

Основными параметрами проявлений горного давления в подготовительных выработках являются сближения боковых пород по контуру штрека, нагрузка на крепь выработки, а также деформация штрековой крепи.

Исследования проявлений горного давления проводились в подготовительных выработках, охраняемых бутовой полосой на обоих экспериментальных участках и сравнивались с результатами исследований в выработках, поддержание которых осуществлялось деревянными кострами.

Следует отметить, что несколько реперных станций в 746-бис бортовом штреке располагались в зоне повышенного горного давления (ПГД), а 719 бортовой штрек на всем своем протяжении располагался под ленточным целиком, образованным в результате ведения горных работ на вышележащем пласте С₈, то есть в зоне ПГД.

Реперные станции для наблюдения проявлений горного давления в 719 бортовом штреке были заложены при различных вариантах его крепления. При первом варианте расстояние между арками крепи составляло 0,8 м, для уменьшения сдавливания арки в почву выработки на ножки крепи приваривались специальные подпятники. Второй вариант предусматривал шаг установки крепи 0,5 м, подпятники при этом варианте крепления отсутствовали.

Величины абсолютной конвергенции боковых пород на различных расстояниях от забоя лавы представлены на рис.3.15, 3.16.

В результате исследований, выполненных в прилегающих к 746-бис лаве выработках установлено, что влияние очистной выработки в 746-бис бортовом штреке, охраняемом бутовой полосой и массивом угля начинает проявляться на расстоянии 38-42 м впереди забоя лавы. К моменту подхода лавы к реперным станциям потеря высоты выработки составила 200-330 мм, в среднем 270 мм (кривая 1 рис.3.15), а в зоне ПГД – 360-450 мм (кривая 2). После прохода лавы, на расстоянии 4 м от забоя величина сближений пород увеличивается на 125-170 мм. На расстоянии более 40-50 м позади лавы скорость сближений боковых пород значительно снижается. Суммарная величина сближений пород при отходе лавы на 100 м колебалась от 670 до 830 мм, составляя в среднем 750 мм. В зоне повышенного горного давления суммарная конвергенция боковых пород на бортовом штреке составляла в среднем 1130 мм.

Аналогичные исследования были проведены в 746-бис сборном штреке. Здесь характер деформаций пород несколько отличался от деформаций бортового штрека (рис.3.15, кривая 3). Так, зона повышенного горного давления, вызванная влиянием очистной выемки, распространялась на расстояние 25-29 м впереди лавы, что несколько меньше, чем на бортовом штреке. Однако при подходе лавы к реперным станциям происходило резкое увеличение скорости и величины конвергенции пород. Суммарная величина сближений боковых пород в 746-бис сборном штреке до его погашения на

расстоянии 5 м позади лавы составила 650 мм, что на 35 % больше, чем в бортовом штреке на таком же расстоянии до лавы.

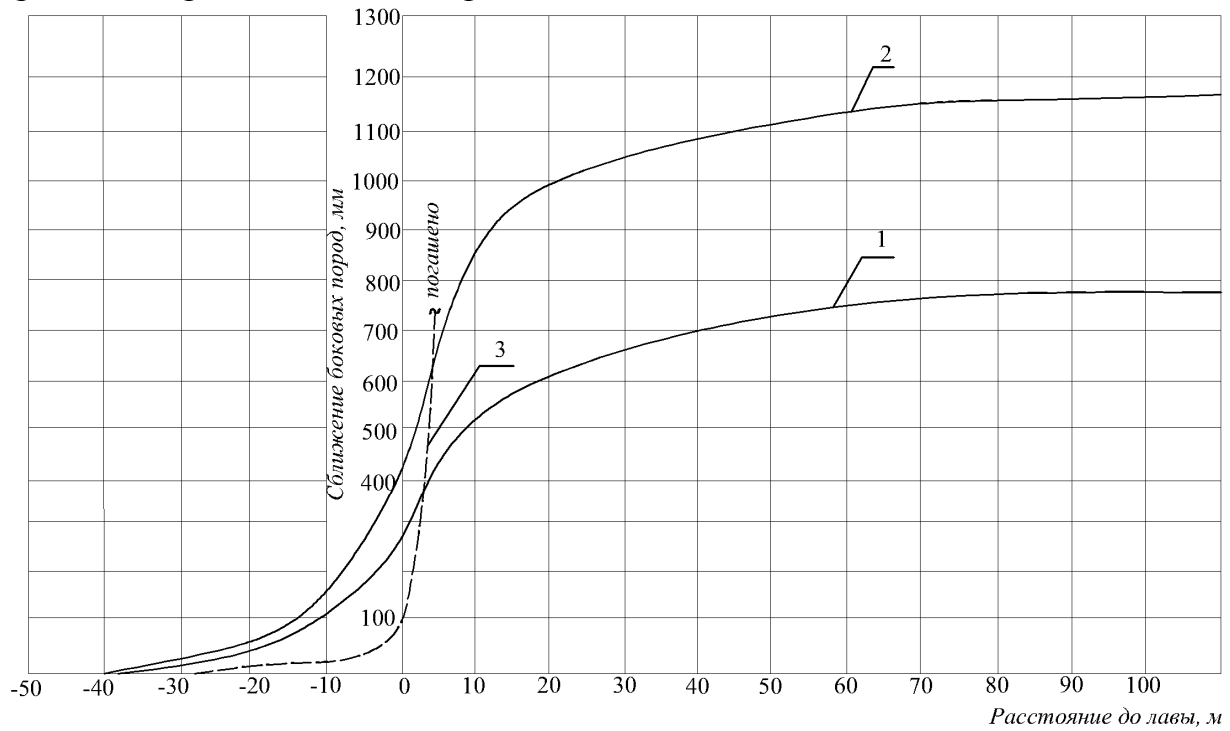


Рис 3.15 – Изменение величин конвергенций боковых пород на различных расстояниях в прилегающих к 746 - бис лаве выработках

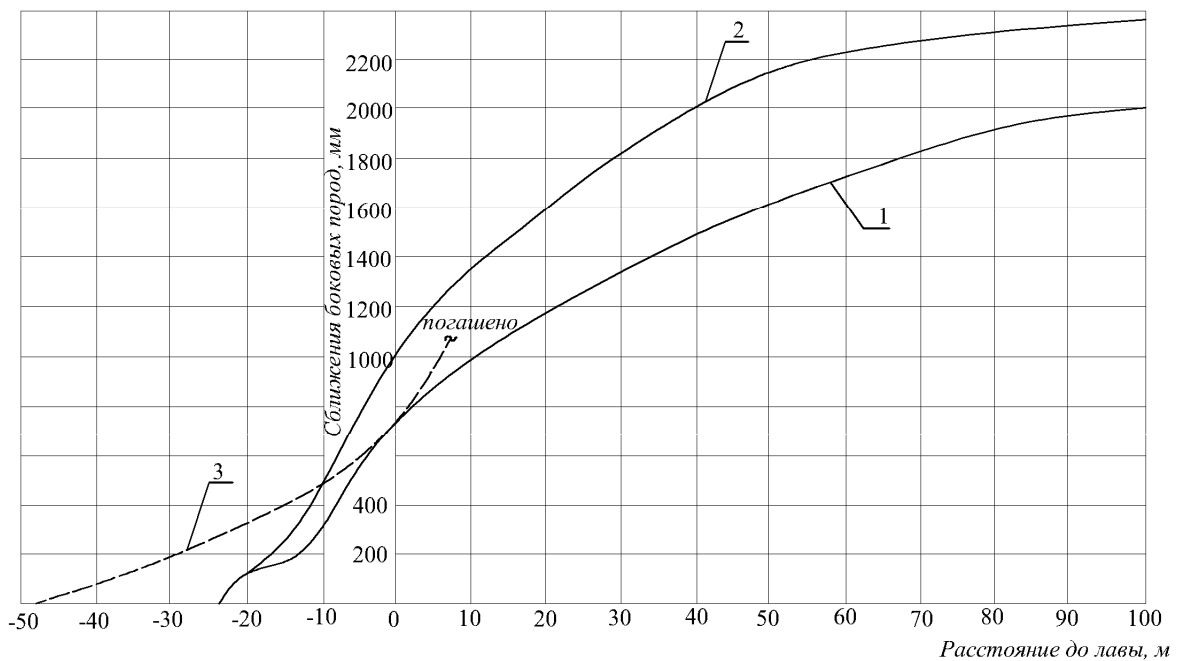


Рис 3.16 – Изменение ковергенции боковых пород на различных расстояниях в прилегающих к 719 лаве выработках

Горизонтальная конвергенция штрека измерялась только до подхода очистного забоя к реперной станции из-за подработки лавой контурного репера. Ее величина на бортовом штреке составила в среднем 45 мм, на сборном – около 70 мм.

Величины абсолютной конвергенции в прилегающих к 719 лаве выработках на различных расстояниях от очистного забоя представлены в виде графиков на рис.3.16. Из анализа этих зависимостей можно сделать вывод, что более предпочтительным является 1 вариант крепления 719 бортового штрека, который обеспечивает меньшие величины сближений боковых пород (кривая 1), чем второй вариант крепления (кривая 2).

Из рисунка 3.16 следует, что при 1 варианте крепления выработки сразу же после установки реперов у проходческого забоя скорость сближения боковых пород была значительна. Так, при подвигании проходческого забоя на расстояние 5,5 м, а очистного на 2 м величина сближений пород составила 100 мм. Это вызвано наличием пустот между верхняком арочной крепи и кровлей штрека, что приводило к опусканию пород кровли на крепь при незначительном подвигании проходческого забоя. Затем, после полного опускания пород кровли на верхняк арки, наблюдалось некоторое снижение скорости сближения пород, а на расстоянии 12-13 м от лавы опять наблюдалось резкое увеличение конвергенции пород. При подходе лавы к реперной станции величина сближений боковых пород составила 675 мм. На расстоянии 45-50 м от очистного забоя интенсивность конвергенции снижалась, и затем имела постоянную величину. Суммарное сближение пород в штреке на расстоянии 100 м от лавы составило 1920 мм или 50 % от высоты выработки.

Сближения боковых пород складывались не только из опускания пород кровли, но и из поддувания почвы, которое составляло 25-35 % от суммарной величины конвергенции.

Значительная нагрузка на крепь в 719 бортовом штреке приводила к ее значительным деформациям. Это проявлялось, в основном, в изгибе верхняков и ножек крепи, увеличению величины нахлеста в узлах податливости со стороны лавы. Так, при подходе очистного забоя величина нахлеста в замке податливости со стороны выработанного пространства увеличивалась на 480 мм. (120%), со стороны целика – на 190 мм (48%), а в 50 м позади лавы эти величины составили соответственно 1005 мм (250%) и 200 мм (50%). Столь значительное изменение величины нахлеста со стороны выработанного пространства и незначительное со стороны нетронутого массива приводило к перемещению верхняка крепи в сторону выработанного пространства и поломке ножек арочной крепи со стороны целика (рис. 3.17).

Для уменьшения деформаций крепи был апробирован 2 вариант крепления 719 бортового штрека, который предусматривал более плотную установку арочной крепи и меньшую площадь опорной поверхности арки. Однако при этом варианте крепления крепь вдавливалась в почву выработки без значительных деформаций, в результате чего конвергенция боковых пород увеличилась.

a)



б)



*Рис. 3.17 – Деформации крепи 719 бортового штрека
а) со стороны выработанного пространства, б) со стороны целика*

При подходе очистного забоя к реперной станции потеря высоты выработки составила 990 мм, что на 32 % больше, чем при первом варианте крепления штрека. В 100 м позади забоя лавы сближения боковых пород составляли 2370 мм, то есть превысили конвергенцию при первом способе крепления на 450 мм или 19%. Суммарная потеря высоты выработки составила 60 % от ее первоначальной высоты.

Сближение боков выработки, то есть изменение ширины выработки было не столь значительным и составило 700 мм на расстоянии 107 м позади лавы (рис. 3.18) или 21 % от первоначальной ширины штрека.

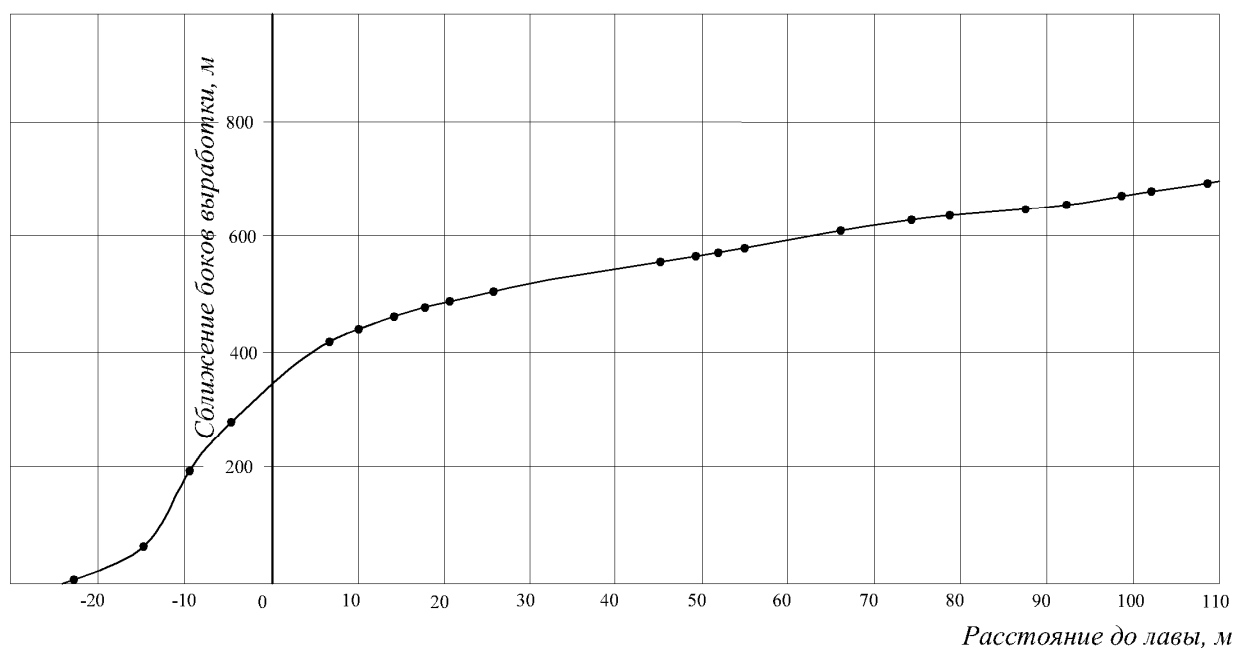


Рис 3.18 – Величины сближений выработки в 719-ом бортовом штреке на различных расстояниях от лавы

Для определения эффективности охраны выработок бутовой полосой результаты исследований сближений боковых пород в 719 бортовом штреке сопоставлялись с результатами аналогичных исследований в 719 сборном штреке. Абсолютные величины смещений пород сборного штрека до его погашения незначительно отличались от величин смещений пород бортового штрека на таком же участке. Так, на расстоянии 5 м позади лавы эта величина составляла в среднем 900 мм. На бортовом штреке, на таком же расстоянии от лавы, эта величина в среднем равнялась 830 мм при первом варианте крепления выработки и 1170 мм при втором. Однако, абсолютные значения смещений на обоих штреках являются трудносравнимыми величинами из-за различного сечения выработок. Для сравнения удобнее эти величины выразить в процентах от первоначальной высоты выработки. В этом случае, потеря высоты сборного штрека составила 32 %, а на таком же расстоянии на бортовом штреке 21-29 % от его первоначальной высоты.

Как отмечалось ранее, согласно шахтной документации, 719 бортовой штрек на всем своем протяжении находился в зоне повышенного горного

давления и, следовательно, при нормальных условиях его проведения можно ожидать меньших величин сближения боковых пород.

Таким образом, в результате выполненных исследований сближений боковых пород в подготовительных выработках можно сделать вывод, что наличие бутовой полосы благоприятно сказывается на поддержании выработок, что в ряде случаев при выборе оптимального варианта и параметров их крепления может позволить использовать прилегающие к лаве выработки повторно.

Отметим также, что опускания впереди очистного забоя составляют около 30 % от величины суммарных сближений боковых пород в подготовительных выработках. Поэтому можно предположить, что при проведении выработок вслед за лавой можно приблизительно на эту же величину уменьшить конвергенцию боковых пород, что делает этот способ проведения выработок более предпочтительным.

3.7.Режимные параметры и технико-экономические показатели технологии

Значения основных режимных параметров, полученных в результате исследований приведены в табл. 3.3, в которую включены обобщенные данные по двум экспериментальным лавам.

Таблица 3.3 – Режимные параметры технологии

| Параметры | Валовая выемка | Раздельная выемка | Раздельная выемка с закладкой |
|----------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Скорость подачи комбайна, м/мин: | $\frac{1,6 - 3,6}{2,3}$ * | - | - |
| - по углю | - | $\frac{2,0 - 4,0}{2,8}$ | $\frac{2,0 - 4,0}{2,8}$ |
| - по породе | - | $\frac{2,0 - 5,8}{4,2}$ | $\frac{2,0 - 2,8}{2,4}$ |
| Чистое время выемки, мин: | | | |
| - угля | - | $\frac{47 - 81}{57}$ | $\frac{47 - 81}{57}$ |
| - породы | - | $\frac{25 - 53}{35}$ | $\frac{50 - 72}{60}$ |
| - пласта | $\frac{42 - 100}{65}$ | $\frac{77 - 144}{92}$ | $\frac{90 - 134}{117}$ |

*- в числителе – минимальное, максимальное значения, в знаменателе - среднее

Из анализа данных табл. 3.3 следует, что при выемке породного уступа производительность комбайна ограничивается производительностью дробильно-закладочной машины. В результате этого приблизительно на 70 % снижается скорость подачи комбайна по породе и увеличивается время выемки

породного уступа. Время выемки пласта возрастает по этой причине с 92 до 117 мин, т.е. на 27%.

Следует отметить, что работы по сокращению закладочного трубопровода, вызывают остановки выемочной машины, что увеличивает время выемочного цикла еще в среднем на 50 мин. Поэтому, работы по закладке присекаемых пород в выработанное пространство вызывают увеличение на 80 % времени цикла по сравнению с применением отдельной выемки пласта, без закладки выработанного пространства, и в 2,5 раза по сравнению с валовой технологией.

Основные технико-экономические показатели работы экспериментальных лав шахты "Благодатная" в период проведения исследований представлены в табл. 3.4. Как следует из данных таблицы, среднесуточная добыча колебалась в пределах 192-360 т в 746-бис лаве, составив в среднем 255 т и 143-245 т в 719 лаве (среднее значение за период исследований в этой лаве – 204 т). В отдельные дни суточная добыча в экспериментальных лавах достигала 500-550 т. Месячное подвигание очистного забоя составило в среднем 32,3 м в 746-бис лаве и 22 м в 719, а себестоимость добычи 1 т угля 10,1 руб. и 15,4 руб. соответственно. Большая себестоимость добычи угля и меньшая производительность труда рабочих в 719 лаве объясняется наличием дополнительных материальных и трудовых затрат на проведение 719 бортового штрека, которые включались в технико-экономические показатели работы добычного участка.

Отметим, что за счет применения селективной технологии существенно, с 44 до 18-22 % снизилась зольность добываемого угля, что несколько улучшило технико-экономические показатели работы шахты в целом.

Сравнительно невысокие технико-экономические показатели работы экспериментальных лав объясняются неблагоприятными горно-геологическими условиями, значительным объемом исследовательских и экспериментальных работ в период работы лав, а также некоторыми организационными причинами. При отсутствии этих причин следует ожидать более эффективной работы очистных забоев.

Большая себестоимость добычи угля и меньшая производительность труда рабочих в 719 лаве объясняется наличием дополнительных материальных и трудовых затрат на проведение 719 бортового штрека, которые включались в технико-экономические показатели работы добычного участка.

Отметим, что за счет применения селективной технологии существенно, с 44 до 18-22 % снизилась зольность добываемого угля, что несколько улучшило технико-экономические показатели работы шахты в целом.

Сравнительно невысокие технико-экономические показатели работы экспериментальных лав объясняются неблагоприятными горно-геологическими условиями, значительным объемом исследовательских и экспериментальных работ в период работы лав, а также некоторыми организационными причинами. При отсутствии этих причин следует ожидать более эффективной работы очистных забоев.

Таблица 3.4 – Технико-экономические показатели работы экспериментальных лав шахты «Благodatная»

| Наименование показателей | Ед. изм | Месяцы 1988/1990 гг. | | | | | | | | | | | | Среднее значение |
|-------------------------------------|---------|----------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|--|------------------|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | | | |
| Добыча за месяц | т/мес | <u>6358*</u> | <u>5575</u> | <u>6978</u> | <u>6718</u> | <u>3230</u> | <u>3515</u> | <u>9196</u> | <u>9632</u> | <u>8206</u> | <u>10786</u> | <u>7019</u> 6040 | | |
| | | 6033 | 6207 | 6249 | 7352 | 6768 | 6341 | 5642 | 5470 | 4296 | - | | | |
| Добыча среднесуточная | т/сут | <u>212</u> | <u>192</u> | <u>233</u> | <u>224</u> | <u>215</u> | <u>234</u> | <u>297</u> | <u>311</u> | <u>273</u> | <u>360</u> | <u>255</u> 204 | | |
| | | 201 | 222 | 208 | 245 | 242 | 211 | 182 | 182 | 143 | - | | | |
| Подвигание забоя за месяц | м/мес | <u>33</u> | <u>26</u> | <u>36</u> | <u>30</u> | <u>15</u> | <u>16</u> | <u>41</u> | <u>42</u> | <u>36,5</u> | <u>47</u> | <u>32,3</u> 22 | | |
| | | 26 | 26 | 21 | 25 | 24 | 23 | 21 | 20 | 15 | - | | | |
| Производительность труда: - ГРОЗ | т/мес | <u>113,5</u> | <u>97,3</u> | <u>118,3</u> | <u>108,4</u> | <u>50,5</u> | <u>55,8</u> | <u>146,0</u> | <u>140,5</u> | <u>123,9</u> | <u>160,7</u> | <u>111,5</u> 80,0 | | |
| | | 81,5 | 80,6 | 79,6 | 90,8 | 88,4 | 84,3 | 76,2 | 77,0 | 61,4 | - | | | |
| - рабочего лавы | т/мес | <u>80,5</u> | <u>68,8</u> | <u>80,2</u> | <u>73,0</u> | <u>35,1</u> | <u>39,1</u> | <u>103,3</u> | <u>101,9</u> | <u>90,5</u> | <u>117,8</u> | <u>79,0</u> 50,0 | | |
| | | 53,1 | 57,5 | 54,5 | 59,0 | 52,6 | 49,9 | 43,4 | 43,4 | 36,4 | - | | | |
| Себестоимость добычи 1 т угля | руб/т | <u>9,87</u> | <u>10,8</u> | <u>8,99</u> | <u>9,55</u> | <u>18,27</u> | <u>16,8</u> | <u>7,14</u> | <u>7,18</u> | <u>6,79</u> | <u>5,77</u> | <u>10,1</u> 15,4 | | |
| | | 11,31 | 15,98 | 16,13 | 13,81 | 15,58 | 16,57 | 17,08 | 16,73 | - | - | | | |

— в числителе — показатели 746-бис лавы; в знаменателе — показатели 719 лавы

3.8. Анализ и оценка результатов исследований

Установленные в результате шахтных исследований фактические параметры технологии отработки тонких пологих пластов с закладкой выработанного пространства сопоставлены с теоретическими и соответствующе оценены.

Расчетные и фактические параметры, а также величина их отклонения представлены в табл.3.5.

Сопоставление произведено по геодинамическим и режимным параметрам технологии, примененной при отработке пласта С₇ шахты "Благодатная".

Таблица 3.5 – Расчетные и фактические параметры технологии

| Параметры | Значения | | | | |
|---|-----------|-----------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| | Расчетные | Фактические по 746-бис лаве | Отклонение, % | Фактические по 719 лаве | Отклонение, % |
| <u>Геодинамические:</u> | | | | | |
| Конвергенция боковых пород в рабочем пространстве лавы, мм: | | | | | |
| - в зоне закладки | 215 | 233 | 8,4 | 235 | 9,3 |
| - в зоне обрушения | 292 | 306 | 4,8 | 303 | 3,8 |
| Шаг посадки основной кровли в зоне закладки, м | 20 | 22 | 10 | 21 | 5 |
| Суммарные сближения боковых пород, мм | 527 | 598 | 13,4 | 610 | 15,7 |
| <u>Режимные:</u> | | | | | |
| Скорость подачи комбайна при выемке породы | 2,2 | 2,4 | 9,1 | 2,4 | 9,1 |
| Среднесуточная нагрузка на очистной забой | 218 | 255 | 10,6 | 204 | 6,3 |

Расчетные значения конвергенции боковых пород в рабочем пространстве лавы, а также суммарные сближения боковых пород приведены в табл. 3.5 с учетом пучения пород почвы и реакции механизированной крепи (см.раздел 2.2.3).

При расчете конвергенции боковых пород в рабочем пространстве лавы было принято, что ширина этого пространства составляет 5 м, в то время как в натуральных условиях эта величина равнялась 4 м. Поэтому, для удобства сопоставления результатов аналитических и натуральных исследований величина конвергенции боковых пород, измеренная в шахтных условиях, увеличена пропорционально длине лавы.

В результате аналитических исследований установлено, что при закладке выработанного пространства происходит снижение конвергенции боковых пород. Эта предпосылка подтверждена практически, причем расхождение между расчетными и фактическими значениями не превышает 10 %.

Из табл.3.5 видно, что расчетная величина суммарных сближений боковых пород отличается от фактических на 13,4-15,7 %, что несколько выше точности, принятой в инженерных расчетах. Это объясняется тем, что в экспериментальных лавах фактическая вынимаемая мощность была несколько больше, чем паспортная, значение которой использовалось в расчете. Кроме этого, качество возведения бутовой полосы по ряду организационных и технических причин было несколько ниже требуемого, что привело к увеличению величины усадки закладочного массива, а следовательно и к возрастанию конвергенции боковых пород.

Также в результате шахтных исследований подтверждено установленное теоретически предположение, что закладка выработанного пространства приводит к значительному снижению вывалообразований кровли в рабочем пространстве лавы, что еще раз подтверждает правомерность расчетов и правильность выбора метода аналитических исследований.

Из табл.3.5 следует, что сходимость расчетных и фактических величин режимных параметров технологии вполне удовлетворительна. Следовательно, выражения (2.37, 2.39) и входящие в них величины с достаточной точностью отражают фактические значения этих параметров.

Таким образом, оценивая полученные результаты шахтных исследований параметров технологии отработки тонких пологих пластов с закладкой выработанного пространства, можно утверждать, что основные их теоретические положения правомерны, а методическая ценность доказана. Сходимость результатов исследований по большинству параметров находится в пределах точности ± 10 %, что приемлемо для расчетов параметров технологии очистных работ.

Выводы

1. Шахтные испытания предлагаемой технологии доказали ее работоспособность как при столбовой, так и при комбинированной системе разработки. Среднесуточная нагрузка на лаву составила 204-255 т, достигая в отдельные дни 500-550 т.

2. Закладка выработанного пространства на 13-14 % снижает конвергенцию боковых пород в рабочем пространстве лавы, что благоприятно сказывается на состоянии боковых пород, позволяет уменьшить вынимаемую мощность пласта и снизить величину присечки пород при разработке тонких и весьма тонких пластов.

3. Величина усадки закладочного массива составляет около 35 % от его первоначальной мощности, а суммарная конвергенция боковых пород – 48-49 % от вынимаемой мощности пласта, что позволяет в два раза уменьшить

опускания земной поверхности при полной закладке выработанного пространства.

4. При закладке выработанного пространства значительно снижается вывалообразование в очистном забое, за счет чего создаются более благоприятные и безопасные условия работы в лаве.

5. Закладка выработанного пространства приводит к уменьшению удельного сопротивления крепи до 35 %, причем нагрузка на задний ряд стоек превышает нагрузку на передний ряд.

6. Охрана прилегающей к лаве выработок бутовой полосой приводит к уменьшению их деформации, что в ряде случаев позволяет использовать эти выработки повторно.

7. Применение селективной отработки пласта в экспериментальных лавах позволило существенно (с 44 до 18-20 %) уменьшить зольность добываемого угля.

8. В экспериментальных лавах за счет применения отдельной выемки пласта и закладки выработанного пространства время выемочного цикла увеличилось в 2,5 раза. Уменьшить время цикла можно за счет применения закладочных машин большей производительности, а также путем установки аккумуляющей емкости перед закладочной машиной или использования трубопровода с минимальными затратами времени на изменение места выпуска закладочного материала.

9. Фактические значения параметров технологии отработки тонких пологих пластов с закладкой выработанного пространства с достаточной степенью точности описываются зависимостями, полученными аналитически. Отклонение фактических величин от расчетных не превышает 16 %.

ГЛАВА 4. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОТРАБОТКИ ТОНКИХ ПЛАСТОВ С ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

4.1. Ограничения в применении технологии

Применение предлагаемой технологии ограничивается следующими факторами:

- свойствами пород, используемых в качестве закладочного материала;
- конструктивными особенностями применяемого очистного оборудования;
- экономической целесообразностью.

К настоящему времени достаточно четко сформулированы требования, предъявляемые к закладочным материалам [44, 66, 81, 88], основными из которых являются следующие:

- закладочный материал не должен содержать куски породы размером более 0,3 внутреннего диаметра трубопровода, щепы, металлических и других предметов, способных вызвать закупорку трубопровода;
- содержание пород класса 0-6 мм при влажности материала до 5% не должно превышать 20%;
- содержание горючих компонентов в закладочном материале не должно превышать 20%.

По мнению специалистов ДонУГИ [44] перечисленные выше требования, кроме последнего, не являются предельными по технологическим факторам, а определены из условий оптимальной эксплуатации пневмотранспорта.

В работе [81] отмечено, что при увлажнении материала свыше 4-6% желателен отсев избыточного количества частиц крупностью 0-3 мм при содержании их более 15%.

Боковые породы шахт Западного Донбасса в основном представлены аргиллитами и алевролитами, склонными к размоканию. При увлажнении породы отличаются значительной липкостью и при пневмотранспортировании могут налипать на внутреннюю поверхность закладочного трубопровода, вызывая его закупорку.

Кроме этого, характеристики присекаемых пород очистного забоя, подаваемых в закладочную машину без специальной подготовки, могут в значительной мере отличаться от принятых требований, которые предъявляются к закладочным материалам.

В связи с этим, исследованы свойства этих пород с целью обоснования возможности их использования в качестве материала для пневмозакладки.

Предлагаемую технологию крайне сложно реализовать при использовании некоторых типов серийного очистного оборудования без существенной его модификации. Например, использование для селективной отработки пласта комплекса "Донбасс М" в условиях неустойчивых кровель весьма затруднительно. Работа этого комплекса по "незаряженной" схеме не

позволяла передвинуть секции механизированной крепи сразу же после выемки угля, поэтому призабойное пространство лавы необходимо на значительном расстоянии поддерживать на выдвигных консолях, что крайне неэффективно при отработке пластов с неустойчивыми кровлями.

Комбайны КА80 и МК67 не способны производить отдельную выемку угля и породы, поэтому не могут применяться для реализации технологии, предусматривающей закладку в выработанное пространство присекаемых пород очистного забоя.

При применении комплексов КД80 и КМ103 довольно сложно обеспечить доступ к закладочному трубопроводу без существенного изменения конструкции механизированной крепи, что не позволяет использовать эти комплексы для отработки пластов с закладкой выработанного пространства.

Экономическая эффективность применения предлагаемых технологических схем зависит от многих факторов: типа применяемого оборудования, принятой организации работ, источников получения породы и воздухообеспечения, мощности присечки и др. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо обосновать экономическую эффективность от внедрения новой технологии.

4.2. Обоснование возможности использования присекаемых боковых пород очистного забоя в качестве закладочного материала

4.2.1. Ситовый анализ присекаемой породы

Исследования свойств закладочного материала, представленного присекаемыми породами очистного забоя, проведены в условиях пласта С₇^н шахты "Благодатная". Ситовый анализ пород, поступающих в дробильно-закладочный комплекс "Титан-1" и выходящих из его трубопровода, выполнен с помощью сит в соответствии с ГОСТ 2093-69. Для отсева породы использовались сита с диаметрами отверстий 1, 3, 6, 13, 25 и 50 мм. Отбор проб производился в первом случае с конвейера, подающего породу в бункер дробилки, во втором – из бутовой полосы.

Результаты отсева горной массы представлены в виде гистограмм на рис. 4.1.

В результате исследований установлено, что при разрушении породного уступа комбайном 1К101У, выход пород класса 0-1 мм составляет 16,7%, 1-3 мм – 8,6%, выход пород средних классов 3-25 мм – 32,0% и крупных классов 25-50 мм – 15,1%. Породы класса более 50 мм, составили 26,7%. Отметим, что размер максимальных кусков породы, отбиваемых выемочным комбайном не превышал 100-120 мм.

Рассев пород, выходящих из закладочного трубопровода, показал, что размер наибольших кусков в поперечнике составлял 60-65 мм. Содержание крупных фракций (более 50 мм) резко снизилось и составило 12,5%. При этом

увеличилось количество породы класса 25-50 мм (24,5%) и содержание пород средних классов.

Следует заметить, что на 4,5 % уменьшилось содержание пород класса менее 1мм. Это объясняется тем, что породы этого класса из-за отсутствия эффективных средств борьбы с пылью уносились воздушной струей в рабочее пространство лавы и в небольшом объеме оставались в закладочном трубопроводе в виде налипшего слоя.

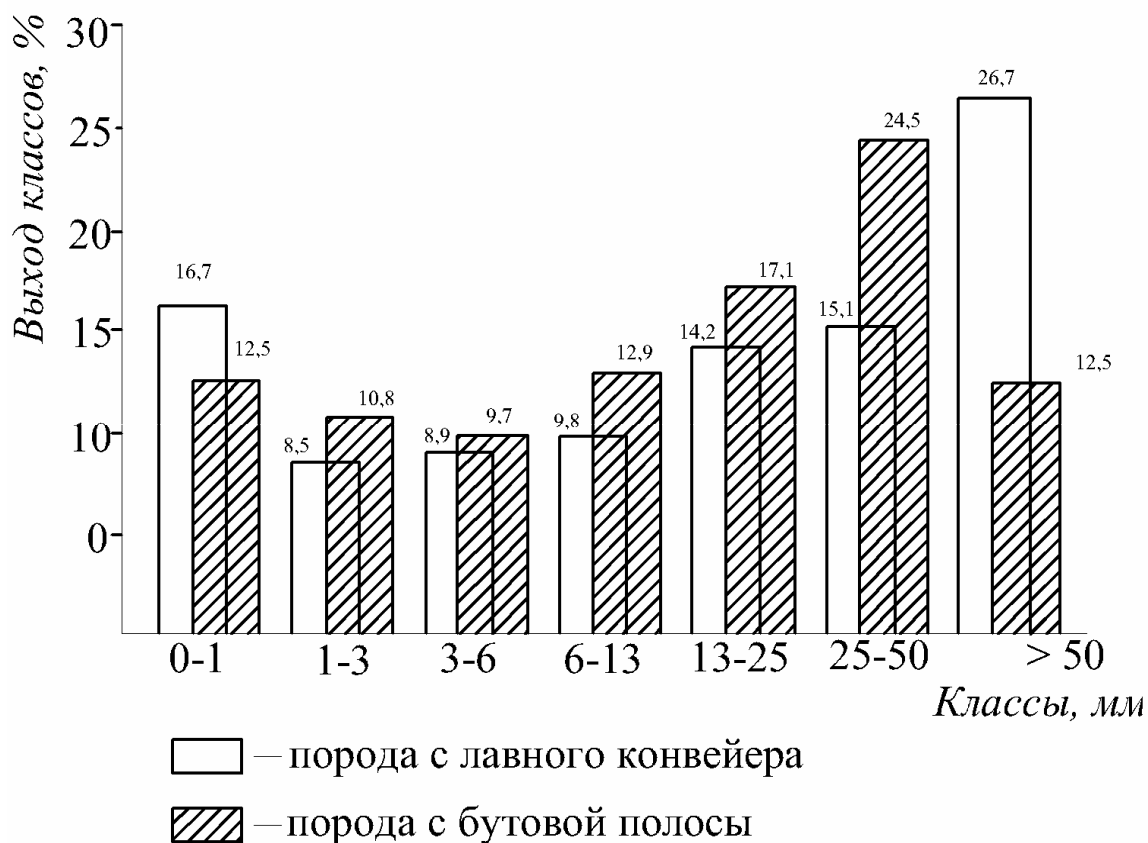


Рис 4.1 – Гистограмма рассева закладочного материала

Таким образом, в результате отсева горной массы установлено, что около 80% отбитой породы в результате селективной отработки пласта имеют размер кусков менее 60 мм, которые пригодны для пневмотранспортирования без предварительного дробления. Поэтому при применении такого источника получения закладочного материала достаточно одностадийное дробление породы, для чего могут использоваться дробилки типа ДО.

Также установлено, что содержание породной мелочи (класс 0-6 мм) в закладочном материале составляет почти 35%, что является источником значительного пылеобразования в лаве. Кроме этого, большое содержание породной мелочи создает предпосылки для налипания закладочного материала на стенках трубопровода.

4.2.2. Адгезионные свойства закладочного материала

Как отмечалось выше, породы Западного Донбасса обладают большой липкостью и при значительном их увлажнении могут вызвать закупорку закладочного трубопровода. Поэтому для определения оптимальных параметров орошения исследованы адгезионные свойства закладочного материала при различной его влажности.

Адгезия характеризует сцепление поверхностей разнородных тел при их взаимодействии. Основной технологической характеристикой адгезионной активности горной массы является липкость, которая количественно оценивается силой, необходимой для отделения твердого штампа единичной площади от горной массы [12].

По мнению С.А.Гончарова наиболее достоверные результаты получаются при определении липкости горной массы путем отрыва, так как в этом случае устраняется влияние сил трения. На этом принципе основана работа прибора Охотина [98] и различных его модификаций.

Для наших исследований был использован прибор ИПГ-1 [85], принцип действия которого основан на прижатии с определенным усилием (300 Н) стального штампа к измельченной породе, находящейся в специальной формочке и измерении усилия отрыва этого штампа от породы. Исследования выполнялись по методике, изложенной в работе [85]. От прибора Охотина используемый прибор отличается наличием между штампом и формочкой подвижной втулки, опуская которую можно устранить заклинивание штампа выжатой при уплотнении породой.

В результате ситового анализа налипшего в закладочном трубопроводе слоя установлено, что налипший слой представлен фракциями породы до 1 мм, поэтому для исследования адгезионных свойств отбиралась именно эта фракция, для чего порода предварительно просеивалась через сито с диаметром отверстий 1 мм.

Отличительной особенностью липкости пород является необходимость характеризовать ее не одной цифрой, а кривой липкости графиком зависимости липкости породы от ее влажности.

При исследовании липкости породы почвы пласта С₇^н шахты "Благодатная" такая зависимость получена и представлена в виде графика (рис. 4.2).

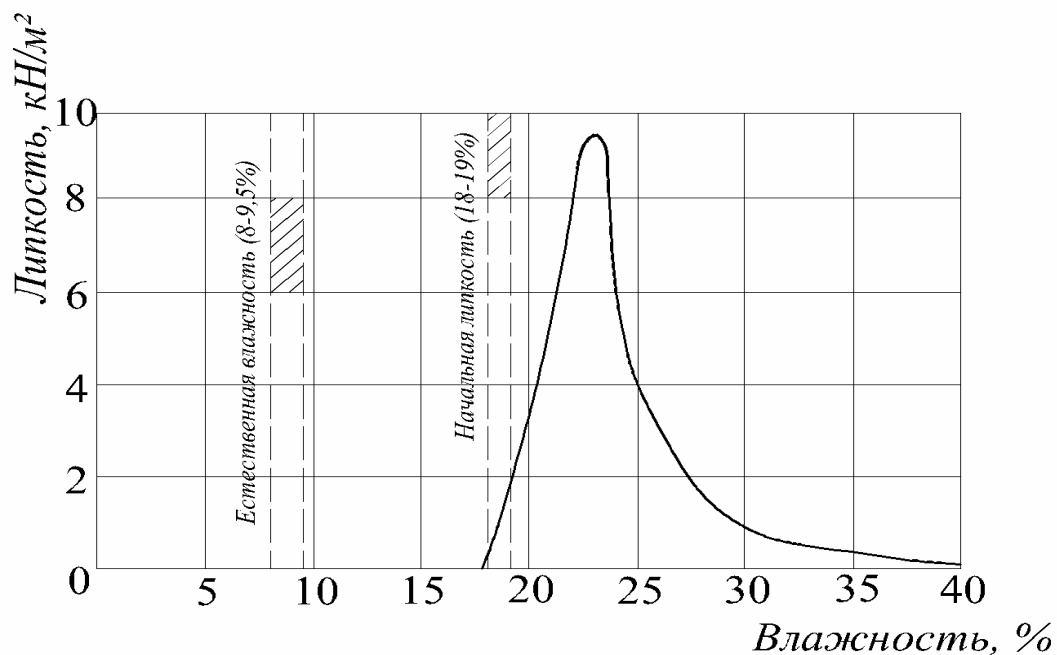


Рис 4.2 – Зависимость липкости пород от их влажности

Из анализа этой зависимости следует, что при естественной влажности породы (8-9,5%) ее адгезионные свойства не проявляются. Начальной липкости пород соответствует влажность 18-19%, а при влажности 22-23% липкость пород достигает максимума. По мере дальнейшего насыщения пород водой их адгезия снижается (рис.4.2).

Разность между влажностью породы, которая соответствует максимальной липкости и начальной липкостью весьма незначительна (3-5 %), поэтому для эффективного пневмотранспортирования породы необходимо, чтобы ее естественная влажность не превышала величин начальной липкости. Иными словами, шахтная порода пригодна для пневмозакладки в том случае, когда ее естественная влажность находится за пределами адгезионной кривой.

По разности между начальной липкостью пород и их естественной влажностью можно определить количество воды, которое необходимо подать в закладочный материал для борьбы с пылевыделением. При этом следует учитывать, что различные фракции породы по-разному участвуют в процессе залипания. Так, мелкие, пылеватые фракции породы за счет большей площади поверхности поглощают большее количество воды, чем крупные и, следовательно, могут достичь начальной липкости раньше, чем весь закладочный материал. В результате исследований установлено, что мелкая порода класса 0-3 мм поглощает почти весь объем подаваемой воды (80-95%), поэтому именно этот класс пород необходимо учитывать при определении объема воды, подаваемой для пылеподавления. Учитывая отмеченное, для определения этого параметра предложено выражение:

$$Q_v = \frac{10^{-4} q_{м.ф} (W_{н.л} - W_e)}{k_{н.п}}, \quad (4.1)$$

где Q_v – максимальное количество воды, которое можно подавать в закладочный трубопровод, м³/т; $q_{м.ф}$ – содержание мелкой фракции (0-3) мм в

закладочном материале, %; $W_{н.л}$ – начальная липкость породы (влажность породы, при которой начинают проявляться адгезионные свойства), %; W_e – естественная влажность породы, %; $k_{н.н}$ – коэффициент неравномерности подачи закладочного материала. Определяется как отношение максимального объема подаваемого закладочного материала в единицу времени к среднему, т.е. $k_{н.н} = \frac{Q_{max}}{Q_{cp}}$.

Используя выражение (4.1) и рис.4.1, 4.2 можно утверждать, что для условий лав пласта С₇^н шахты "Благодатная" добавление к закладочному материалу до 0,016м³ (16 л) воды на 1 т породы не приведет к залипанию породы в трубопроводе, что позволит сохранить ее транспортирующую способность, уменьшив при этом пылевыведение при ведении закладочных работ.

Таким образом, исследования адгезионных свойств закладочного материала показали, что породы Западного Донбасса, представленные аргиллитами пригодны для пневмотранспортирования при естественной влажности до 18%.

При значительной влажности присекаемой породы снизить налипание исходного материала в трубопроводе можно за счет предварительного отсева мелкой фракции. Породная мелочь после этого смешивается с водой (влажность породы должна превышать 35-40%) и закладывается в выработанное пространство пульпонасосом по дополнительному пульпопроводу, проложенному параллельно основному закладочному трубопроводу(рис.4.3).

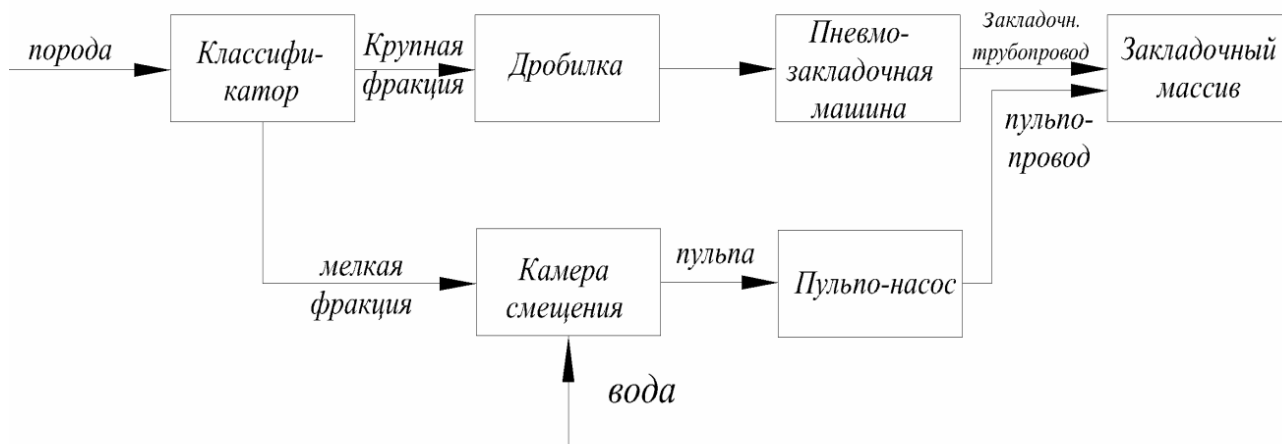


Рис 4.3 – Принципиальная схема ведения закладочных работ в лавах с значительным водопритоком

Пульпа, смешиваясь с закладочным материалом на выходе из трубопровода, позволит снизить пылевыведение и повысить плотность закладочного массива.

4.2.3. Содержание горючих веществ в закладочном материале

Содержание горючих веществ в закладочном материале при использовании для закладки присекаемых пород очистного забоя определяется погрузочной способностью выемочного комбайна. В свою очередь, погрузочная способность комбайнов типа 1К101 зависит от направления выемки угля и породы. Как отмечается в работе [37] и подтверждается нашими исследованиями, погрузочная способность комбайна 1К101 в 2-3 раза выше при его движении в направлении расположения исполнительных органов, чем при движении в противоположную сторону.

В 746-бис и 719 лавах шахты "Благодатная" угольный пласт вынимался при движении комбайна от сборного штрека к бортовому, то есть в направлении, противоположном расположению исполнительных органов. При этом комбайн оснащался специальным погрузочным щитком, зачищающим породный уступ. За счет этого погрузочная способность выемочной машины значительно повышалась, и на породном уступе оставалось лишь 50-60 кг погрузочного угля (рис.4.4 (а)). Породный уступ обрабатывался в противоположном направлении без погрузочного щитка, после чего на почве лавы оставался слой разрушенной породы толщиной 0,06-0,1 м (рис. 4.4 (б)).

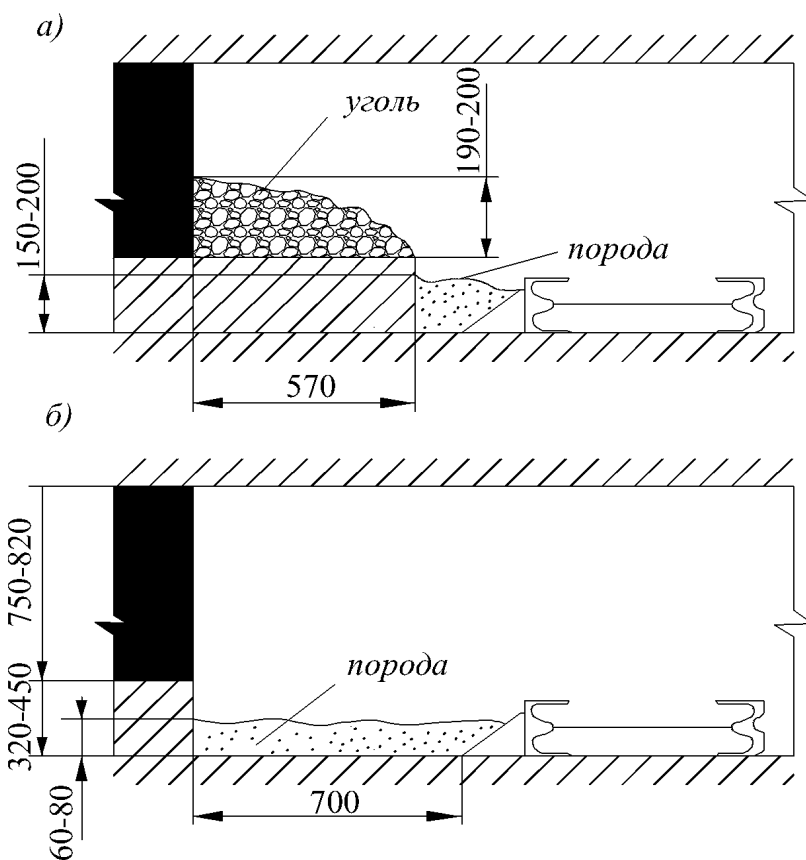


Рис 4.4 – Конфигурация очистного забоя при раздельной выемке угля (а) и породы (б) комбайном 1К101У

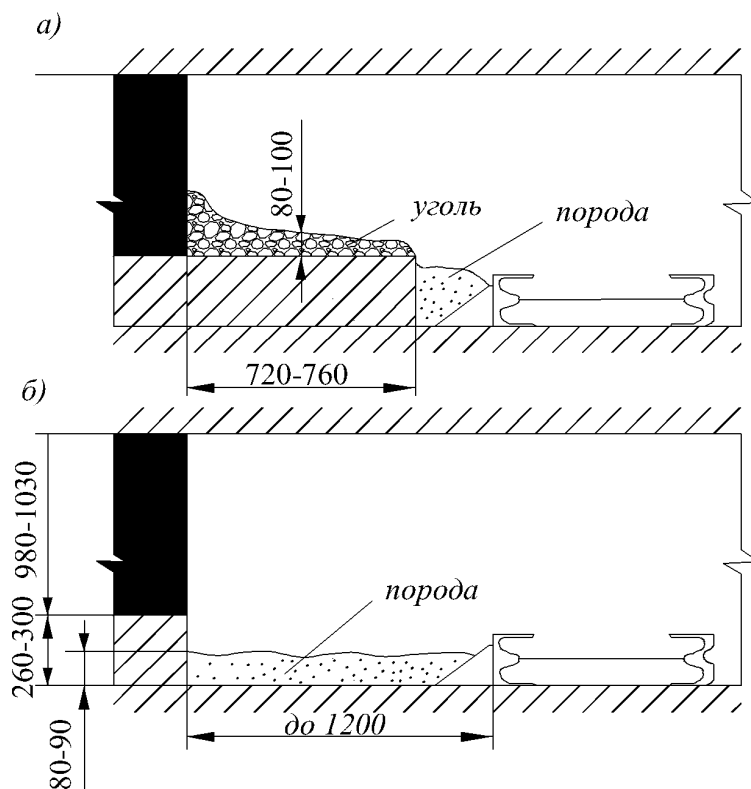


Рис 4.5 – Конфигурация очистного забоя при раздельной выемке угля (а) и породы (б) комбайном 1К103

Исследования погрузочной способности комбайна 1К103 при раздельной отработке пласта выполнялись в 1137 и 1162 лавах шахты им. Героев Космоса и в 906 лаве шахты "Западно-Донбасская". В этих лавах раздельная выемка пласта осуществлялась шнеками диаметром 710 мм, причем комбайны работали без зачистных лемехов.

Характеристика условий, в которых были выполнены исследования, приведены в табл. 4.1.

Погрузочная способность исполнительных органов при применении комбайнов 1К103 в исследуемых лавах несколько иная, чем комбайна 1К101. После прохода комбайна по выемке угля на породном уступе оставалось 5-10% угля, который не был погружен (рис.4.5, а), и после второго прохода высота породного слоя на почве лавы составляла 0,08-0,09 м (рис. 4.5, б).

Фактическое содержание угля в породе, которая может быть использована в качестве закладочного материала, определялось путем отбора проб породы и определения ее зольности в соответствии с ГОСТ 10742-71.

Условия работы исследуемых лав в период отбора проб приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Технологическая характеристика работы лав в период отбора проб породы

| Шахта | Лава | Тип комбайна | Вынимаемая мощность пласта, м | Геолог. мощность пласта, м | Мощность присечки | |
|--------------------|---------|--------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------|--------|
| | | | | | почвы | кровли |
| Благодатная | 746-бис | 1К101У | 1,2 | 0,76 | 0,44 | - |
| им. Героев Космоса | 1137 | 1К103 | 1,01 | 0,72 | 0,29 | - |
| | 1162 | 1К103 | 0,86 | 0,79 | 0,07 | - |
| Западно-Донбасская | 906 | 1К103 | 0,99 | 0,69 | 0,23 | 0,07 |

Засорение присекаемой породы углем определялось по выражению:

$$Q_v = 100(1-k_3) \quad (4.2)$$

где Q_v – содержание угля в закладочном материале, %; k_3 – коэффициент засорения, который может быть вычислен по фактическим показателям зольности [94].

$$k_3 = \frac{A^d - A_{nl}^d}{A_{б.н}^d - A_{nl}^d}, \quad (4.3)$$

где A^d – эксплуатационная зольность, %; $A_{б.н}^d$ – зольность боковых пород, %; A_{nl}^d – зольность пласта, %.

Исходные данные, необходимые для определения количества угля, содержащейся в породе и результаты расчета приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты исследований содержания горючих веществ в закладочном материале

| Лава | Зольность угля, % | Зольность пород, % | | Эксплуатационная зольность присекаемой породы, % | Количество угля, содержащееся в породе, % |
|---------|-------------------|--------------------|--------|--|---|
| | | почвы | кровли | | |
| 746-бис | 12,1 | 88,4 | - | 76,1 | 16,1 |
| 1137 | 21,8 | 89,9 | 89,4 | 87,1 | 4,1 |
| 1162 | 22,7 | 89,9 | 90,1 | 82,4 | 11,1 |
| 906 | 8,7 | 89,9 | 91,0 | 85,8 | 5,2 |

Данные табл. 4.2 свидетельствуют, что в присекаемой породе при применении комбайна 1К101У содержится около 16 % угля, а при использовании комбайна 1К103 эта величина колеблется в довольно широких

пределах и составляет от 4 до 11%, что соответствует требованиям, которые предъявляются к закладочным материалам.

Для уменьшения содержания угля в присекаемой породе и породы в добываемом угле нами разработаны "Исходные данные к разработке на базе 1К103 очистного комбайна для валовой и раздельной выемки тонких и весьма тонких пологих пластов в составе комплекса МКД390 или другого типа". Согласно "Исходным данным..." очистной комбайн 1К103 должен быть дополнен двумя подгребными устройствами с активным прижатием к почве, а поворотные редукторы должны быть удлинены так, чтобы расстояние между корпусом комбайна и шнеком было достаточно для размещения этих подгребных устройств. Корпус комбайна должен подниматься относительно нижней поверхности зачистного лемеха конвейера на высоту до 300-320 мм.

По нашему мнению, такие усовершенствования комбайна 1К103 позволят обеспечить насыщенность закладочного материала углем в пределах 5%.

4.3. Требования, предъявляемые к технологическим схемам отработки пластов Западного Донбасса с закладкой и способы их реализации

Основными факторами, вызывающими необходимость применения закладки выработанного пространства на шахтах Западного Донбасса являются:

- охрана земельных угодий, зданий и сооружений от подрботки;
- повышение устойчивости боковых пород в рабочем пространстве очистных забоев;
- повышение устойчивости подготовительных выработок с целью повторного их использования;
- утилизация породы от проведения подготовительных горных выработок;
- утилизация присекаемых в очистных забоях пород при селективной отработке пластов.

Необходимость применения технологии очистных работ с закладкой может быть вызвана как одним, так и несколькими из перечисленных факторов.

В зависимости от задач, которые необходимо решить в результате применения закладочных работ к технологическим схемам, кроме общих требований, предъявляются свои специфические требования (рис.4.6).

Например, при закладке выработанного пространства с целью предотвращения опасных просадок земной поверхности главной целью является обеспечение максимальной плотности закладочного массива. Это требование особенно важно для условий шахт Западного Донбасса, где осадки земной поверхности достигают значительных величин. Увеличение плотности закладочного массива может быть достигнуто, за счет использования материалов закладки, обладающих высокими компрессионными свойствами путем добавления, например, к шахтной породе 25-30 % песка; применения закладочного трубопровода с торцевым выпуском породы или боковым

выпуском с незначительным отклонением траектории движения закладочного материала от оси трубопровода; правильного выбора расстояния между выпусками породы, оптимальных параметров орошения. Закладочный массив не должен иметь пустот и по возможности должен занимать все выработанное пространство между кровлей и почвой.

Немаловажным требованием для обеспечения минимальной просадки земной поверхности является также уменьшение конвергенции боковых пород в рабочем пространстве лавы. Величина сближений боковых пород, согласно нашим исследованиям, пропорциональна ширине рабочего пространства, поэтому необходимо стремиться максимально приблизить к забою место формирования закладочного массива и обеспечить своевременность его возведения.

Исследования показали, что при управлении кровлей полной закладкой повышается устойчивость боковых пород в рабочем пространстве лавы, во многих случаях снижается нагрузка на механизированную крепь. Поэтому полную закладку в условиях шахт Западного Донбасса технически целесообразно применять прежде всего при отработке пластов в сложных горно-геологических условиях.

Особенно часто обрушения пород кровли происходит на концевых участках лавы. Для предотвращения этих обрушений и уменьшения расхода лесоматериалов отработку пластов необходимо производить с выкладкой бутовых полос в местах сопряжения очистного забоя с подготовительными выработками. Охрана штреков бутовыми полосами позволит уменьшить величины сближений кровли и почвы подготовительных выработок до 30 % по сравнению с охраной штреков кострами, что создает условия для повторного их использования.

В проектах шахт Западного Донбасса не предусматривалось строительство закладочных комплексов, поэтому осуществлять спуск и транспортирование закладочных материалов с поверхности к очистным забоям без реконструкции шахт весьма затруднительно. Кроме этого, "хвосты" обогащения значительно обводнены и не могут использоваться в качестве закладочного материала без предварительной их подсушки.

Учитывая опыт работы отечественных угледобывающих предприятий, по нашему мнению, для шахт Западного Донбасса будет целесообразным оборудование подземных участков дробильно-закладочных станций, использование в качестве закладочного материала породы от проведения подготовительных выработок и присечек пород в лавах.

Подготовительные выработки в рассматриваемом районе проводятся по углю с присечкой боковых пород. Следовательно, для использования пород в качестве закладочного материала необходимо отделение от них полезного ископаемого. Это требование может быть достигнуто отдельным транспортированием угля на поверхность, а пустых пород – к дробильно-закладочной станции, а так же применением сплошных и комбинированных

систем разработки при проведении подготовительных выработок вслед за лавой.

При закладке присекаемых пород в выработанное пространство от отдельной выемки угля и породы, как показал опыт шахты "Благодатная", основными требованиями к технологическим схемам являются: обеспечение четкого взаимодействия между процессами выемки и закладки; минимальное содержание угля в закладочном материале. Для этого производительность закладочного оборудования должна соответствовать производительности выемочного комплекса, а простои каждого из звеньев должны оказывать минимальное влияние на производительность другого звена.

В условиях шахт Западного Донбасса отработка пластов ведется в неустойчивых боковых породах, поэтому закладку выработанного пространства необходимо осуществлять под защитой обратного козырька, который прикрепляется к перекрытию крепи с завальной стороны.

При выборе технологических схем необходимо также стремиться к созданию унифицированной технологии, которая позволит разрабатывать пласты без опасных просадок земной поверхности, повторно использовать подготовительные выработки, обеспечить малоотходность производства.

Факторы, обуславливающие необходимость применения закладки выработанного пространства, требования, предъявляемые к технологическим схемам с закладкой, и способы их реализации в обобщенном виде представлены на рис. 4.6.

4.4. Обоснование основных конструктивных особенностей выемочно-закладочного комплекса машин

Выемочно-закладочный механизированный комплекс (ВЗМК) предназначен для комплексной механизации очистных и закладочных работ в лавах тонких и весьма тонких пологих пластов при сплошной, столбовой и комбинированной системах разработки.

ВЗМК является комплексом многоцелевого назначения и поэтому должен, кроме основного назначения, решать следующие производственные задачи:

- производить как валовую, так и отдельную выемку и транспортирование угля и присекаемых пород в лавах тонких и весьма тонких пластов с мягкими вмещающими породами;
- обеспечить возможность создания плотного закладочного массива, как по всей длине лавы, так и на ее концевых участках;
- иметь возможность закладывать в выработанное пространство присекаемые породы очистного забоя, породы от проведения прилегающих к лаве подготовительных выработок, а также породы, доставленные от центральной или участковой дробильно-сортировочной станции.

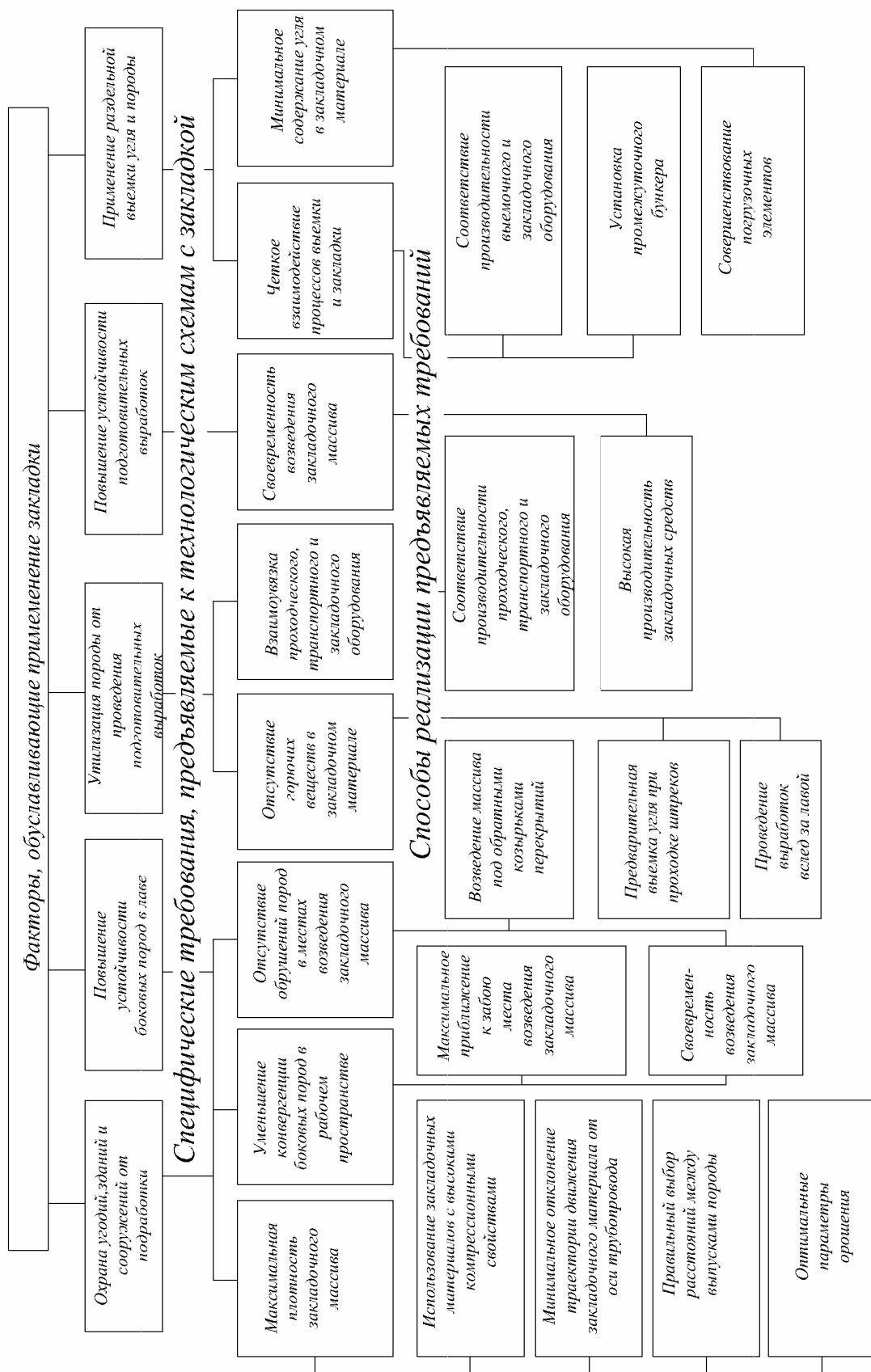


Рис. 4.6 – Требования, предъявляемые к технологическим схемам с закладкой и способы их реализации

Для выполнения основных функций и возможности решения поставленных задач, на основании выполненных исследований сформированы требования, предъявляемые к составным частям выемочно-закладочного комплекса. Эти требования и пути их реализации в обобщенном виде представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3 – Требования, предъявляемые к элементам ВЗМК и пути их реализации

| Требования, предъявляемые к элементам ВЗМК | Пути реализации требований |
|---|--|
| 1. Очистной комбайн | |
| Возможность осуществления валовой и раздельной выемки угля и присекаемых пород | Применение комбайнов с исполнительными органами избирательного действия. Возможность применения шнеков малого диаметра (0,56; 0,63 м), |
| Высокая погрузочная способность | Возможность подъема погрузочного щитка или зачистного лемеха комбайна на породный уступ. Зачистка породного уступа корпусом комбайна. Правильный выбор направления выемки угля и породы. |
| Возможность эффективной работы комбайна по челноковой схеме | Разнесение шнеков по длине очистного комбайна. Противоположное направление вращения шнеков. |
| 2. Лавный конвейер | |
| Возможность нормальной работы в режиме реверса | Оборудование двух приводных головок |
| Высокая погрузочная способность при передвижке | Оборудование конвейера зачистными лемехами. |
| 3. Механизированная крепь | |
| Защита места возведения закладочного массива от возможных обрушений пород кровли | Наличие обратной консоли с завальной стороны перекрытия. |
| Возможность передвижки секций крепи как при выполнении закладочных работ, так и при их отсутствии | Независимая связь секций крепи с закладочным трубопроводом. Наличие обратной консоли с завальной стороны перекрытия. |

| | |
|--|---|
| Надежное ограждение призабойного пространства от разлета кусков закладочного материала | Ограждение рабочего пространства лавы. Оборудование люков в завальных ограждениях. |
| Возможность доступа рабочих к закладочному оборудованию | Расстояние между стойками крепи по длине лавы должно быть не менее 0,7м. |
| Высокий коэффициент затяжки кровли | Минимальные межсекционные зазоры между перекрытиями. Возможность передвижки секций сразу после прохода комбайна. |
| Высокая устойчивость секций крепи | Четырехстоечная конструкция крепи. Большая площадь основания секций крепи. Наличие обратной завальной консоли. |
| Уменьшение ширины рабочего пространства лавы | Приближение переднего ряда стоек к забою. |
| 4. Закладочное оборудование | |
| Обеспечение максимальной плотности закладочного массива | Применение торцевого выпуска породы или бокового с малым углом отклонения. Минимальное искривление закладочного трубопровода. Минимальные утечки сжатого воздуха в трубопроводе. Выбор оптимального шага возведения закладочного массива и расстояния между выпусками породы. |
| Минимальная трудоемкость обслуживания закладочного трубопровода | Применение гидравлической стыковки-расстыковки закладочного трубопровода с дистанционным управлением. Дистанционное управление боковыми выпусками породы. Передвижка трубопровода при помощи гидравлических средств. |
| Минимальное пылевыведение при закладочных работах | Орошение закладочного материала в бункере дробилки или ЗМК. Подача воды в закладочный трубопровод. Оборудование водяных завес в местах интенсивного пылеобразования. |

Все элементы выемочно-закладочного механизированного комплекса должны быть синтезированы в единую целостную систему.

Основными требованиями, предъявляемыми к взаимоувязке составных частей ВЗМК является соответствие их производительностей и увязка по габаритам.

В наибольшей мере приведенным требованиям отвечает созданный в свое время институтом Донгипроуглемаш выемочно-закладочный комплекс МКДЗ-90. Согласно нашим рекомендациям, в качестве выемочной машины в этом комплексе могут быть использованы комбайны типа УКД, что позволит использовать комплекс МКДЗ-90 для селективной отработки пластов. Кроме этого, применение комбайнов типа УКД позволит уменьшить ширину рабочего пространства лавы на 0,7 м, что приведет к снижению величины конвергенции боковых пород и, следовательно, уменьшению деформаций земной поверхности.

При применении такого оборудования ВЗМК включает следующие элементы:

- очистной комбайн типа УКД с исполнительными органами избирательного действия;
- механизированную крепь ДЗ-90;
- крепи сопряжения КСД-90;
- закладочную машину типа ПЗБ-200, ZS-240 и др. или дробильно-закладочный комплекс "Титан-1", "Титан-1М";
- дробильное и транспортное оборудование;
- в случае применения сплошной или комбинированной систем разработки – проходческого оборудования.

Применение такого варианта ВЗМК возможно только по окончании создания выемочно-закладочного комплекса МКДЗ-90 при его серийном производстве.

До окончания конструкторских разработок, в связи с острой необходимостью ведения закладочных работ на шахтах Западного Донбасса возможна другая схема ВЗМК, основанная на применении серийно выпускаемого оборудования. В этом случае выемочно-закладочный комплекс, включает следующие машины:

- очистной комбайн типа 1К101УКД, 1К103, УКД20-250 и пр.;
- используемые на шахтах региона механизированные крепи оборудованные обратными консолями;
- серийно выпускаемое дробильно-закладочное и транспортное оборудование;
- проходческое оборудование при отработке пласта по сплошной или комбинированной системе разработки.

При этом варианте ВЗМК механизированная крепь оборудуется жесткой или поджимной обратной консолью, а закладочный трубопровод при значительной ширине закладываемой полосы снабжается гидравлическими средствами стыковки.

Кроме приведенных вариантов ВЗМК в условиях Западного Донбасса может быть использован выемочно-закладочный комплекс на базе комплекса КМК-97М(Д), конструкция которого разработана специалистами ДонУГИ [44]. Однако область применения такого комплекса ограничивается пластами с почвами не ниже средней крепости.

4.5. Принципиальные технологические схемы отработки тонких пологих пластов с закладкой выработанного пространства

В условиях шахт Западного Донбасса залегают пласты с углами падения от 0 до 2-3°. Вмещающие пласт породы склонны к размоканию и при увлажнении теряют до 50 % своей прочности, что приводит к их обрушению и интенсивному пучению. По этим причинам применение, гидравлической закладки в рассматриваемом районе Донбасса не рационально. Механических средств, для закладки больших площадей выработанного пространства с высокой производительностью к настоящему времени не создано. Поэтому, по нашему мнению, а также, по мнению других специалистов наиболее приемлемой для рассматриваемых условий является закладка пневматическим способом.

Для разработки пластов Западного Донбасса может быть применено довольно значительное количество технологических схем, предусматривающих пневматическую закладку выработанного пространства. Выбор технологической схемы определяется, прежде всего, задачами, которые необходимо решить в результате применения закладки, а также горно-геологическими, горнотехническими и технологическими условиями разработки пластов.

Технологические схемы, которые можно применить, в условиях Западного Донбасса в сгруппированном виде представлены на рис. 4.7. Разработанные технологические схемы для пластов, которые обрабатываются с присечками боковых пород, в отличие от известных предусматривают использование присекаемых в очистном забое пород в качестве закладочного материала, причем в ряде случаев в сочетании с другими источниками получения последнего. В основу группирования (рис.4.7) положены шесть основных признаков, а именно: система разработки, тип закладки, источник получения породы, тип применяемого очистного оборудования, место размещения закладочного оборудования и источник его воздухообеспечения.

Для полной закладки выработанного пространства пласта мощностью 0,65-0,8 м рационально применить следующую технологическую схему. Используя приведенное на рис.4.7 группирование условно можно записать, что схема состоит из элементов: 1.3(1.3.1)-2.1-3.4-4.1-5.1-6.2. Иными словами, технология предусматривает применение комбинированной системы разработки с проведением бортового штрека впереди очистного забоя (рис.4.8). Повторное использование бортового штрека в качестве сборного при отработке смежного столба возможно при сечении бортового штрека в проходке 15-18 м.

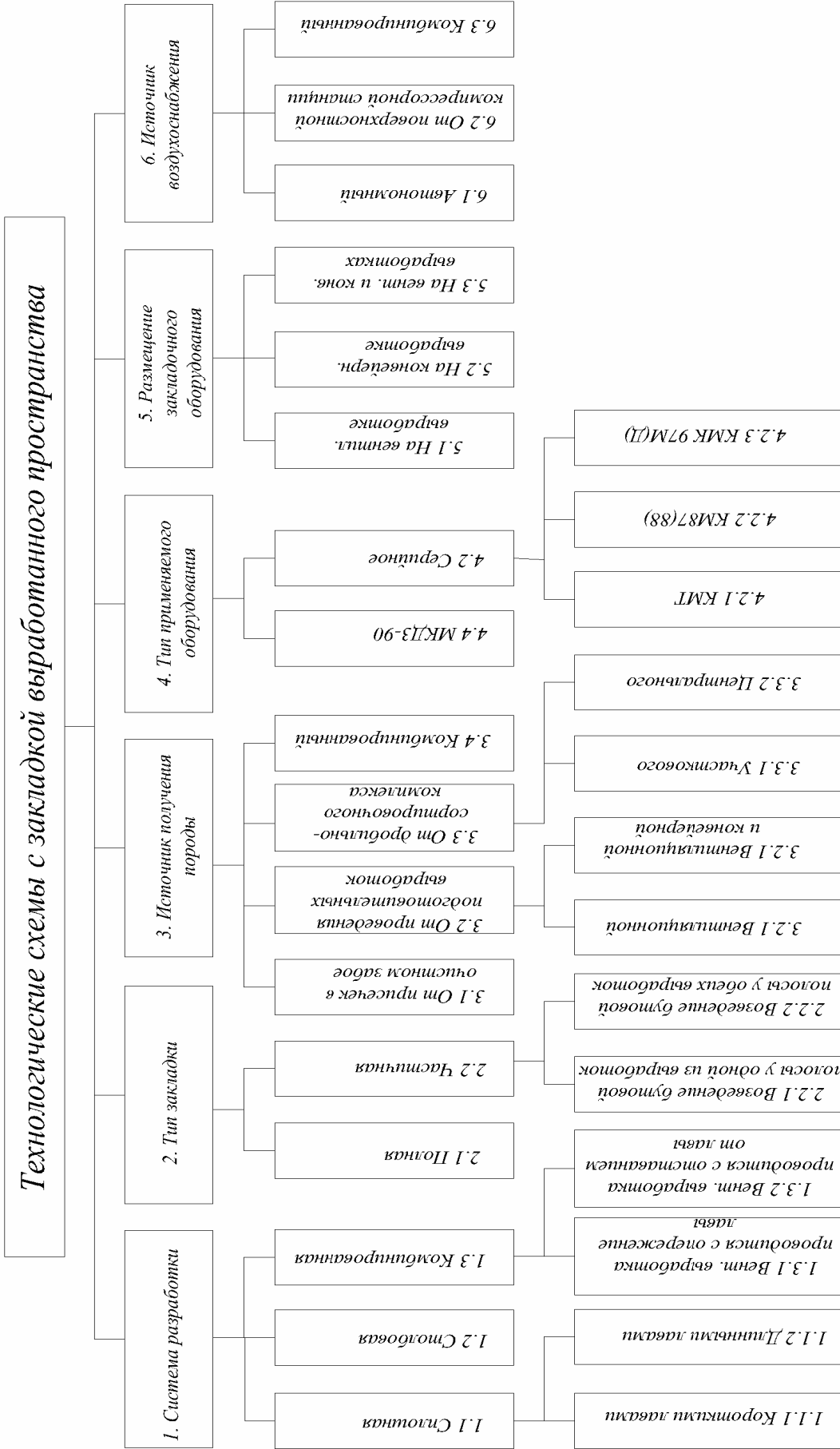


Рис 4.7 – Группирование предлагаемых технологических схем

Для его проведения можно использовать проходческие комбайны типа ГПКС, 4ПП2М, 4ПП5 и др.

Отработка пласта производится выемочно-закладочным комплексом МКДЗ-90 с комбайном 1К103М. Для закладки выработанного пространства используют закладочную машину типа ПЗБ или ZS-240. В выработанное пространство закладываются породы от присечки почвы в очистном забое при селективной отработке пласта, а также порода от проведения бортового штрека. Отметим, что при выемке породы лавный конвейер работает в режиме реверса.

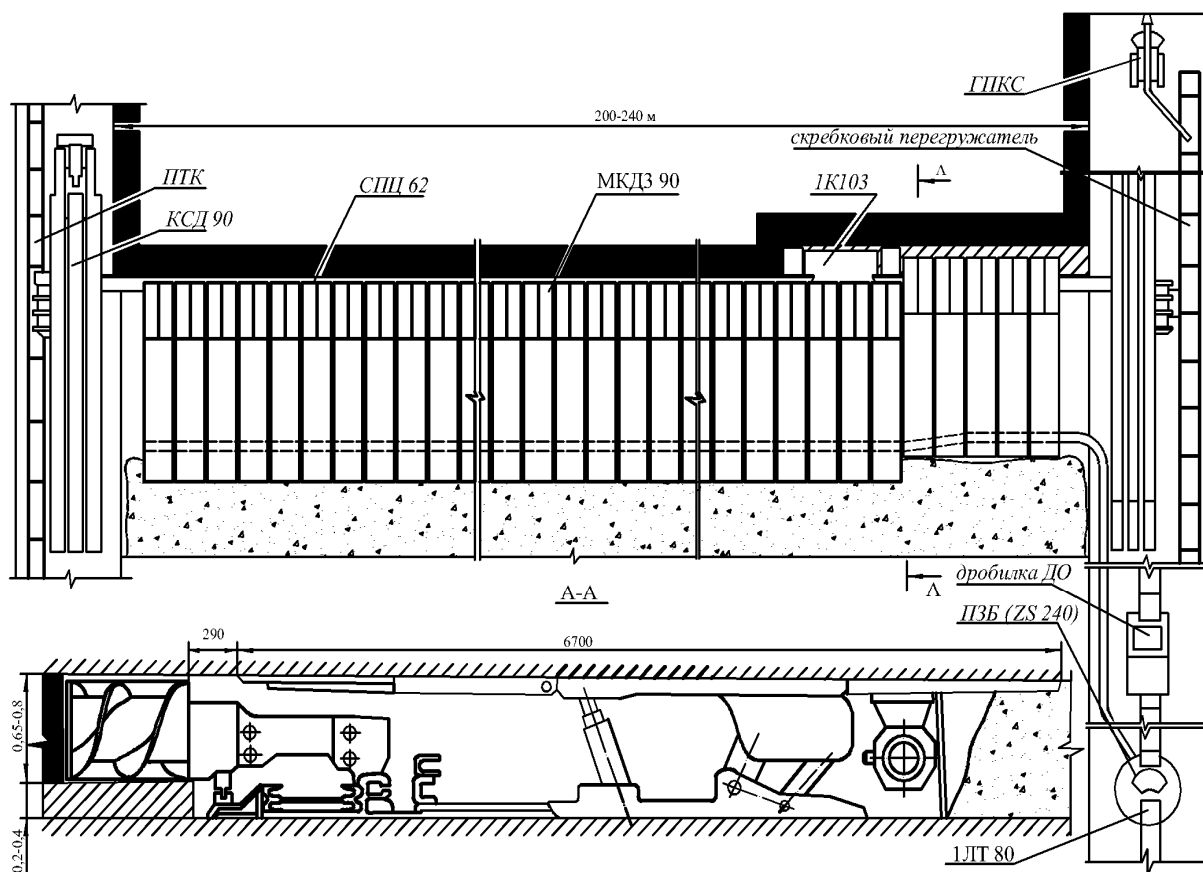


Рис 4.8 – Технологическая схема селективной отработки пласта и присекаемых пород почвы

Недостающая для полной закладки порода подается к закладочной машине ленточными конвейерами от дробильно-сортировочного пункта, на который поступает порода от проведения выработок на других участках или пластах, где закладка выработанного пространства не применяется.

Для дробления породы, поступающей из очистного и примыкающего к лаве проходческого забоев используется дробилка типа ДО.

В случае, когда нет необходимости в применении полной закладки выработанного пространства, а закладка применяется в целях захоронения пород, нет необходимости в подаче дополнительного объема исходного материала от дробильно-сортировочного пункта, и в выработанное пространство закладываются лишь породы от присечки и от проведения штрека. При этом варианте технологическая схема закладки несколько

упрощается. Для закладки породы при небольшом ее объеме возможно применение вместо закладочных машин ПЗБ или ZS-240 дробильно-закладочного комплекса "Титан-1" или "Титан-1М", использование которых не требует монтажа воздухопровода от поверхностной компрессорной станции до закладочной машины.

Наилучшее состояние бортового штрека может быть достигнуто при его проведении вслед за лавой, поэтому возможно применение и такой технологической схемы. Однако, в этом случае, несколько усложняется узел перегрузки породы из лавного конвейера на скребковый перегружатель на бортовом штреке.

Описанная выше технологическая схема может применяться и при сплошной системе разработки. В этом случае бортовой штрек проводится вслед за лавой, а сборный – с опережением ее. Порода от проведения сборного штрека закладывается в выработанное пространство дробильно-закладочным комплексом "Титан-1", который устанавливается на этом же штреке. Используя предложенное группирование, можно записать, что технологическая схема в этом случае состоит из элементов: 1.2(1.1.2)-2.1 (или 2.2)-3.4-4.1-5.3-6.3.

Все предложенные технологические схемы базируются на применении выемочно-закладочного комплекса МКДЗ-90, серийное производство которого еще не начато. Кроме этого, большинство схем предусматривают воздухоснабжение закладочного оборудования от поверхностной компрессорной станции, которые на большинстве шахт Западного Донбасса отсутствуют.

По этим причинам, до начала серийного производства комплекса МКДЗ-90 и строительства компрессорных станций закладку выработанного пространства можно производить, используя серийное очистное оборудование и дробильно-закладочные комплексы "Титан-1" или "Титан-1М", воздухоснабжение которых осуществляется от своего, автономного источника.

При применении такого оборудования длина лавы ограничивается максимальной дальностью транспортирования породы закладочными машинами "Титан-1" или "Титан-1М", которая составляет 80 и 100 м соответственно. Поэтому, для полной закладки выработанного пространства необходимо использовать два комплекса, установленных на разных штреках. Учитывая, что трубопровод возле закладочной машины должен иметь участок разгона, равный 15-20 м, длина лавы при применении двух комплексов не может превышать 120 м при использовании закладочных машин "Титан-1" и 160 м при применении комплексов "Титан-1М".

При применении сплошной системы разработки полная закладка выработанного пространства может быть обеспечена породами от присечки в лаве и от проведения бокового и сборного штреков, однако в этом случае длина лавы может быть меньше длины, установленной по максимальной дальности транспортирования породы. Технологическая схема с применением комплекса КМ88 и двух дробильно-закладочных комплексов "Титан-1" при сплошной системе разработки представлена на рис.4.9. Используя классификацию

(рис.4.7) эту технологическую схему можно описать следующим образом: 1.1(1.1.1)-2.1.-3.4-4.2(4.2.3)-5.3-61. Отработка пласта при применении этой схемы предусматривает отдельную выемку угля и породы за два прохода выемочной машины. Присекаемая порода закладывается в выработанное пространство комплексом "Титан-1". Также в выработанное пространство закладываются породы от проведения бортового и сборного штреков. При этом сборный штрек проводится с опережением лавы, а бортовой с отставанием от нее. Порода, получаемая, при проведении выработок транспортируется к закладочным машинам скребковыми перегружателями, которые установлены на каждом из штреков, а затем закладывается в выработанное пространство

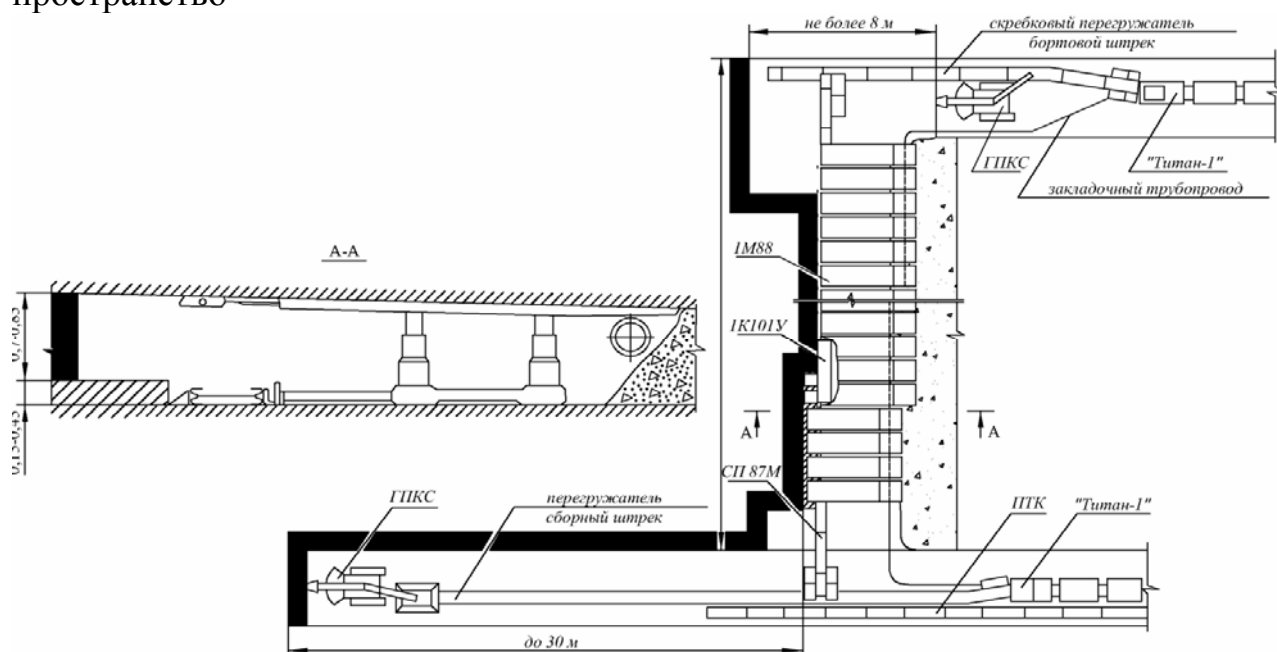


Рис 4.9 Технологическая схема полной закладки при отработке пласта по сплошной системе разработки короткими лавами

При применении такой технологии необходимо, чтобы порода поступала к обеим закладочным машинам в одинаковом объеме, поэтому порода от присечек в лаве транспортируется как на сборный, так и на бортовой штрек. При транспортировании породы к бортовому штреку лавный конвейер реверсируется. В месте перегрузки породы на сборном штреке устанавливается специальный шибер, исключая попадание породы на угольный скребковый конвейер.

При мощности угольного пласта 0,7 м, мощности присечки 0,4 м и сечении обоих штреков в проходке 15,7 м² длина лавы должна составлять около 100 м для обеспечения полной закладки выработанного пространства.

Технологию, основанную на использовании серийного очистного оборудования можно применить при комбинированной и столбовой системе разработки для целей утилизации породы от проведения подготовительных выработок и от присечек в лаве. Такие технологические схемы апробированы в

экспериментальных лавах на шахте "Благодатная" и представлены на рис.3.2, 3.3.

Следует отметить, что при выборе технологических схем поставленная цель должна достигаться при минимальных материальных затратах, т.е. выбору технологии должна предшествовать глубокая экономическая проработка всех возможных вариантов в конкретных горно-геологических условиях и только после этого вопрос о выборе технологической схемы решается окончательно.

4.6. Экономическая эффективность рекомендуемой технологии

Экономическая эффективность применения селективной отработки пластов, в том числе в условиях Западного Донбасса обоснована в ряде работ [37, 91]. В них отмечается, что отдельная выемка угля и присекаемых пород с выдачей последних на поверхность целесообразна на шахтах региона при мощности присечки более 0,1-0,15 м. Снижение зольности добываемого угля на 5% дает прибыль по шахте в среднем 2150-2700 тыс.руб. в год (в ценах 1990 г.) [91].

При применении технологий, предусматривающих закладку присекаемых пород в выработанное пространство экономический эффект может быть достигнут за счет снижения расходов на транспортирование породы по подземным выработкам, выдачу ее на поверхность и, кроме этого, за счет уменьшения расходов на поддержание подготовительных выработок. При повторном использовании штреков экономический эффект достигается также за счет уменьшения расходов на их проведение.

Разумеется, экономический эффект может быть получен лишь в том случае, когда расходы по указанным выше статьям превышают расходы на закладку выработанного пространства.

Следует отметить, что ряд шахт не имеют технической возможности обеспечить отдельное транспортирование пород из очистных забоев на поверхность из-за недостатка транспортных средств, малой пропускной способности породного подъема, а также по другим причинам, что делает технологию селективной отработки пластов с закладкой выработанного пространства безальтернативной.

При применении технологии при комбинированной и сплошной системах разработки увеличение шахтной прибыли достигается за счет снижения затрат на транспортирование и выдачу на поверхность породы из подготовительных забоев. Учитывая, что большинство проходческих забоев шахт Западного Донбасса предусматривает транспортирование породы по угольным транспортным линиям, закладка ее в выработанное пространство позволит улучшить качество добываемого угля и снизить расходы на обогащение горной массы.

При полной закладке выработанного пространства необходимо оборудование дробильно-сортировочного комплекса и компрессорной станции, что вызывает дополнительные капитальные затраты, которые согласно [63]

составляют около 6 млн.руб. Кроме этого, общие эксплуатационные расходы на закладку выработанного пространства с учетом затрат на подготовку закладочного материала, его транспортирование, стоимость сжатого воздуха, содержание трубопроводов и заработную плату могут достигнуть 9-11 руб. в ценах 1991 г. [63]. Поэтому, при полной закладке выработанного пространства затраты на закладку в некоторых случаях превысят прибыль, получаемую от снижения расходов на транспортирование породы, поддержание и проведение выработок. Однако в этом случае будет получен значительный косвенный экономический эффект за счет сохранения части подработанных земель или уменьшения расходов на рекультивацию нарушенных земельных участков. В последние годы стоимость земельных угодий постоянно возрастает, все большие суммы затрачиваются на возмещение ущерба от потери сельскохозяйственной продукции, которая могла бы быть получена на подработанных землях, значительны затраты на восстановление или перенос населенных пунктов за пределы подработанных участков. По этим причинам социальная значимость технологий предусматривающих закладку выработанного пространства будет ежегодно возрастать.

Выводы:

1. Применение предлагаемой технологии ограничивается следующими факторами:

- свойствами пород, используемых в качестве закладочного материала;
- конструктивными особенностями применяемого очистного оборудования;
- экономической целесообразностью.

2. Присекаемые породы очистного забоя пригодны для использования в качестве закладочного материала при влажности до 18 %.

3. В закладочном материале содержится до 35 % породной мелочи класса 0-6 мм, что является источником значительного пылеобразования в лаве.

4. Около 80 % отбитой в результате отдельной выемки породы пригодны для пневмотранспортирования без дополнительного дробления.

5. Для расчета количества воды, которое можно подать в закладочный материал для пылеподавления разработано выражение, которое учитывает адгезионные свойства породы и содержание в ней мелких фракций.

5. В закладочном материале, представленном присекаемыми породами почвы, содержится около 16 % угля при использовании комбайна 1К101 и 4-11 % при применении комбайна 1К103, что соответствует требованиям, предъявляемым к закладочным материалам.

7. Обоснованы основные конструктивные особенности выемочно-закладочного комплекса, который может базироваться как на использовании серийного очистного оборудования, так и на применении создаваемого комплекса МКДЗ-90. Установлено, что в качестве выемочной машины в составе комплекса МКДЗ-90 должны использоваться современные комбайны

типа УКД, что позволит успешно применить комплекс для селективной отработки пластов.

8. Разработаны технологические схемы разработки тонких пологих пластов с закладкой выработанного пространства, которые предусматривают использование присекаемых пород очистного забоя в качестве дополнительного источника получения закладочного материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Монография является результатом законченной научно-исследовательской работой, в которой решена актуальная научная и практическая задача обоснования основных параметров технологии отработки тонких пологих пластов с закладкой выработанного пространства в условиях шахт Западного Донбасса.

В ходе исследований получены следующие, наиболее существенные результаты.

1. На основании исследований напряженно-деформированного состояния массива горных пород установлено, что:

- закладка выработанного пространства приводит к уменьшению ширины опорной зоны на 20-40 % по сравнению с полным обрушением и снижению опорных нагрузок на угольный пласт;

- при закладке выработанного пространства деформации основной кровли в 1,7-2 раза меньше, чем при полном обрушении кровли и не превышают 5-6 мм/м, что позволяет устранить вывалообразование в рабочем пространстве лавы и в месте возведения закладочного массива;

- изменение длины лавы при закладке выработанного пространства в диапазоне полной подработки надугольной толщи приводит к незначительному изменению (не более 10%) величин опусканий и деформаций пород кровли в рабочем пространстве лавы, что позволяет увеличить длину лавы до экономически целесообразной величины.

2. Установлены зависимости ширины закладываемой полосы, скорости подачи комбайна при выемке породы, коэффициента машинного времени лавы от мощности присечки боковых пород при различном очистном и закладочном оборудовании, в которых учтены особенности закладки в выработанное пространство присекаемых пород очистного забоя. Это позволяет повысить точность расчета параметров технологии отработки пластов с закладкой.

3. На основании установленной зависимости изменения приведенных затрат от длины лавы сделан вывод, что при использовании выемочно-закладочного комплекса МКДЗ-90, работающего с полной закладкой выработанного пространства, длину лавы экономически целесообразно увеличить на 10-15 % относительно длины очистного забоя при валовой выемке.

4. В результате шахтных исследований установлено, что:

- сближение боковых пород в рабочем пространстве лавы при закладке на 13-14% меньше, чем при полном обрушении;

- закладка выработанного пространства приводит к уменьшению удельной нагрузки на крепь до 35 %;

- усадка закладочного массива, представленного присекаемыми породами очистного забоя составляют около 35 %, а суммарная конвергенция боковых пород – 48-49 % от вынимаемой мощности пласта.

5. В результате лабораторных и шахтных исследований установлено, что присекаемые породы очистного забоя пригодны для использования в качестве закладочного материала при влажности до 18 %. Установлена зависимость количества воды, подаваемой для орошения закладочного материала от его естественной влажности. Эта зависимость позволяет уменьшить пылевыведение при закладке и повысить эффективность пневмотранспортирования закладочного материала.

6. Обоснованы основные конструктивные особенности выемочно-закладочных комплексов, которые могут базироваться как на использовании серийно выпускаемого оборудования, так и на применении ранее созданного комплекса МКДЗ-90. Установлено, что в качестве выемочной машины в составе этого комплекса могут быть использованы современные комбайны типа УКД, что позволит успешно применить комплекс для селективной отработки пластов.

7. Разработаны принципиальные технологические схемы отработки тонких пологих пластов с закладкой выработанного пространства, которые предусматривают использование присекаемых пород очистного забоя в качестве закладочного материала. Сделан вывод, что для отработки пластов мощностью 0,65-0,8 м наиболее целесообразно применить технологическую схему, которая предусматривает применение комбинированной системы разработки и использовании присекаемых пород очистного забоя и пород от проведения вентиляционной выработки.

Результаты исследований были учтены при разработке конструкции и создании комплекса МКДЗ-90.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авершин С.Г. Расчет деформаций массива горных пород под влиянием подземных разработок // Сб.научн.тр. / ВНИМИ. - 1960. -С.5-40.
2. Амусин Б.З., Ардашев К.А., Нестеров Н.П. Метод конечных элементов при решении задач горной геомеханики // Аналитические методы и вычислительная техника в механике горных пород. – Новосибирск, 1975. – С.73-75.
3. Архипов Н.А., Ельчанинов Е.А., Горбачев Д.Т. Добыча угля и рациональное природопользование. – М.: Недра, 1987. - 285 с.
4. Бананов М.Л., Кошарный Л.К., Чефранов В.В. Комплексная механизация выемки тонких пластов // Уголь. – 1983. - №3. - С.24-25.
5. Белов С.Ф. Влияние закладки выработанного пространства на изменение напряженно-деформированного состояния системы "массив горных пород – закладочный массив" во времени // Горнотехнические проблемы: Научн.сообщ. / Ин-т горн. дела им. А.А.Скочинского. –М., 1988. - С.86-91.
6. Борисенко Л.Д., Занина Л.Н. Статистическое моделирование шахтных производственных процессов. – М.: Наука. – 1982. - 101 с.
7. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. – М.: Недра, 1980. – 360 с.
8. Борисов А.А. Расчеты горного давления в лавах пологих пластов, – М.: Недра, 1964. – 217 с.
9. Бурчаков А.С, Малкин А.С, Устинов М.И. Проектирование шахт. – 2-е изд. – М.: Недра, 1978. - 407 с.
10. Взаимодействие механизированных крепей с боковыми породами / И.А. Кияшко, С.А. Саратикянц, Н.П. Овчинников и др. – М.: Недра, 1990. – 128 с.
11. Воронин Б.И., Испаев И.А., Загайнов Н.С. Технология выемки маломощных угольных пластов без предварительной нарезки и с оставлением породы в шахте // Тез.докл. Всесоюзн. научн. – техн. конф., г. Москва 2-4 фев.1989 г. – М., 1989. – С.96-97.
12. Гончаров С.А. Перемещение и складирование горной массы: Учеб. пособие для вузов. – М.: Недра, 1988. – 199 с.
13. Горбачев Д.Т. Основные технические решения по оставлению породы в шахте // Уголь. – 1990. – №8. – С. 21-23.
14. Грицко Г.И., Власенко Б.В. Общие принципы оценки напряженного состояния массива экспериментально-аналитическим методом механики горных пород // Аналитические методы и вычислительная техника в механике горных пород. – Новосибирск, 1975. – С.109-116.
15. Грицко Г.И., Посохов Г.Е. Геомеханические основы прогнозирования проявлений горного давления при системах разработки с закладкой // Вопросы горного давления. – Новосибирск, 1977. –Вып.35. – С.3-8.
16. Давидянц В.Т. Совершенствование способов и средств управления кровлей на шахтах Донбасса. – М.: Недра, 1969. – 277 с.

17. Дубов Е.Д., Спицын Ю.Г., Поляков М.В. Установление нижнего предела мощности пласта для применения механизированных крепей // Уголь Украины. – 1974. – №12. – С.14-15.
18. Дубровский Е.М. Породное хозяйство угольных шахт за рубежом: Обзор / ЦНИЭИуголь. – М., 1985. – 56 с.
19. Дымченко Е.А., Мочкин В.Г. Сокращение выдачи и переработки породы на предприятиях угольной промышленности Донецкой области // Горнотехнические проблемы: Научн. сообщ. / Ин-т горн. дела им. А.А. Скочинского. – М., 1989. – С.90–94.
20. Жуков В.Е., Выстороп В.В. Выбор технологии выемки запасов угля под поймой реки Самары // Уголь Украины. – 1980. – №3 – С.7-10.
21. Задачник по подземной разработке угольных месторождений: Учебн.пособие для вузов. - 4-е изд., перераб.и доп. / Савицкий К.Ф., Дорохов Д.В., Зборщик М.П., Андрушко В.Ф. – М.: Недра, 1981. – 311 с.
22. Земисев В.Н. Расчеты деформаций горного массива. – М.: Недра, 1973. – 142с.
23. Золотарев Г.М. Прогрессивная технология разработки угольных пластов // Горная механика и технология добычи угля: Научн. сообщ. / Ин-т горн.дела им. А.А. Скочинского. – М., 1989. – С.232-238.
24. Иванов Ю.М. Технические решения по оставлению породы в шахте // Уголь Украины. – 1986. – №12. – С.14-17.
25. Ирресбергер Х. Механизированные крепи для лав, работающих с закладкой // Глюкауф. – 1987. -№11.– С. 3-8.
26. К вопросу раздельной выемки угля и породных прослоев/ Е.А.Судариков, М.М. Шохор, Б.К. Айсанов, Ю.А. Дворницкий // Технология и механизация разработки мощных пологих пластов. – Караганда, 1978. – Вып. 55. – С.43-48.-/Научн.тр.КНИУИ/.
27. Кияшко И.А. Концепция природоохранной подземной добычи угля из тонких и весьма тонких пологих пластов шахт Западного Донбасса // Уголь. – 1991. – №1. – С.30-32.
28. Кияшко И.А. Процессы подземных горных работ: Учебник для вузов. – К.: Вища школа, 1984. - 255 с.
29. Кияшко И.А., Сулаев В.И., Ульянич А.Н. Исследование технологии отработки тонкого пласта с закладкой присекаемых пород в выработанное пространство // Тез. докл. Всесоюзн. научн.-техн. конф., г.Москва, 2-4 фев. 1989 г. – М., 1989. – С.90-91.
30. Клорикьян С.Х. Уменьшение зольности и улучшение сортности угля, добываемого очистными комплексами. – М. Центральное правление Всесоюзного НТГО, 1990. – 59 с.
31. Клэс Ф., Хайф П. К вопросу об оптимальной длине лавы // Глюкауф. – 1987. – №24. – С.3-8.
32. Козьменко В.Ф., Вискин В.М., Стаценко А.И. Повышение нагрузки на очистные забои маломощных пластов // Уголь Украины. –1983. – №9. – С.8-10.

33. Коломийцев М.Д. Механизация селективной выемки горючих сланцев // Научн.тр./ ЛГИ. – 1967. – вып.1. – С.36-40.
34. Комиссаров С.Н. Управление массивом горных пород вокруг очистных выработок. – М.: Недра, 1983. – 273 с.
35. Комплекс пневмозакладочный механизированный КМПЗ; Пояснительная записка. – №ГР 018300061551; Инв.№0285.#040795, 1984.
36. Коровкин Ю.А. Механизированные крепи очистных забоев / Под ред. Ю.Л. Худина. – М.: Недра, 1990. – 413 с;
37. Кошка А.Г. Обоснование основных параметров и области применения технологии селективной отработки тонких угольных пластов: Автореф. дис.канд.техн.наук: 05.15.02. - Днепропетровск, 1988.
38. Кравченко П.А., Финкельштейн Ю.Л. О применении закладочных комплексов ЗКО2 и ЗКО3: Информационное письмо. – Донецк: ИБНТИ Минуглепрома СССР. – 1989, – 6 с.
39. Кузнецов Г.Н., Петров И.М., Шклярский М.Ф. Исследование на моделях из эквивалентных материалов механизма и границ влияния защитных пластов // Научн.тр./ ВНИМИ. – 1965. – № 64. – С. 193-207.
40. Кузнецов Н.В., Дутов М.У. Исследование физико-механических свойств горных пород шахты Западно-Донбасская №4 и песка в качестве закладочного материала // Уголь. – 1973. – №4. – С.5-7,
41. Лелека В.И. Результаты шахтных исследований режимов работы выемочного оборудования при отдельной выемке угля и породы // Механизация производственных процессов на шахтах, разрабатывающих тонкие угольные пласты. – Донецк, 1983. – С.72-84.
42. Либерман Ю.М., Хаимова-Мялькова Р.И. Методика расчета напряжений и деформаций угольного пласта при различных способах управления кровлей. – М.:ИГД А.А. Скочинского, 1960. – 28 с.
43. Макаревич Ю.С., Ткаченко А.Г., Бабенко П.С. Результаты шахтных испытаний механизированной крепи для очистных и закладочных работ // Уголь. – 1989. – №7. – С.34-36.
44. Малоотходная технология добычи угля / В.Е. Жуков, В.В. Выстороп, А.М. Колчин, Е.В. Григорюк. – К.:Техніка, 1984. – 144 с.
45. Марков М.А. О селективной выемке и отдельной транспортировке угля и породы на шахте "Центральная" ПО "Красноармейскуголь": Информационное письмо. - Донецк: ЦБНТИ Минуглепрома СССР, 1989. –4 с.
46. Миняфаев В.Р., Солодовников В.Ф. Анализ закладочных работ при выемке крутых пластов щитовыми агрегатами // Уголь Украины. – 1990. – №4. – С. 12-16.
47. Мищенко Н.В. Опыт расконсервации низкосолевых запасов угля под центральной частью г.Донецка. – Донецк: ЦБНТИ Минуглепрома СССР, – 1989. – 4 с.
48. Муллер Р.А. Влияние горных выработок на деформацию земной поверхности. – М.: Углетехиздат, 1958. – 76 с.

49. Немировский Ю.В., Миренков В.Е. Напряженное состояние массива горной породы с горизонтальной выработкой при наличии закладки // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1973. – №3. – С.3-10.
50. Область и рациональный объем применения струговой выемки на шахтах Украины / В.Я. Резниченко, В.И. Корнев, Л.Н. Мурлян, А.А. Левшин // Технология очистных работ на угольных шахтах, разрабатывающих тонкие пласты. – Донецк, 1980, – С.11-16,
51. Опыт применения закладки выработанного пространства на шахтах Западного Донбасса / В.И. Сулаев, Н.П. Овчинников, В.П. Расстрига, В.С. Фальштынский // Тез. докл. Всесоюзн. научн.-техн. конф., г. Кривой Рог, 26-28 марта 1991 г. – Кривой Рог: НИГРИ, 1991. – С.42-43.
52. Орлов А.А., Самков В.М., Шаталов В.Н. Регламентация основных параметров механизированных крепей // Уголь. – 1984. – №4. – С.30-33.
53. Парфенчук Ю.А., Гришкин В.О. Технологические схемы добычи с полной закладкой выработанного пространства и оставлением пустых пород в шахте // Тез. докл. IX республ. научн. техн. конф. молодых специалистов и ученых, г. Кохтла-Ярве, 18-19 мая 1989 г. – Кохтла-Ярве, 1989. – С.7.
54. Петренко С.Я., Кривченко А.А. Пути снижения выхода породы на угольных предприятиях УССР // Уголь Украины. – 1989. -№11. – С.39-42.
55. Применение метода конечных элементов к задачам механики горных пород / Ержанов Ж.С., Каримбаев Т.Д., Лаптев В.Н., и др. – Алма-Ата, 1975. – С.24.
56. Природоохранная технология отработки тонких пологих пластов при различных системах разработки / Ю.И. Кияшко, Н.П. Овчинников, В.П. Расстрига, В.И. Сулаев // Тез. докл. Всесоюзн. научн.-техн. конф., г. Кривой Рог, 26-28 марта 1991 г. – Кривой Рог: НИГРИ, 1991. – С.38-39.
57. Проблема подработки пойм рек в Западном Донбассе / И.Г. Лисица, Г.Т. Василенко, А.И. Воронин и др. // Уголь Украины. –1974. –№3. – С.8-10.
58. Провести научно-исследовательские, экспериментально-конструкторские и поисковые работы по созданию выемо-закладочного комплекса для пластов пологого залегания 0,95...1,3 м: Отчет о НИР / Донецкий гос. проектн.-констр. и эксперим. ин-т комплексной механизации шахт (Донгипроуглемаш); Зав.отделом Н.К.Бужин. – № ГР 80040206; Инв. № 0282.0059625. – Донецк, 1981. – 41 с.
59. Прогрессивные технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах. ч. II: Пояснительная записка. – М.:ИГД А.А. Скочинского, 1979. – 247 с.
60. Пророченко В.И., Федосенко Н.А., Овчинников В.Ф. Оставление породы в шахте - важнейшая народнохозяйственная задача // Уголь Украины. – 1989. – №6. – С.9-11.
61. Проявкин К.Т., Левкович П.В., Чаленко Н.Е. О направлениях технологии выемки тонких пологих пластов // Совершенствование техники и

технологии очистных работ на угольных шахтах Украины. – Донецк, 1976. – С. 3-12. – /тр.ДонУГИ; №63/.

62. Проявкин Е.Т. Основные направления технологии и комплексной механизации выемки угля на тонких и весьма тонких пологих пластах // Комплексная механизация и автоматизация подземной добычи угля. – М.:1975. – С. 98-106.

63. Пугаченко А.Н., Иванов Ю.М. Проблемы развития закладочного хозяйства // Уголь. – 1988. – №3. – С.21-23.

64. Разработать предложения по выемке запасов угля в Западной части Донбасса под рекой Самарой с закладкой выработанного пространства: Отчет о НИР / Днепр-ский горн. ин-т (ДГИ); Руководитель О.В. Колоколов. – №ГР 7705649; Инв. № Б652989. – Днепропетровск, 1977. – 70 с.

65. Разработать технологические схемы пневматической закладки при выемке пологих угольных пластов с применением механизированных комплексов КМЗ-130, КМЗ-88: Отчет о НИР / Всесоюзн. научн.-иссл. и проект.-констр. уголь. ин-т (КНИУИ); Руководители А.Е. Байкенжин, Э.С.Оганезов. - № ГР 77046355; Инв. № 5650444. – Караганда, 1977. – 69 с.

66. Разработать технологические схемы пневматической закладки при выемке угольных пластов механизированными комплексами типа КЗМ-130, КМЗ-88, КЗД, КГСЗ, КПЗ, АСКВ: Отчет о НИР / Донецкий научн. - иссл. Угольный ин-т (ДонУГИ); Руководитель В.Е. Жуков. – №ГР 76068342; Инв.№5641082. – Донецк, 1977. – 116 с.

67. Разработать технологию возведения закладочных массивов, обеспечивающих эффективную отработку запасов под г. Карагандой. Отчет о НИР / Всесоюзн. научн.- иссл. и проектн. – констр. угольн. ин-т (КНИУИ); Руководитель Э.С. Оганезов. – №ГР 76069767; Инв. №6873498. – Караганда, 1980. – 86 с.

68. Разработка и внедрение технологии на базе комплексной механизации очистных работ для отработки пласта сланца мощностью 1,4-1,8 м в условиях шахты "Каширская" ПО "Ленинградсланец": Отчет о НИР / ИГД им. А.А. Скочинского. Эстонский филиал; Руководитель Н.И.Павлов. – №ГР 01860098181; Инв.№0827.0005362. – Кохтла-Ярве, 1986. – 48 с.

69. Разработка и внедрение технологии пневматической и гидравлической закладки при выемке угольных пластов механизированными комплексами КМЗ-130, КМЗ-87у, КВЗ, КГСЗ, КПЗ, АСКВ: Отчет о НИР / Ин-т горн.дела им. А.А. Скочинского (ИГД им. А.А. Скочинского); Руководители М.И. Бесков, Г.М. Золотарев. - № ГР 76049478; Инв. № Б963815. -М., 1980. - 13 с.

70. Разработка технологических схем отработки тонких пологих пластов с закладкой присекаемых пород в выработанное пространство / В.И. Сулаев, А.Г. Кошка, А.Н. Ульянич, И.А. Кияшко // Тез. докл. IX республ. научн. - техн. конф. молодых специалистов и ученых, г.Кохтла-Ярве, 18-19 мая 1989 г. – Кохтла-Ярве, 1989. – С.32-33.

71. Рудь А.М. О создании средств безлюдной выемки угля // Уголь. – 1982. – №6. – С.55-56.

72. Рыжков Ю.А., Волков А.Н., Гоголин В.А. Механика и технология формирования закладочных массивов. – М.: Недра, 1985. – 191 с.
73. Савостьянов А.В., Ключков В.Г. Управление состоянием массива горных пород: Учебное пособие. – К.: УМКВО, 1992. – 276 с.
74. Савостьянов А.В. Теоретические основы управления состоянием массива горных пород / Дн-ский горн. ин-т. – Днепропетровск, 1984. – 219 с. – Деп. в УкрНИИТИ 1984. №389Ук-84.
75. Савостьянов А.В. Управление состоянием массива горных пород / Дн-ский горн. ин-т. – Днепропетровск, 1984. – 164 с. – Деп. в УкрНИИТИ 1984, №383Ук-84.
76. Сапицкий К.Ф., Бондаренко Ю.В., Гомаль И.И. Безлюдная скрепероструговая выемка пологих пластов с частичной закладкой // Уголь Украины. – 1982. – №3. – С.10-11.
77. Сапицкий К.Ф., Ивашенко В.Д., Носач А.К. О рациональной технологии выемки пластов в Западном Донбассе с сохранением природной среды // Уголь Украины. – 1974. – №2. – С.5-7.
78. Саратикянц С.А. Совершенствование техники и технологии на шахтах Донбасса // Уголь. – 1979. – №7. – С.11-14.
79. Сдвижение горных пород как изгиб слоев с поперечным сдвигом / Кандалов Н.Н., Лабазон В.Г., Петухов И.А. и др. // Научн. тр. / ВНИМИ. – 1975. – №96. – С.3-12.
80. Слесарев В.Д. Разработка свиты пластов. – М.: Углетехиздат, 1954. – 184с.
81. Смолдырев А.Е. Технология и механизация закладочных работ. – М.:Недра, 1974. – 328 с.
82. Сургай Н.С., Сошенко А.И. Охрана гражданских, промышленных и природных объектов от вредного влияния горных работ в Донбассе // Уголь. – 1988. – №6. – С.18 - 22.
83. Сулаев В.И., Кияшко И.А. Обоснование возможности использования присекаемых боковых пород очистного забоя в качестве закладочного материала // Тез. докл. IX республ. научн.- техн. конф. молодых специалистов и ученых, г. Кохтла-Ярве, 18-19 мая 1989 г. – Кохтла-Ярве, 1989. – С.50-51.
84. Сулаев В.И., Кошка А.Г. Селективная отработка пластов с закладкой присекаемых пород в выработанное пространство // Тез. докл. VIII республ. научн.-техн. конф. молодых специалистов, г. Кохтла-Ярве, 5-6 июня 1986 г. – Кохтла-Ярве, 1986. – С. 67.
85. Сулаев И.П. Исследование залипания ленточных конвейеров в условиях шахт Никопольского марганцевого бассейна: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.06. - Днепропетровск, 1976.
86. Тарасенко В.В. Основные направления решения проблемы оставления породы в шахтах Донбасса // Уголь Украины. – 1984. – №4. – С. 5-7.
87. Техническое перевооружение угольных шахт / С.А. Саратикянц, Ю.Б. Батманов, Е.Н. Братков и др. // Под общ. ред. А.Ф. Остапенко. - К.: Техника, 1984. – 148 с.

88. Технологические схемы возведения закладочных массивов, обеспечивающих эффективную отработку запасов под охраняемыми объектами центрального района Донбасса. Ч.П.: Пояснительная записка. – М.: ИГД А.А. Скочинского, 1983. – 79 с.

89. Технология раздельной отработки весьма тонких пологих пластов с закладкой выработанного пространства / И.А. Кияшко, Н.П. Овчинников, В.П. Сердюк, А.Г. Кошка, В.П. Расстрига, В.И. Сулаев, А.Н. Ульянич // Изв. вузов. Горный журнал. – 1990. – №2 – с. 17-20.

90. Ульянич А.Н. Обоснование производственной мощности вольной шахты: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.15.02. - Днепропетровск, 1990.

91. Ульянич А.Н., Сулаев В.И., Овчинников Н.П. Исследование влияния различных технологий отработки тонких и весьма тонких пологих пластов на производственную мощность шахты // Тез. докл. Всесоюзн. научн.-техн. конф., г. Москва, 2-4 фев.1989 г. – М., 1969. - С.50.

92. Участие в проведении опытной эксплуатации технологии пневматической закладки при выемке угольных пластов комплексом типа АСКВ: Отчет о НИР / Ин-т горн. дела им. А.А. Скочинского (ИГД им. А.А. Скочинского); Руководители М.И. Весков, Г.М. Золотарев. – № ГР 76049478; Инв. №Б824074. – М., 1979. – 21 с.

93. Федунец Б.И., Симонов В.М. Эффективность отработки пологих пластов. – М.: Недра, 1982. – 177 с.

94. Филиппов В.М., Скляр П.Т., Кипнис Ш.Ш. Справочник мастера ОТК угольного предприятия. – М.: Недра, 1987, – 296 с.

95. Фисенко Л.Г. Некоторые вопросы сдвижения горных пород при разработке глубоких горизонтов угольных шахт // Исследование проявлений горного давления на глубоких горизонтах. – Л.: Недра, 1971. – С.337-346.

96. Фисун А.П. Оработка маломощных пластов в Макеевском горнопромышленном районе // Уголь Украины. – 1981. – №5. – С.7-8.

97. Фосс К.Х. Оборудование и эксплуатация лав с пневматической закладкой // Глюкауф. - 1987. – №7. – С.3-8.

98. Чаповский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов: Учеб. пособие. – 4-е изд., исправл. и доп. – М.: Недра, 1975. – 304 с.

99. Чубенко П.Ф., Петренко И.В., Шор Б.С. Экономическая эффективность оставления породы в шахтах // Уголь Украины. – 1989. – №1. – С.18-19.

100. Шэламберидзе Ф.Ф. Совершенствование управления геомеханическими процессами / Под ред. А.Е. Видулина. – М.:Недра, 1984. –184 с.

101. Шахтные исследования технологии селективной отработки тонких пологих пластов / А.Г. Кошка, В.П. Сердюк, В.И. Сулаев, И.А. Кияшко // Тез. докл. IX республ. научн.-техн. конф. молодых специалистов и ученых, г. Кохтла-Ярве, 18-19 мая 1989 г. – Кохтла-Ярве, 1989. – С.47-48.

102. Шмидт К.Л. Применение механизированной крепи в лавах с пневматической закладкой на шахтах компании "БАГ Липпе" // Глюкауф. – 1984. – №3. – С.18-21.

103. Якоби О. Практика управления горным давлением. Пер. с нем. – М.: Недра, 1987. – 566 с.

104. Яковлев Н.И. О разработке пластов с закладкой выработанного пространства // Уголь. – 1983. – №7. – С.29-34.

105. А.с. 640028 СССР, МКИ³Е21 С 41/04. Способ выемки тонких пологих пластов угля / А.С. Кузмич, К.П. Бетанели, М.М. Красносельский, Н.Е. Жук (СССР). – №2446994/22-03; Заявлено 26.01.77; Опубл. 30.12.78. Бюл. № 48.

106. А.с. 1694932 СССР, МКИ³Е21F 15/08. Устройство для дистанционного соединения секций закладочного трубопровода / И.А. Кияшко, В.И. Сулаев, Н.П. Овчинников, В.П. Расстрига (СССР). – №4757094/03; Заявлено 09.11.89.; Опубл. 30.11.91. Бюл. № 44.

107. А.с.1513145 СССР, МКИ³Е21С 41/04, В65С 19/00. Устройство для транспортирования присекаемой породы в выработанное пространство / И.А. Кияшко, Н.П. Овчинников, А.Г. Кошка, Г.А. Сидоренко, В.И. Сулаев, В.Н. Шабрацкий (СССР). – №4371562/23-03; Заявлено 17.11.87.

108. Технология селективной отработки тонких угольных пластов [Текст]: моногр./ В.И. Бузило, А.Г. Кошка, В.П. Сердюк и др. – Д.: Национальный горный университет, 2012. – 138 с.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ..... | 4 |
| 1.1. Состояние и актуальность вопроса..... | 4 |
| 1.2. Анализ работ, посвященных обработке тонких пластов с закладкой выработанного пространства..... | 11 |
| 1.3. Цель, задачи и методы исследование..... | 26 |
| ГЛАВА 2. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ ТОНКИХ ПЛАСТОВ С ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА..... | 20 |
| 2.1. Общие положения..... | 22 |
| 2.2. Аналитические исследования параметров технологии по фактору горного давления..... | 22 |
| 2.2.1. Объект аналитических исследований..... | 22 |
| 2.2.2. Выбор метода расчета напряженно-деформированного состояния массива горных пород..... | 23 |
| 2.2.3. Результаты аналитических исследований..... | 26 |
| 2.3. Геометрические параметры технологических схем..... | 43 |
| 2.3.1. Ширина закладываемой полосы..... | 43 |
| 2.3.2. Длина лавы..... | 46 |
| 2.4. Режимные параметры технологии..... | 56 |
| Выводы..... | 59 |
| ГЛАВА 3. ШАХТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ ТОНКИХ ПЛАСТОВ С ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА..... | 61 |
| 3.1. Общие положения..... | 61 |
| 3.2. Характеристика условий и места испытаний технологии..... | 61 |
| 3.3. Характеристика объекта исследования..... | 61 |
| 3.4. Основные положения методики проведения исследований..... | 64 |
| 3.5. Исследования проявлений горного давления в рабочем пространстве лавы и в закладочном массиве..... | 66 |
| 3.5.1. Смещения боковых пород..... | 66 |
| 3.5.2. Вывалообразование в рабочем пространстве лавы..... | 70 |
| 3.5.3. Силовые параметры механизированной крепи..... | 73 |
| 3.6. Исследования проявлений горного давления в прилегающих к лаве выработках..... | 78 |

| | |
|---|------------|
| 3.7. Режимные параметры и технико-экономические показатели технологии..... | 83 |
| 3.8. Анализ и оценка результатов исследований..... | 86 |
| Выводы..... | 87 |
| ГЛАВА 4. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОТРАБОТКИ ТОНКИХ ПЛАСТОВ С ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА..... | 89 |
| 4.1. Ограничения в применении технологии..... | 89 |
| 4.2. Обоснование возможности использования присекаемых пород очистного забоя в качестве закладочного материала..... | 90 |
| 4.2.1. Ситовый анализ присекаемой породы..... | 90 |
| 4.2.2. Адгезионные свойства закладочного материала..... | 92 |
| 4.2.3. Содержание горючих веществ в закладочном материале..... | 95 |
| 4.3. Требования, предъявляемые к технологическим схемам отработки пластов Западного Донбасса с закладкой и способы их реализации..... | 98 |
| 4.4. Обоснование основных конструктивных особенностей выемочно-закладочного комплекса..... | 100 |
| 4.5. Принципиальные технологические схемы отработки тонких пологих пластов с закладкой выработанного пространства..... | 105 |
| 4.6. Экономическая эффективность рекомендуемой технологии..... | 110 |
| Выводы..... | 111 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 113 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ..... | 115 |