

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,  
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ  
Государственное высшее учебное заведение  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



**В.И. БУЗИЛО, А.Г. КОШКА, В.П. СЕРДЮК,  
В.И. СУЛАЕВ, А.В. ЯВОРСКИЙ, Е.А. ЯВОРСКАЯ**

**ТЕХНОЛОГИЯ СЕЛЕКТИВНОЙ ОТРАБОТКИ  
ТОНКИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

**Монография**

**Днепропетровск**

**НГУ  
2012**

УДК 622.232  
ББК 33.31  
Т38

Рекомендовано до друку  
вченою радою Державного ВНЗ «НГУ»  
(протокол № 2 від 21 лютого 2012 р.)

**Рецензенти:**

- С.С. Гребьонкін** – доктор технічних наук, професор кафедри гірництва і транспорту Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Луганськ);
- В.І. Голінько** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри аерології та охорони праці ДВНЗ «Національний гірничий університет» (м. Дніпропетровськ).

**Технологія** селективної обробки тонких угольних пластів [Текст]:  
**Т38** моногр./ В.І. Бузило, А.Г. Кошка, В.П. Сердюк и др. – Д.: Национальный горный университет, 2012. – 13: с.

ISBN 978 – 966 – 350 – 349 - 3

Посвящено вопросам обоснования основных параметров и области применения технологии селективной обработки тонких и весьма тонких угольных пластов. В результате проведенных исследований определены основные параметры технологии селективной обработки тонких угольных пластов. Разработаны принципиальные схемы технологии селективной обработки пластов с присечками боковых пород, базирующейся на использовании существующей выемочной технологии.

Для студентов, инженерно-технических работников, сотрудников высших учебных заведений, научно-исследовательских институтов и проектных организаций угольной промышленности.

Ил. 44. Библиогр.: 102 назв.

УДК 622.232  
ББК 33.31

© В.І. Бузило, О.Г. Кошка, В.П. Сердюк,  
В.І. Сулаєв, А.В. Яворський,  
О.О. Яворська, 2012

© ДВНЗ «Національний гірничий  
університет», 2012

ISBN 978 – 966 – 350 – 349 - 3

## ВВЕДЕНИЕ

Перед угольной промышленностью Украины стоят две важнейшие проблемы, первая - всемерное развитие комплексной механизации, позволяющей значительно снизить себестоимость и трудоемкость угледобычи, и вторая - повышение качества добываемого угля. Эти проблемы, особенно на тонких пластах, вступают в противоречие, так как механизация их добычи сопровождается, как правило, вынужденной присечкой вмещающих боковых пород и, соответственно, ростом зольности угля - одного из основных показателей качества.

Ретроспективный анализ показывает, что зольность добываемых, отгружаемых и используемых углей в последние годы постоянно увеличивалась. А одной из основных причин такого положения является широкое распространение технологии валовой отработки пластов, которая приводит к значительному засорению добываемого угля присекаемыми пустыми породами.

Известным, но до сих пор недостаточно изученным, направлением улучшения качества угля является снижение его зольности непосредственно в процессе добычи – путем перехода с валовой на селективную технологию, предусматривающую отдельную выемку и транспортирование полезного ископаемого и пустых пород. Причем, если для пластов средней мощности такая технология разработана, а ее основные параметры в достаточной степени изучены и научно обоснованы, то для тонких пластов, обрабатываемых с присечками боковых пород, этот вопрос остается практически открытым. Отсутствие достаточных научных обоснований технологических параметров и принципиальных схем препятствует созданию более совершенной технологии и систем машин для обеспечения высокоэффективной отработки тонких и весьма тонких пластов. Поэтому решение этих вопросов является актуальной задачей, имеющей большее 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 и Львовско-Волинского угольного бассейна. Всем им авторы выражают искреннюю признательность и благодарность. Отдельная благодарность студентам Государственного ВУЗ «НГУ» Малашкевичу Д.С. и Аксенову Е.В. за помощь в оформлении монографии.*

# ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

## 1.1. Состояние вопроса

На шахтах Украины в пластах мощностью менее 1,2 м сосредоточено более 80% промышленных запасов, которые в основном представлены высококачественными коксующимися (30%) и энергетическими углями [12].

Для обеспечения потребностей в угле в разработку вовлекались и вовлекаются тонкие и весьма тонкие пласты [43, 60, 66, 84].

Средствами механизации отработки этих запасов, в основном являются очистные узкозахватные комбайны, применяемые с механизированной и реже, с индивидуальной крепью, а также струговые и скрепероструговые установки. На пластах мощностью менее 0,7 м выемка ведется в основном с присечками боковых пород, а на некоторых шахтах, обрабатывающих такие пласты без присечек – с использованием созданных более 50 лет назад широкозахватных комбайнов [12,73]. При этом среднесуточная нагрузка на забой в 2,5 раза ниже, чем в комплексно-механизированном забое, к тому же трудоемкость работ в таких лавах чрезвычайно высока.

Результаты поисков новых, в том числе нетрадиционных средств и способов отработки пологих угольных пластов мощностью менее 0,7-0,8 м не позволяют надеяться на их скорое внедрение в производство [51,68,77]. А тем временем на весьма тонких пластах все большее распространение получает комплексно-механизированная узкозахватная выемка. И, по мнению специалистов [6,61,77], в обозримом будущем механизированные комплексы при отработке пластов указанной мощности будут находиться вне всякой конкуренции. Однако механизированная крепь имеет ограниченную область применения. Так, в работах [19,48,70,93], нижняя граница ее применения оценивается в пределах 0,75...0,8 м. Анализ работы очистных забоев на шахтах Украины показывает, что фактические показатели нижнего предела вынимаемой мощности несколько выше и составляют для крепи комплекса КД80 - 0,95-1,0м, КМК97 - 0,90-1,0м, 1КД90-0,90-0,97 м, КМ103 - 0,90-0,95 м. То есть, введение в эксплуатацию комплексов нового технического уровня практически не позволило существенно увеличить область комплексно-механизированной выемки [102].

Струговая и скрепероструговая выемка, позволяющая обрабатывать пласты мощностью до 0,7 м без присечки боковых пород, по данным ДонУГИ [62] имеет ограниченную область применения, а именно: немногим более 21% очистных забоев шахт Украины. При этом согласно[62] практически все угольные пласты шахт Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна, в

силу различных обстоятельств, являются непригодными для их отработки стругами и скреперами.

Встретившись с трудностями комплексной механизации очистных работ на тонких пологих пластах, за рубежом пошли на значительное сокращение и даже полное прекращение добычи угля из таких пластов. Так, в Германии, несмотря на значительные запасы угля в тонких пластах (около 50%) [11, 49, 95], пласты мощностью менее 0,7 м не отрабатываются вовсе, а на пластах мощностью 0,7-1,0 м работает ограниченное количество очистных забоев [9, 29, 47, 66]. Все забои были оборудованы струговыми установками и мехкрепями щитового типа. Преимущественное распространение струговых установок на тонких пластах шахт Германии объясняется, прежде всего, наличием в отрабатываемых лавах мягких углей, хорошо поддающихся строганию, а также отсутствие узкозахватных комбайнов для пластов мощностью менее 0,8 м [11, 25]. Однако значительные запасы угля находятся в пластах, извлечение которых возможно только комбайнами. В связи с этим есть интерес к комбайновой выемке тонких пластов [11], в том числе и с присечками боковых пород [9,10].

В Великобритании к категории тонких относятся пласты мощностью до 0,91 м. На этих пластах работает около 8% общего количества лав [4,47], а добыча угля из них составляет 5-6% общей добычи, хотя в некоторых угольных районах страны запасы, сосредоточенные в тонких пластах, превышают 50% [12] от общих запасов. Тонкие пласты разрабатываются преимущественно очистными комбайнами с присечками боковых пород. Средняя величина присечки составляет 15-20 см, а вынимаемая мощность часто превышает 1м (1,03-1,07 м) [4,47]. При этом снижение стоимости 1т угля за счет его засорения присекаемой породой составляет 20% и более.

В Чехии тонкие пласты мощностью 0,8-1,2 м содержат почти 42% запасов высококачественного коксующегося угля, а добыча из этих пластов не превышает 18% [47,103]. Использование комбайнов, которые могут разрушать угли любой крепости, лимитируется минимальной мощностью (0,75-0,8 м). Поэтому вопрос механизированной добычи угля из пластов меньшей мощности остается нерешенным.

Как показал зарубежный опыт отработки тонких угольных пластов, современные средства комплексной механизации позволяют в благоприятных условиях эффективно разрабатывать пласты мощностью не менее 0,8 м (в комбайновых лавах). Причем, с ухудшением горно-геологических условий этот показатель увеличивается до 0,9-1,0 м. Так, в работе [16] отмечается, что благоприятные условия месторождений Великобритании позволяют использовать комбайн EDW170LN на пластах малой мощности, начиная с

0,85 м, в то время как для Рурского бассейна (Германия) при существующих здесь условиях применение этого комбайна на пластах мощностью менее 1 м без “прихватывания” вмещающих пород невозможно.

Оценивая изложенное выше, можно сделать вывод, что за рубежом нижняя граница применения механизированных крепей после многолетних усилий по ее снижению, установлена в размере 0,7 м для струговых лав [11,47] и 0,76-0,80 м [17,30] - для комбайновых, а пласты меньшей мощности практически не обрабатываются.

Некоторые специалисты считают, что и у нас в стране наиболее высокие показатели могут быть получены при полном прекращении разработки пологих пластов мощностью менее 0,8 м. Однако, как показал анализ выполненный в ДонУГИ [68,70], данное решение привело бы к уменьшению балансовых запасов в полях действующих шахт почти на 38%. При этом годовая добыча уменьшилась бы на 41 млн. т главным образом дефицитных марок угля. Чтобы компенсировать эту добычу за счет строительства новых шахт, потребовались бы значительные капитальные вложения и не менее 10-15 лет. Поэтому для обеспечения высокоэффективной отработки пластов мощностью менее 0,8 м рекомендовалось [22,65,70,78,93] применение технологии валовой выемки с присечкой боковых пород, которая и получила в последние годы широкое распространение на тонких и весьма тонких пластах.

На шахтах Украины с присечками работало до 300 лав в год [20], а среднегодовой прирост зольности угля за счет присечек превышал 0,4%. При переходе на комплексную механизацию зольность добываемой горной массы постоянно возрастала, в результате чего ее объем увеличился более чем на 10 млн. т. [66]. Засорение угля вмещающими породами от присечек в Западном Донбассе и Львовско-Волынском угольном бассейне достигало соответственно 19,4 и 5,7% [61].

Рост засорения угля породой является одной из главных причин ухудшения использования производственных мощностей и технико-экономических показателей работы шахт Украины. К тому же постоянный рост зольности углей, поступающих на обогатительные фабрики, за счет засорения его вмещающими породами, оказывает негативное влияние на процессы обогащения. В результате выход товарных углей сократился на 10,4%, одновременно возросла их зольность с 12,9 до 16,4%; выход концентрата уменьшился на 8,1%, а его зольность повысилась с 9,3 до 16,3% [38, 41]. В свою очередь, снижение качества отгруженной шахтами и обогатительными фабриками продукции приводит к ухудшению основных показателей работы потребителей. Поэтому особо остро стоит вопрос сокращения объемов выдаваемой из шахт совместно с углем породы. Неотложная необходимость его

решения диктуется как технико-экономическими требованиями, так и требованиями снижения непроизводительных затрат при добыче угля, его транспортировании и обогащении.

Из года в год увеличиваются средства, выделяемые на охрану окружающей среды, поскольку число терриконов непрерывно растет, создавая сложную проблему их обслуживания и ликвидации. Только на территории Донбасса их насчитывается более 1300, из которых многие горят, загрязняя воздушное пространство [8,27]. Выдаваемая из шахт порода занимает громадные территории земель, пригодные для сельского хозяйства. В Донбассе общая площадь земель, занятых под отвалы, превышает 3000 га [5]. На обслуживание транспорта породного комплекса отвлекаются большие людские и материальные ресурсы (40% электровозов и вагонеток, 35% рабочих подземного транспорта) [87]. На выдачу 1 т породы на поверхность и ее складирование расходуются значительные средства, как финансовые, материальные, так и людские [90]. Кроме того, на каждую тонну угля выдается на гора до 0,3 т породы [97].

На извлечение из недр совместно с топливом такого количества минеральной массы расходуются колоссальные материальные и трудовые ресурсы. Уже сейчас шахты практически достигли предельных возможностей по выдаче породы на поверхность [87]. Если не принять мер, направленных на прекращение роста объема выдаваемой породы, а затем на постепенное его снижение, породная проблема станет фактором, который будет оказывать определяющее влияние не только на развитие горной промышленности, но и на нормальное функционирование шахт.

Одной из основных причин увеличения общего объема выдаваемой на поверхность породы является широкое распространение валовой отработки тонких и весьма тонких угольных пластов с присечками боковых пород.

В угольной промышленности нашей страны, как и в ряде зарубежных стран, проводятся работы, направленные на сокращение выдачи породы, или, где это технически возможно, на внедрение технологических схем, обеспечивающих работу шахт без выдачи породы на поверхность [24,25,32,57,58,82,92]. Предлагаемая нами технология селективной отработки тонких и весьма тонких угольных пластов [35,42,86], обеспечивающая раздельную выемку и транспортировку угля и присекаемой породы, является одной из таких схем. Она позволяет использовать присекаемую породу для закладки выработанного пространства лав, улучшить качество добываемого угля и повысить основные технико-экономические показатели работы угольных предприятий.

## **1.2. Анализ работ, посвященных отработке тонких пластов с присечками боковых пород.**

Одной из важнейших проблем при отработке тонких и весьма тонких угольных пластов является обеспечение высокого качества добываемого угля, основным показателем которого служит его зольность. В последние годы она постоянно увеличивается, что не в последнюю очередь связано с широким распространением валовой выемки пластов с присечками боковых пород [46,53,61]. Основными преимуществами такой выемки является относительная простота технологии и организации работ, возможность создания и применения механизированных комплексов упрощенной конструкции и большой мощности, лучшие пространственные условия труда и др. [69,96]. Однако, она имеет и целый ряд недостатков, к которым относятся: снижение скорости подачи и производительности комбайна, увеличение расхода режущего инструмента и что самое главное - значительное засорение добываемого угля, которое приводит к резкому ухудшению его качества, увеличению грузопотока и соответственно затрат по шахте и на поверхности, дополнительным трудностям на обогащение и складирование пустых пород и пр. [68,69,96].

Анализируя работы, посвященные поискам рациональных технологий механизированной отработки тонких и весьма тонких пологих пластов, можно выделить три основные группы авторов. Одни [14,70,93] считают валовую выемку с присечкой боковых пород панацеей от всех бед, высказываясь за ее целесообразность, они обосновывают это экономической необходимостью отработки тонких и весьма тонких пластов, в которых сосредоточена львиная доля запасов, а также технологическими и техническими преимуществами валовой выемки. Для ликвидации основного недостатка этой технологии, а именно значительного повышения зольности добываемого угля, предлагают расширить существующие или построить новые обогатительные фабрики. При этом не принимаются во внимание величины присечек. А ведь как следует из работ [20,41,85], возможности обогащения тоже не беспредельны. Бесконтрольное и недостаточно обоснованное увеличение присечек и соответственно зольности добываемого угля приводит и резкому ухудшению работы обогатительных фабрик и других потребителей продукции угольной промышленности [20,31,38,63]. Поэтому при решении вопроса выбора технологии отработки пластов необходимо учитывать величины присечки боковых пород, так как этот параметр имеет первостепенное значение для определения рациональных областей валовой и селективной выемки.

В последние годы значительно возросли затраты на транспортировку пустых пород и их обогащение [31], ухудшилось качество добываемого угля и



концентрата [20,85] и пр. Сегодня с полной уверенностью можно сказать, что распространение комплексной механизации на тонкие и весьма тонкие угольные пласты не принесло ожидаемых результатов. Нагрузки на комплексно-механизированные лавы в последнее время упали и в ряде случаев уже не превышают нагрузок на лавы с индивидуальной крепью, к тому же качество добываемой в них горной массы в несколько раз хуже. А ведь эту горную массу нужно еще выдать на поверхность, перевезти на обогатительную фабрику и обогатить, удалив и складируя уже на поверхности пустую породу. То есть, прежде чем отгрузить продукт своего труда потребителю, горнякам необходимо приложить дополнительно колоссальное количество энергии, людских ресурсов и материальных затрат. Чтобы избежать этого, в Государственном ВУЗ «Национальный горный университет», ДонУГИ, Донгипроуглемаше и Днепрогипрошахте велись и ведутся работы над созданием эффективной технологии селективной отработки тонких и весьма тонких угольных пластов, позволяющей отделить уголь от присекаемых пустых пород уже в процессе добычи.

Возвращаясь к выделенным выше группам авторов, отметим, что вторая группа [7,71,80,82,91] высказывается за необходимость создания выемочной техники, вписывающейся в мощность отрабатываемого пласта, и ликвидацию присечек как основного фактора засорения добываемого угля. С последним замечанием трудно не согласиться, однако необходимо отметить, что при современном уровне развития горнодобывающей техники ликвидировать присечки сами по себе невозможно. На создание новой техники, вписывающейся в маломощные пласты, уйдут многие годы, тогда как вовлекать в разработку тонкие и весьма тонкие угольные пласты, особенно в Донбассе, необходимо уже сейчас. С этой точки зрения технология селективной отработки является экономически наиболее целесообразной, так как базируется на использовании в основном существующих комплексов очистных машин и позволяет ликвидировать если не присечки, то засорение угля от них.

Третья группа авторов [31,33,96] высказывается за необходимость поиска так называемой «золотой середины» мощности присечки, обеспечивающей наименьшие затраты при добыче, а также качество, отвечающее требованиям потребителей, обосновывая это тем, что не всегда полная ликвидация присечек является наилучшим вариантом.

По нашему мнению в этих утверждениях есть логика, однако для условий отработки тонких и весьма тонких угольных пластов не всегда можно ограничить присечку так называемой «золотой серединой». Это объясняется тем, что минимальная величина присечки лимитируется в основном минимально возможной вынимаемой мощностью пласта, вследствие чего

величина «необходимой» присечки очень часто превышает экономически целесообразную «золотую середину».

С нашей точки зрения, для обеспечения качества добываемого угля на каком-то заданном уровне целесообразнее найти рациональные объемы применения валовой и раздельной выемки для условий конкретной шахты. То есть для пластов указанной мощности целесообразнее определить наиболее эффективный вариант соотношения валовой и раздельной выемки в лавах с присечками, а не искать трудноосуществимые, а подчас практически неосуществимую «золотую середину» присечки для этих лав.

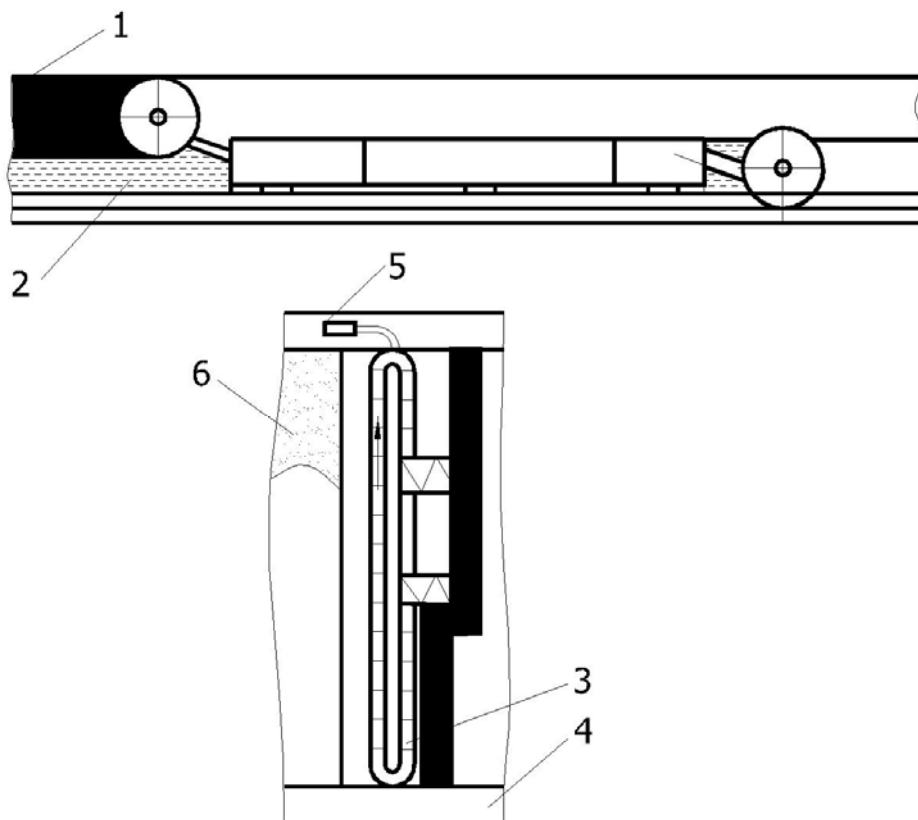
Мысль о раздельной выемке полезного ископаемого и пустых пород не нова. Наиболее широкое распространение эта идея получила при отработке пластов средней мощности, содержащих прослойки пустых пород. Так, на некоторых шахтах производственного объединения «Карагандауголь» [34], а также в «дальнем зарубежье», применялась последовательная выемка пачек угля и породы сверху вниз, по порядку их расположения, серийно выпускаемыми комбайнами. На сланцевых месторождениях [72] применялся способ выемки с первоначальным извлечением сланца и последующим - при обратном ходе комбайна, извлечением породного прослойка. При этом отмечалось значительное улучшение качества добываемого полезного ископаемого за счет ликвидации его разубоживания породами прослойков.

В конце 60-х - начале 70-х годов были созданы специальные комплексы и комбайны для селективной отработки пластов сложного строения [39], которые позволили вести одновременную выемку всех пачек пласта. Однако промышленные испытания этих машин не дали положительных результатов.

Для тонких угольных пластов, обрабатываемых с присечками боковых пород, известны разрозненные варианты различных технологических схем раздельной выемки. Так, в ИГД им. А.А. Скочинского [99] был предложен способ селективной отработки пласта очистным комбайном с разнесенными исполнительными органами (рис. 1.1).

При этом выемку угля и породы по длине очистного забоя производят раздельно с одновременным их транспортированием в очистном забое параллельными потоками при последующей доставке угля в транспортную выработку, а породы - в выработанное пространство.

Целью этого предложения является улучшение качества добываемого угля. Однако для его реализации в лаве необходимо иметь конвейер с горизонтально разнесенными ветвями, который практически невозможно скомпоновать с механизированной крепью. К тому же возникают дополнительные сложности при управлении работой очистного комбайна через став конвейера и пр.



*Рисунок 1.1 – Способ селективной отработки тонкого угольного пласта (ИГД им. Скочинского): 1 - угольный пласт; 2 - присекаемая порода; 3 - конвейер; 4 - транспортная выработка; 5 - закладочная машина; 6 - закладываемая бутовая полоса*

В КНИУИ [34] разработаны способы селективной отработки тонких пластов с ложными кровлями (рис. 1.2, а) и слабыми почвами (рис. 1.2, б) механизированными комплексами КМК-97 и 1МКМ, с очистным комбайном 1К101.

Технология работ предусматривает отдельную выемку угля и присекаемых боковых пород за два прохода комбайна. В случае присечки пород ложной кровли их предварительную выемку (рис. 1.2 а) производят на мощность, в которую вписываются серийные или специально уменьшенные исполнительные органы комбайна. Присечку пород почвы производят после выемки угольного пласта, при обратном проходе комбайна (рис. 1.2 б).

Донгипроуглемашем [37] предложена технология селективной отработки маломощных пластов, при которой разрушение угля, присечку и переброску породы к закладочной машине осуществляют в лаве за два хода комбайна - прямой и обратный (рис. 1.3).

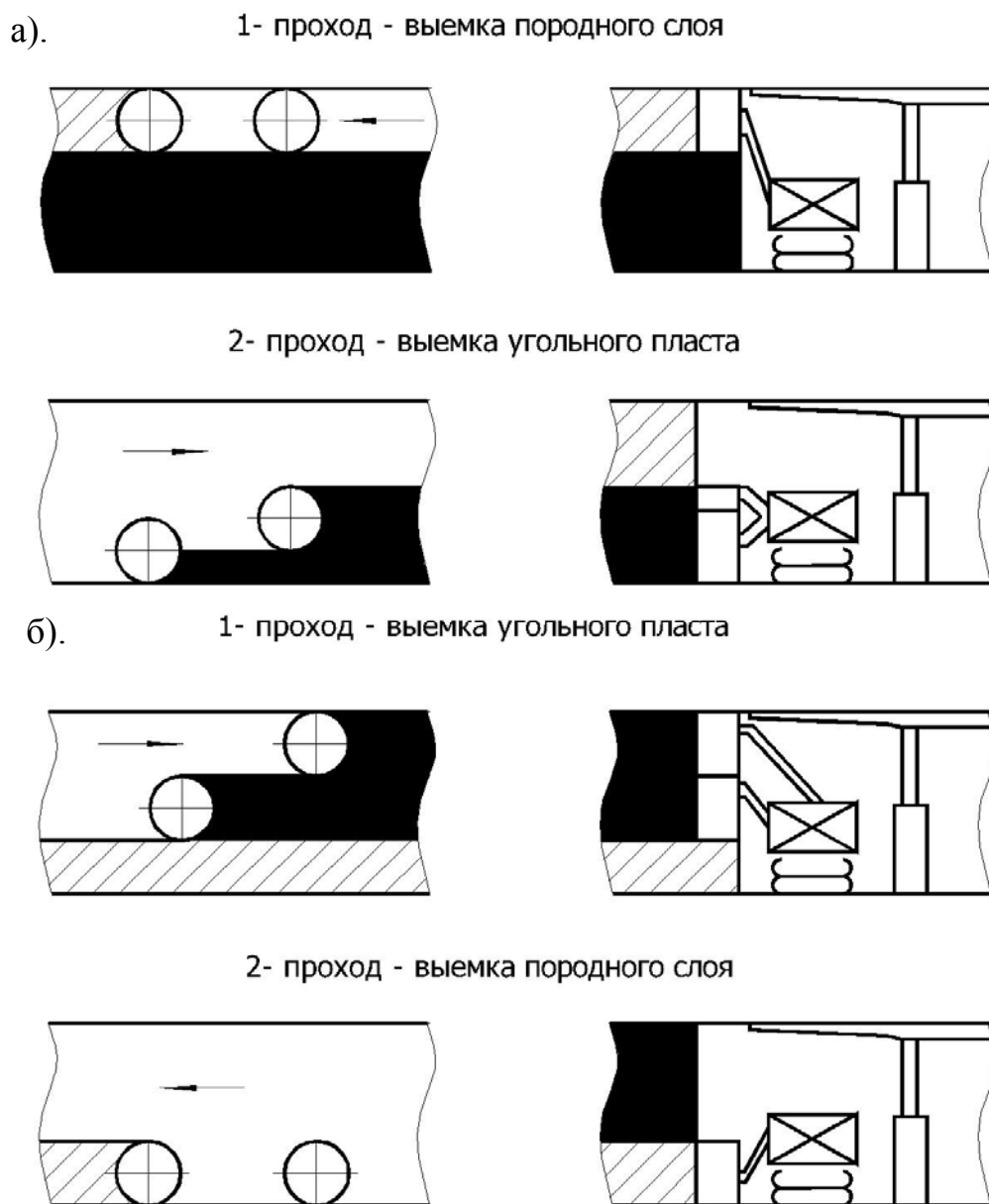
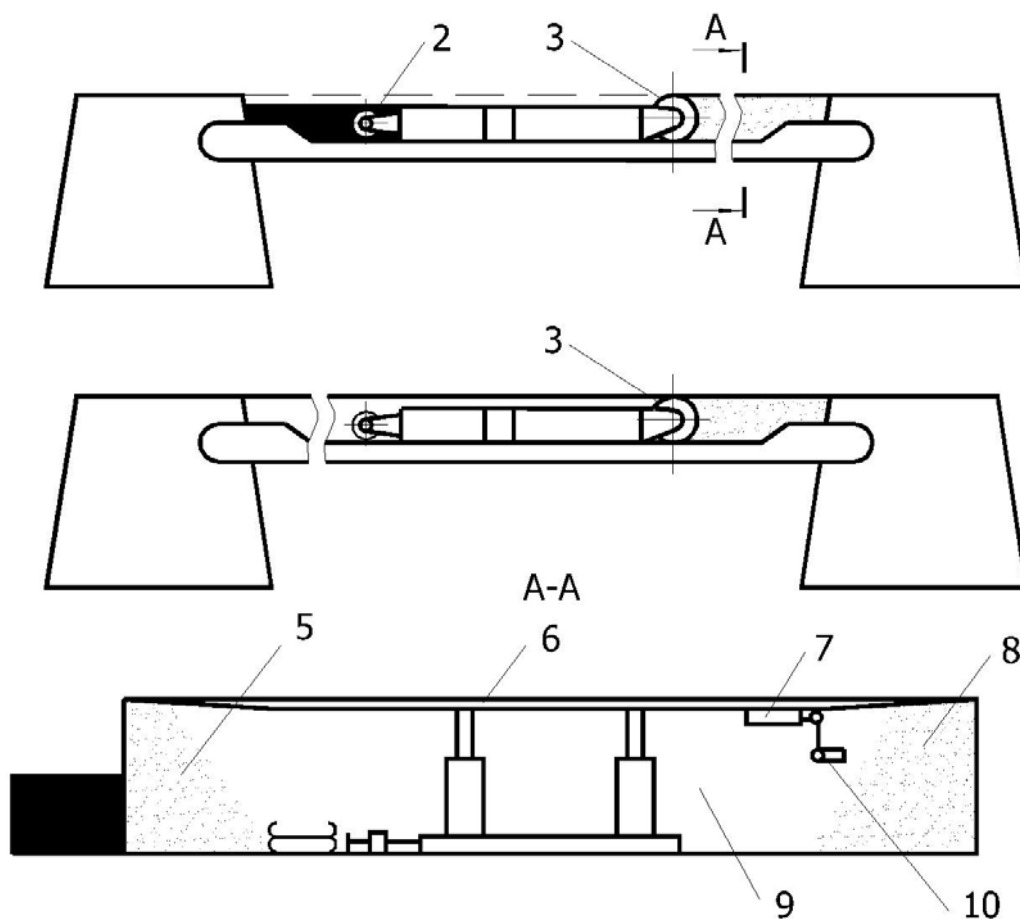


Рисунок 1.2 – Способ селективной отработки угольного пласта (КНИУИ):  
 а) - с ложными кровлями; б) - со слабыми почвами

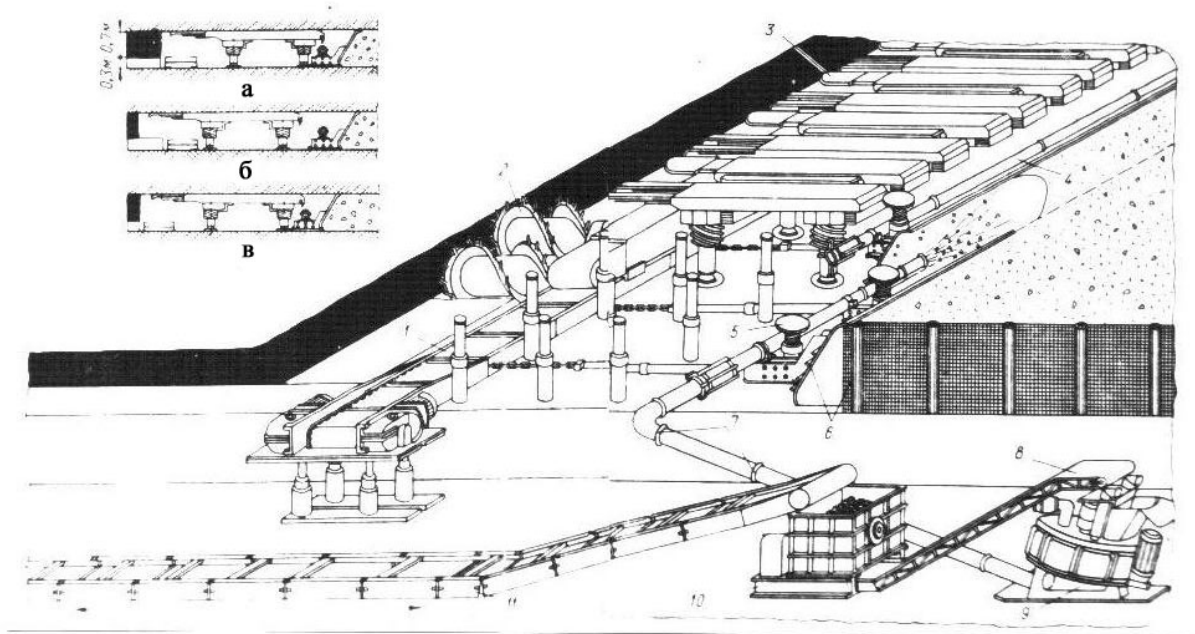


*Рисунок 1.3 – Технология селективной отработки маломощных пластов (Донгипроуглемаш): 1 - очистной комбайн; 2 - опережающий (угольный) шнек; 3 - отстающий (породный) шнек; 4 - конвейер; 5 - призабойное пространство; 6 – механизированная крепь; 7 - гидродомкрат; 8 - закладочный массив; 9 – околобутовое пространство; 10 - закладочный трубопровод*

При прямом ходе комбайна отбойка угля и погрузка его на конвейер осуществляются передним (угольным) шнеком, ступенчато регулируемым по мощности пласта. Одновременно производится присечка кровли или почвы задним (породным) шнеком и измельченная порода складировается в призабойном пространстве. При перегоне комбайна в исходное положение погрузку заскладированной породы на забойный конвейер осуществляют обоими шнеками. Порода доставляется к закладочной машине и закладывается в выработанное пространство спаренной лавы.

В ДонУГИ, начиная с середины 70-х годов, велись работы по обоснованию рациональных областей применения валовой и селективной технологий отработки тонких и весьма тонких угольных пластов с присечками боковых пород по сравнению с существующей широкозахватной выемкой. Были отмечены положительные и отрицательные стороны новой технологии, базирующейся на использовании механизированных комплексов КМК97 и

“Донбасс”. Технологией селективной отработки предусматривалась последовательная выемка очистным комбайном вначале угля, а затем породы [54]. При этом породу предлагалось оставлять в выработанном пространстве с помощью закладочного комплекса, установленного на откаточном штреке. Позднее, в 80-х годах такая технология (рис. 1.4) проверялась на шахтах “Суходольская”, ш/у им. Лютинова (объединение “Краснодонуголь”) и № 21 (“Советскуголь”).



*Рисунок 1.4 – Технология селективной отработки пластов (ДонУГИ)*

В результате выполненных исследований подтверждена принципиальная возможность осуществления раздельной выемки угля и присекаемых пород с закладкой породы в выработанное пространство пневмоспособом. Однако при этом был сделан вывод о том, что процесс выемки пласта существующими очистными комбайнами со шнековыми исполнительными органами неэффективен, а сама технология имеет весьма ограниченную область применения. Что касается закладки породы в выработанное пространство, то проверка в шахтных условиях передвижного трубопровода и технологии закладочных работ показала, что принятые технологические решения в основном отвечают предъявляемым требованиям и могут явиться основой для создания специального закладочного оборудования [54].

Таким образом, исследования ДонУГИ показали, что вопрос разработки эффективной технологии селективной выемки тонких и весьма тонких пластов остается практически открытым. Это обстоятельство объясняется в первую

очередь тем, что работы велись без должного научного обоснования. Анализ выполняемых работ и обзор литературных источников показал, что при разработке и внедрении технологии селективной отработки тонких угольных пластов с присечкой пород почвы [34,37,99] и ложной кровли [34,76], практически только в работах ДонУГИ [52,54] были проведены комплексные исследования отдельных параметров новой технологии, а в основном же они остаются мало изученными. Пока что нет единого мнения даже относительно минимальной для конкретного типа механизированной крепи, вынимаемой мощности пласта. А этот параметр является одним из основных при отработке тонких и весьма тонких пологих пластов, так как определяет величину присечки в лаве и, соответственно, влияет на выбор технологии. До сих пор не разработаны принципиальные схемы технологии селективной отработки тонких и весьма тонких угольных пластов. Не решен вопрос определения рациональных областей и объемов применения валовой и раздельной выемки тонких угольных пластов с присечками боковых пород. Известные методики [59,67,78,79,83] не учитывают особенностей селективной отработки и ее основных параметров. А это не позволяет оценить экономически целесообразные области и объемы применения различных технологий для условий конкретной шахты, выбрать наиболее эффективные схемы выемки пласта и пути утилизации присекаемых боковых пород, определить рациональные пути погрузки добываемой шахтой продукции с учетом ее качества. Наиболее полно эти и другие вопросы рассмотрены для условий отработки пластов средней мощности с прослойками пустых пород [1,2,3,40,88]. Однако имеющиеся разработки не могут быть использованы в чистом виде, при совершенствовании технологии и обосновании основных параметров процессов отработки тонких пластов с присечками боковых пород, так как и сама технология и условия ее применения различны.

### **1.3. Актуальность вопроса**

В Западном Донбассе и Львовско-Волынском бассейне три четверти общих запасов угля сосредоточено в пластах мощностью менее 1,0 м. Диаграммы распределения запасов по мощности пластов приведены на рис. 1.5; здесь же отмечены области применения существующей выемочной техники.

Диапазон мощностей 0,5...0,65 м отрабатывался лавами, оснащенными морально устаревшими широкозахватными комбайнами (КЦТГ).

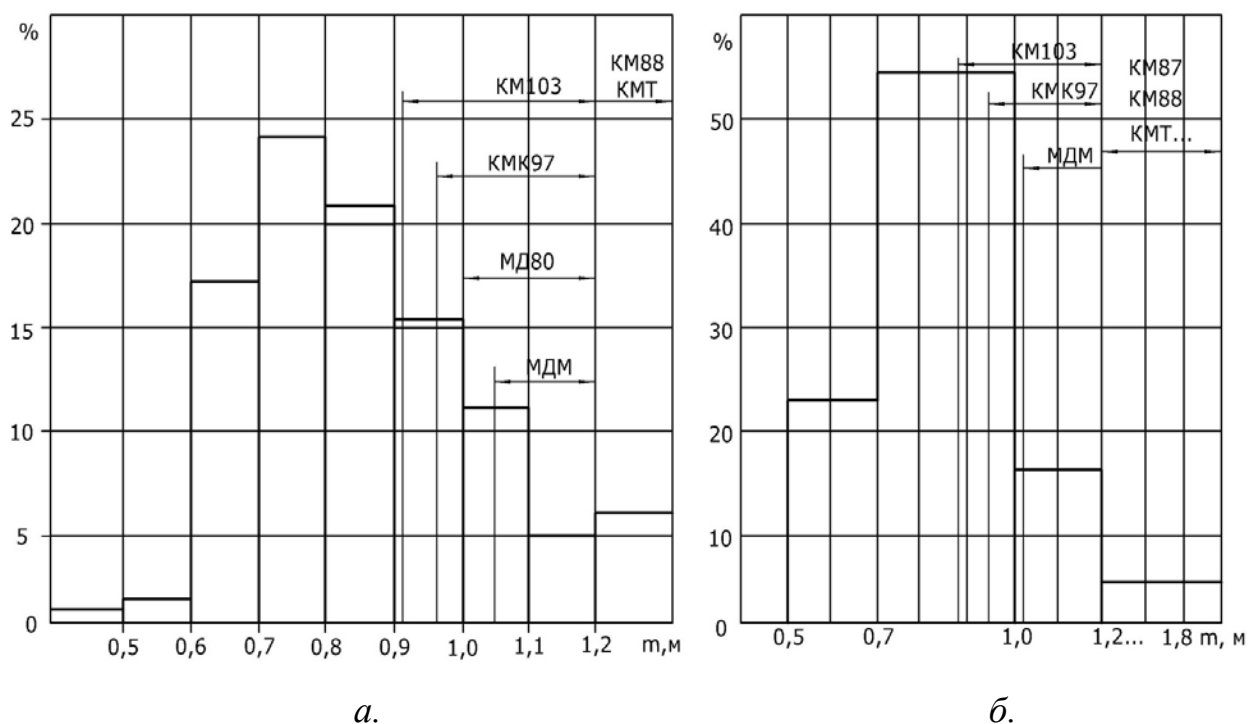


Рисунок 1.5 – Диаграммы распределения запасов по мощности пластов на шахтах: а. – Западного Донбасса; б. – Львовско-Волынского бассейна

Такая технология характеризуется относительно низкой производительностью и высокой трудоемкостью работ. На пластах мощностью 0,65...1,0 м широкое распространение получили механизированные комплексы КД80, КД90, КМ103 и КМК97 (с комбайнами КА80, КА90 или 1К101УД). Для устойчивой работы и обеспечения возможности обслуживания этих комплексов в условиях шахт указанных угледобывающих регионов вынимаемая мощность пласта должна быть не менее 0,90...1,05 м.

Как используемые ранее, так и внедряемые комплексы нового технического уровня, в том числе и зарубежного производства типа DBT, Ostroy и др., могут отрабатывать пласты с минимальной мощностью 0,9...1,1 м. При обработке угольных пластов меньшей мощности производят вынужденную присечку боковых пород. В отдельных случаях присечки достигают 40...50 см и являются основной причиной засорения добываемого угля. В период внедрения комплексной механизации объемы горной массы, добываемой в лавах с присечками, как и общее количество таких лав, из года в год увеличивались. Динамика их роста, на примере шахт Западного Донбасса, показана на рис. 1.6. Здесь в 1978 г. с присечками работало 48 лав, которые выдавали немногим более 50% общей добычи. В 1986 году их было уже 116 и выдавали они около 80% добычи объединения «Павлоградуголь». Соответственно, росла и зольность добываемой горной массы (в 1978 г. - 33,5%, в 1986 г. - 43,9%), в отдельных лавах она составляет 60 и более процентов, при пластовой 8-12%. Общее засорение угля достигло 32%, в том



числе около 25% за счет присечек пород кровли или почвы пласта.

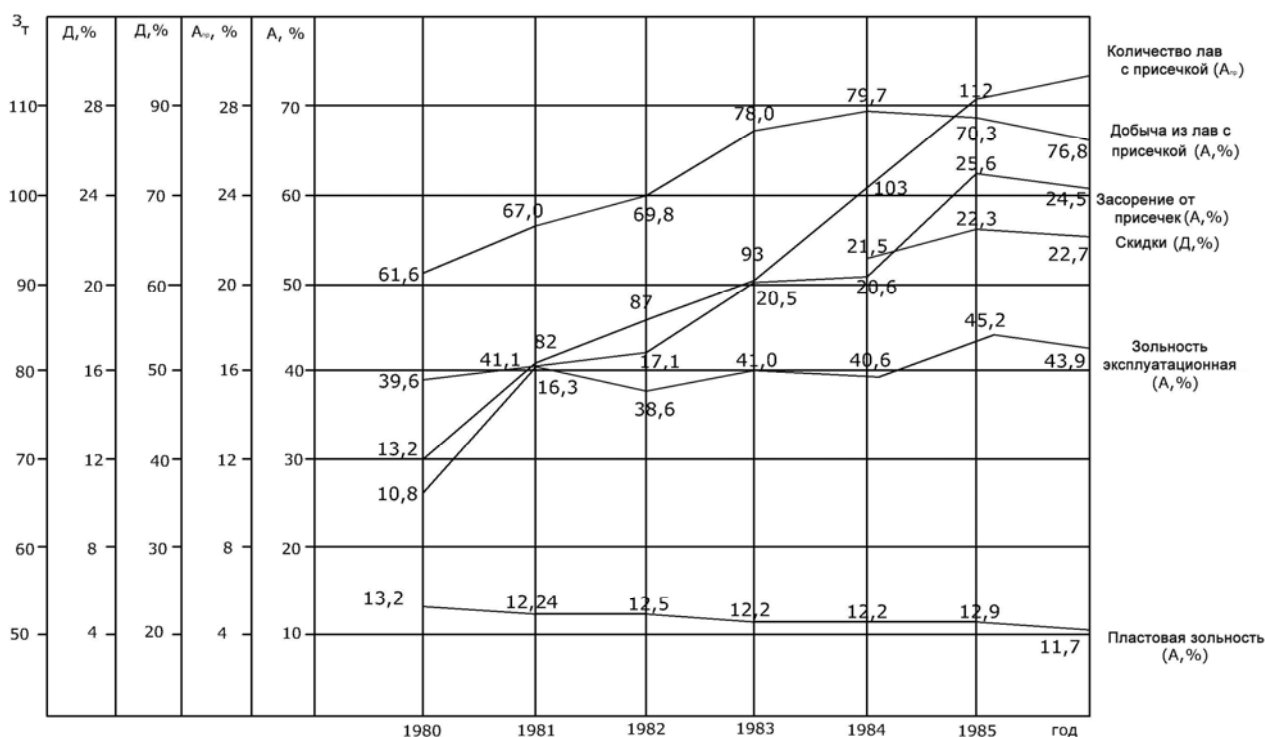


Рисунок 1.6 – Динамика показателей работы лав с присечками боковых пород на шахтах Западного Донбасса при внедрении комплексной механизации

Аналогичная ситуация сложилась и на шахтах Львовско-Волынского бассейна (рис. 1.7).

Рост зольности отрицательно влияет на основные показатели работы шахт и в первую очередь на прибыль и рентабельность. Одновременно ухудшается качество продуктов обогащения и сокращается их выход, увеличиваются затраты на обогащение и транспортирование дополнительных объемов пустых пород. Так, за время с 1980 по 1986 год зольность горной массы, поступающей на ЦОФ “Павлоградская” и “Червоноградская”, увеличилась соответственно на 9,8% и 6,4%, а себестоимость обогащения 1т концентрата возросла с 20,47 руб./т до 30,14 руб./т и с 12,31 руб./т до 19,25 руб./т.

В связи с увеличением зольности растут скидки с добываемой горной массы, так как за каждый процент превышения плановой зольности снимают 2,5% добычи. Практически с каждой шахты, отрабатывающей пласты мощностью менее 1,0 м, потребители снимают добычу одной-двух лав, а по объединению скидки “съедают” добычу одной-двух шахт. Так, например, в 1986 г. по ПО “Павлоградуголь” скидки составили около 2,5 млн. т или 22,7% общей добычи, а в ПО “Укрзападуголь”, соответственно, 2,2 млн. т и 17,3%.

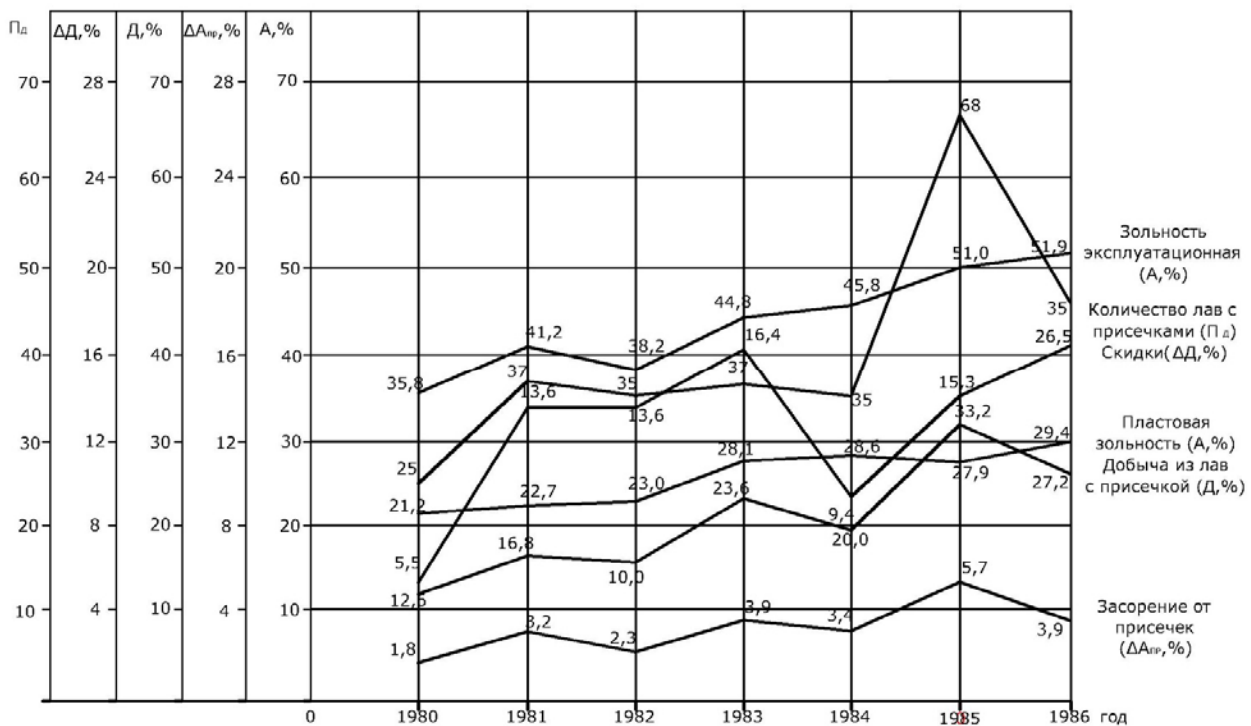


Рисунок 1.7 – Динамика показателей, работы лав с присечками боковых пород на шахтах ПО “Укрзападуголь”

Все это говорит о необходимости решения вопроса разработки новых технологий, позволяющих обрабатывать такие угольные пласты ( $m \leq 1,0$  м) без засорения угля пустыми породами. Такая технология, приемлемая для рассматриваемых условий разработана НГУ совместно с Гипроуглемашем, Донгипроуглемашем, Днепрогипрошахтом и ДонУГИ.

Технология позволяет устранить три негативные тенденции в работе горнодобывающей промышленности, а именно: повысить качество добываемой продукции, эргономичность и экологичность всего горного производства. К тому же она даст возможность вовлечь в обработку весьма тонкие угольные пласты, отнесенные к забалансовым запасам, что продолжит срок службы ряда шахт. А это является немаловажным фактором как для рассматриваемых, так и для других угледобывающих районов.

### Выводы

Анализ технической и патентной литературы показал, что вопрос селективной обработки тонких угольных пластов в отличие от пластов средней мощности до сих пор остается малоизученным. Те немногочисленные работы, которые посвящены этому вопросу, были направлены в основном на создание отдельных схем раздельной выемки пластов без обоснования их параметров в

области применения.

На основе анализа рассмотренных источников и фактического состояния дел на производстве установлено главное направление работы - научно-техническое обоснование основных параметров технологии селективной отработки тонких угольных пластов, разработка на их основе принципиальных схем новой технологии и установление рациональных областей и объемов применения различных схем выемки применительно к конкретным условиям шахт.

Цель работы – установление новых закономерностей и зависимостей, необходимых для обоснования основных параметров и области применения технологии селективной отработки тонких угольных пластов.

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

- выполнить научно-техническое обоснование основных параметров процессов очистных работ в лавах с присечками боковых пород;
- разработать принципиальные схемы технологии селективной отработки тонких и весьма тонких угольных пластов;
- установить фактические параметры технологий валовой и селективной отработки пластов с присечками боковых пород;
- разработать метод расчета рациональных областей и объемов применения различных технологий отработки пластов в конкретных условиях шахт.

Для решения поставленных задач использован комплексный метод исследований, включающий аналитические и натурные исследования, экономико-математическое моделирование с использованием компьютерной техники.

## ГЛАВА 2. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОЙ ОТРАБОТКИ ПЛАСТОВ

### 2.1. Общие положения

На шахтах Украины в состав балансовых запасов включаются угольные пласты мощностью от 0,5 м и выше. На действующих шахтах, разрабатывающих шахтопласты с углами падения до 35°, балансовые запасы угля категории А+В+С<sub>1</sub> составляют около 9,2 млрд. т. Из них примерно 17% сосредоточено в пластах мощностью более 1,2 м, 46% - в пластах мощностью 0,8...1,2 м и 37% - в пластах менее 0,8 м. Кроме того, около 2,6 млрд. т запасов угля отнесены к забалансовым по мощности.

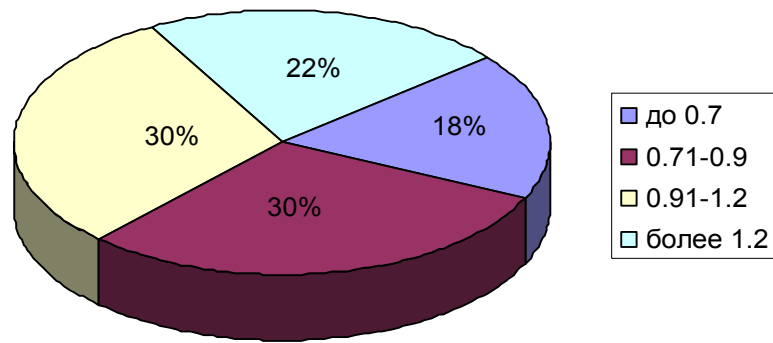
Таким образом, основная часть балансовых запасов угля порядка 7,6 млрд. т или 83%, сосредоточена в пластах мощностью до 1,2 м, в том числе 3,2 млрд. т (42%) в пластах мощностью менее 0,8 м.

Около 90% всех балансовых запасов угля залегает в пластах с углами падения до 18°. Распределение пологонаклонных (до 35°) шахтопластов по мощности и углам падения представлено в табл. 1.1 и на рис.1. Данные табл. 2.1 и рис. 2.1 свидетельствуют, что из общего количества шахтопластов - 566 или 77,8% мощностью до 1,2 м, в том числе 129 или 17,7% - до 0,7 м., 71,2% шахтопластов имеют углы падения до 15°, из них более половины (52,7%) – до 10°.

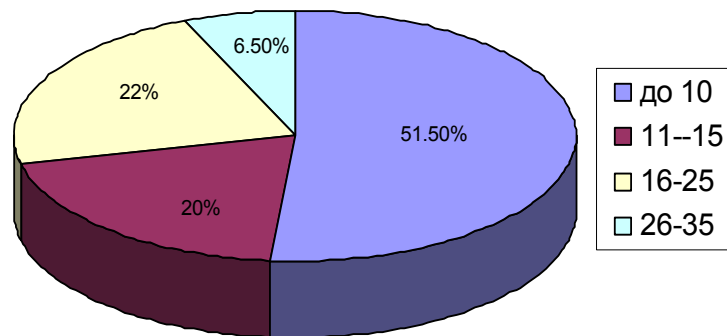
Таблица 2.1 – Распределение пологонаклонных (до 35°) шахтопластов Украины по углам падения и мощности

Мощность пласта, м.															
До 0,7				0,71-0,9				0,91-1,2				Свыше 1,2			
Угол падения пласта, град..															
до 10	10-15	15-25	25-35	до 10	10-15	15-25	25-35	до 10	10-15	15-25	25-35	до 10	10-15	15-25	25-35
<i>Украинский Донбасс</i>															
69	20	29	10	100	40	49	9	93	45	55	11	58	40	26	19
<i>Львовско-Волынский бассейн</i>															
1	-	-	-	18	-	-	-	17	-	-	-	19	-	-	-
<i>Всего по шахтам Украины</i>															
70	20	29	10	118	40	49	9	110	45	55	11	77	40	26	19

а)



б)



*Рисунок 2.1 – Распределение шахтопластов Украины по мощности (а) и углам падения (б)*

Проанализировав качественный и количественный состав запасов угля на шахтах Украины можно сказать, что проблема эффективной отработки тонких угольных пластов на шахтах Украины была и остается весьма актуальной. Особо остро эта проблема стоит в Западном Донбассе, где основной объем балансовых запасов угля сосредоточен в пластах мощностью менее 1 м.

В данной главе выполнено обоснование основных параметров технологии отработки тонких пологих пластов с присечками боковых пород и разработаны принципиальные схемы селективной выемки тонких и весьма тонких угольных пластов. Первая задача решена аналитически с использованием по каждому рассматриваемому вопросу ряда известных и новых методических положений. К исследованию приняты следующие параметры: минимальная и максимальная мощность присечки, скорость подачи комбайна, коэффициент машинного времени, производительность комбайна, удельные энергозатраты и зольность добываемого угля. В результате получены основные параметры селективной технологии отработки тонких угольных пластов. Проанализирована их зависимость от мощности присекаемых пород и применяемой технологии. Основные исходные данные, характерные для условий шахт Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна, приведены в табл. 2.2.



## **2.2. Назначение и основные особенности технологии**

Технология селективной отработки тонких и весьма тонких пологих и наклонных пластов предназначена для повышения качества угля, добываемого в лавах с присечками боковых пород, а также расширения области применения существующих комплексов очистных машин с целью эффективной отработки угольных пластов мощностью 0,4...0,9 м.

Под селективной отработкой подразумевается раздельная во времени или пространстве выемка угольного пласта и присекаемой породы с раздельным транспортированием полезного ископаемого и пустых пород. Технология базируется на использовании практически всех существующих механизированных комплексов, а также разработанного сотрудниками кафедры подземной разработки НГУ, совместно с ДонУГИ и “Донгипроуглемашем” комплекса “Западный Донбасс” (МКЗД). Входящие в состав этих комплексов очистные узкозахватные комбайны могут отрабатывать, если это экономически целесообразно, угольные пласты практически любой мощности.

Использование существующей горной техники делает технологию достаточно гибкой, а именно: - дает возможность в любой момент перейти от раздельной выемки к валовой и наоборот, без каких-либо дополнительных затрат в лаве. Однако технология имеет и свои негативные стороны. Так, увеличиваются затраты времени на выполнение одного цикла работ в лаве, а при оставлении пород в выработанном пространстве – возрастает и трудоемкость работ.

Наиболее приспособленными для раздельной выемки угольного пласта и присекаемых боковых пород являются очистные комбайны с разнесенными шнековыми исполнительными органами, такие как 1К103, 1К101УД, УКД 200-250 и др. Конструкция этих комбайнов позволяет отрабатывать пласты как за два, так и за один проход комбайна.

## **2.3 Обоснование основных параметров технологии отработки тонких и весьма тонких угольных пластов с присечками боковых пород**

### **2.3.1 Минимальная и максимальная величины присечек боковых пород**

Минимальная величина присечки  $m_{\text{пр.мин}}$  регламентируется нижним пределом применения данной конструкции крепи  $m_{\text{мин}}$  и мощностью угольного пласта:

$$m_{np.min} = m_{min} - m_y \quad (2.1)$$

Нижний предел применимости крепи по мощности пласта можно определить из выражения:

$$m_{min} = h_{min}^{kp} + h_p + \Delta h \quad (2.2)$$

где  $h_{min}^{kp}$  - минимальная конструктивная высота механизированной крепи (в сложенном виде), м;  $h_p$  - запас гидравлической раздвижности для разгрузки стоек крепи, м (для пластов мощностью менее 1,0 м принимается равным 0,030 м, более 1,0 м - 0,05 м);  $\Delta h$  – величина опускания кровли на уровне задней стойки секции крепи, м.

При решении поставленной задачи ряд авторов, принимая постоянными величинами  $h_{min}^{kp}$  и  $h_p$ , не сходятся во мнении при определении  $\Delta h$ , Одни из них [15] предлагают определять средние значения величины опускания кровли в призабойном пространстве, полученные путем фактических замеров на линии задних стоек крепи при подвигании данной или соседней лавы на 10...20 м, другие [23, 26] для определения  $\Delta h$  предлагают использовать формулу:

$$\Delta h = \alpha \cdot m \cdot R, \quad (2.3)$$

полученную на основании статистической обработки большого числа наблюдений и позволяющей определить среднюю величину опускания кровли с учетом мощности пласта, класса пород и ширины призабойного пространства. Авторы [18,28,56,64,81] по разному решая вопрос определения величины  $\Delta h$ , сходятся в том, что для установления  $m_{min}$ . необходимо принимать не средние, а максимальные величины опускания кровли.

Исследования проявлений горного давления в лавах шахт Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна, выполненные сотрудниками НГУ, и анализ полученных результатов показывает, что использование в расчетах усредненных величин опускания кровли в большинстве случаев неправомерно. При определении  $m_{min}$  необходимо принимать максимальные значения  $\Delta h$ .

Исследованиями ВНИМИ [64] установлено, что опускание кровли в призабойном пространстве лав с механизированными крепями поддерживающего типа на пологих угольных пластах наиболее точно описывается зависимостью:

$$\Delta h = 0,01 \cdot (\alpha - \beta P + c e^{-nP}) \cdot R m e^{-\frac{k}{t}} \quad (2.4)$$

где:  $\alpha, \beta, c, n, k$  - постоянные коэффициенты, определяемые эмпирически [64];  $P$  - сопротивление крепи, кН/м<sup>2</sup>;  $R$  – расстояние по ширине призабойного пространства от забоя до заднего ряда стоек, м;  $m$  – мощность пласта, м;  $t$  - время нахождения кровли в призабойном пространстве лавы, час.



Данное выражение выгодно отличается от выражения (2.3) тем, что учитывает влияние, оказываемое на величину  $\Delta h$ , сопротивления крепи и времени нахождения кровли в призабойном пространстве лавы. Преобразуя формулу (2.4), обозначив значение, заключенное в круглой скобке  $(\alpha - \beta P + ce^{-nP})$  через  $k_{кр}$  - коэффициент, учитывающий сопротивление крепи в заданных горно-геологических условиях, получим:

$$\Delta h = 0,01 \cdot k_{кр} \cdot R m e^{-\frac{k}{t}}. \quad (2.5)$$

Рассчитав значение  $k_{кр}$  для принятых условий и механизированных крепей, получим:

- для МК97 и МК97М -  $k_{кр} = 6,298$ ;
- для КД80 и КД90 -  $k_{кр} = 5,705$ ;
- для КМ103 -  $k_{кр} = 5,381$ .

Значения  $\Delta h$ , полученные расчетным путем из выражения (2.5) для конкретных горно-геологических и горнотехнических условий, приведены в табл. 2.2. В этой же таблице приведены обработанные результаты замеров фактических величин опускания кровли, проведенных в лавах тонких угольных пластов, оснащенных механизированными комплексами очистных машин. Как видно из табл. 2.2, в большинстве случаев максимальные величины фактического опускания кровли с учетом подштыбовки превышают их расчетные значения примерно на 10% мощности пласта. Следовательно, для определения  $\Delta h$  можно использовать выражение:

$$\Delta h = 0,1m + 0,01k \frac{k}{t}. \quad (2.6)$$

Подставив полученное значение в формулу (2.2) и произведя преобразования, получим:

$$m_{min} = \frac{h_{min}^{кр} + h_p}{0,9 - 0,01k_{кр} \cdot R e^{-\frac{k}{t}}}. \quad (2.7)$$

В расчетах [15,23,26,28] и др. значение числителя выражения (2.7) принимали равным минимальной конструктивной высоте крепи (в сдвинутом положении) с учетом запаса гидравлической раздвижности для разгрузки стоек. Однако применительно к механизированным крепям, предназначенным для отработки тонких пологих пластов, такой подход не совсем обоснован. Ведь в этом случае главным и необходимым условием является обеспечение проходов для людей и очистного комбайна.

В работе ДонУГИ [70] отмечается, что минимальная высота прохода в секциях механизированной крепи на пологих пластах только из условия

перемещения должна быть не менее 500 мм. По данным физиологических исследований, выполненных в ДонУГИ, при такой высоте прохода сам процесс перемещения человека относится к категории тяжелого физического труда.

Для того чтобы можно было не только перемещаться в крепи комплекса, но и выполнять работы по его обслуживанию и ремонту, высота прохода в секциях механизированной крепи на пологих пластах должна быть не менее 550-600 мм [70].

Речь идет не о создании каких-то комфортных условий в лаве (хотя к этому нужно стремиться), а об обеспечении элементарных условий труда шахтеров. Можно заметить, что табличные значения минимальной высоты крепи в сдвинутом положении, принимаемые в расчетах, для условий отработки тонких пологих пластов не всегда отвечают указанным требованиям, а именно не обеспечивают необходимого прохода для людей и выемочных машин.

По нашему мнению, в числитель выражения (2.7) целесообразно ввести значение  $H_{min}$ , которое наряду с конструктивными параметрами крепи учитывало бы высоту, необходимую для прохода выемочной машины, а также физиологические параметры - высоту пролаза в секции крепи. К учету следует принимать максимальные значения  $m_{min}$ , рассчитанные с учетом названных выше параметров, по выражению:

$$m_{min} = \max \left\{ \frac{(h^k + h_3)k_i; (h_{min}^{np} + h_{nep})k_2; (h_{min}^{kp} + h_p)k_3}{0,9 - 0,01k_{кр} R_i e^{-\frac{k}{t}}} \right\}, \quad (2.8)$$

где:  $h^k$  - высота корпуса комбайна, м;  $h_3$  - необходимая величина зазора между корпусом комбайна и перекрытием крепи, м;  $h_{min}^{np}$  - минимальная высота прохода в секциях крепи, м;  $h_{nep}$  пер - суммарная толщина перекрытия и основания крепи, м;  $k_i, k_2, k_3$  - коэффициенты, учитывающие применяемые в расчетах параметры.

Выразив значение  $t$  - времени нахождения кровли в призабойном пространстве, через технологические параметры: скорость подачи комбайна, коэффициент машинного времени, длину лавы и др., получим:

$$m_{min_i} = \max \left\{ \frac{(h^k + h_3) \cdot k_i; (h_{min}^{np} + h_{nep})k_2; (h_{min}^{kp} + h_p)k_3}{0,9 - 0,01 \cdot k_{кр} \cdot R_i \left( 1 - \frac{T_{см} \cdot r \cdot V \cdot k_M}{2R_i \cdot l} \right)} \right\}, \quad (2.9)$$

Таблица 2.3 – Теоретические и фактические величины опускания кровли в исследуемых лавах

Объединение, шахта	Лава	Символ пласта	Тип комплекса	Средняя мощность, м		Опускание кровли, мм	Теоретич. значения максим. опускан. кровли по ВНИМИ, мм	Величина подштыбровки, мм	Фактическое опускание кровли с учетом подштыбровки мм	Максим. колеб. опускан. кровли, % от выним. мощности
				Уголь ного пласта	Вынимаемая					
Западный Донбасс	665	$C_6$	КМК97	0,81	0,95	112-138	147	50-105	162-238	9,6
	505	$C_5$	КД80	0,80	1,1	148-188	174	50-105	198-293	10,8
	617	$C_6$	КД80	0,82	1,1	151-182	162	50-100	201-282	11,0
	623	$C_6$	КМК97	0,98	0,98	119-137	152	50-105	169-242	9,1
	632	$C_6$	КД80	0,80	1,0	130-164	186	50-120	180-284	9,8
Львовско-Вольнский бассейн	21	$n_7^8$	КМК97	0,67	0,97	87-176	147	30-70	117-240	10,2
	24	$n_7^8$	КМК97	0,95	0,95	75-168	157	40-80	115-248	9,6
	17	$n_7$	1КМ103	0,70	0,95-1,0	9-189	179	50-100	146-289	11,0

где:  $r$  - ширина захвата исполнительного органа комбайна, м;  $V$  - скорость подачи комбайна, м/мин;  $T_{см}$  - время смены, мин;  $k_m$  - коэффициент машинного времени;  $l$  - длина лавы, м.

Полученное выражение, в отличие от известных учитывает максимальную конвергенцию боковых пород в лаве, влияние силовых параметров крепи и основных параметров применяемой технологии, в том числе фактора времени. Это позволяет повысить точность расчетов для условий отработки пластов Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна.

Искомая величина минимальной присечки  $m_{np\ min}$  равна:

$$m_{np\ min} = m_{min\ i} - m_y. \quad (2.10)$$

Максимальная величина присечки  $m_{np\ max}$  регламентируется верхним пределом применимости данной конструкции крепи  $m_{max}$  и мощностью угольного пласта

$$m_{np\ max} = m_{max} - m_y. \quad (2.11)$$

Верхний предел применимости крепи по мощности пласта определяется из выражения:

$$m_{max} = h_{max}^{kp} + \Delta h_n, \quad (2.12)$$

где:  $h_{max}^{kp}$  - максимальная конструктивная высота механизированной крепи, м;  $\Delta h_n$  - опускание кровли на уровне передней стойки крепи, м.

Выполнив преобразования, аналогичные предыдущим (при определении  $m_{min}$ ), получим:

$$m_{max} = \frac{h_{max}^{kp}}{1 - 0,01h_{kp} \cdot R_n \left( 1 - \frac{T_{см} \cdot r \cdot V \cdot k_m}{2R_n \cdot l} \right)}, \quad (2.13)$$

где:  $R_n$  - расстояние по ширине призабойного пространства от забоя до переднего ряда стоек, м.

Тогда величина максимальной присечки  $m_{np\ max}$  равна:

$$m_{np\ max} = \frac{h_{max}^{kp}}{1 - 0,01 \cdot k_{kp} \cdot R_n \left( 1 - \frac{T_{см} \cdot r \cdot V \cdot k_m}{2R_n \cdot l} \right)} - m_y. \quad (2.14)$$

В случае работы с закладкой присекаемых пород в выработанном пространстве лавы максимальные величины присечек ограничиваются возможным объемом закладки и определяются по выражению:

$$m_{np\ max} = \frac{(m_y + \Delta h_3) \cdot l_3 \cdot k_{n3}}{l - l_3 \cdot k_{n3}}, \quad (2.15)$$

где:  $\Delta h_3$  - опускание кровли на уровне задней стойки крепи, при закладке выработанного пространства, м;  $l_3$  - часть лавы, закладываемая присекаемой породой, м;  $k_{nz}$  - коэффициент, учитывающий плотность закладки.

Рассчитанные по выражениям (2.10, 2.14) величины минимальных и максимальных присечек боковых пород в лавах шахт Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна, оборудованных очистными механизированными комплексами, приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4 – Величины минимальных и максимальных присечек боковых пород при отработке пластов мощностью 0,6; 0,7 и 0,8 м

Тип комплекса	Львовско-Волынский бассейн						Западный Донбасс					
	0,6		0,7		0,8		0,6		0,7		0,8	
	$m_{пр. min}$	$m_{пр. max}$	$m_{пр. min}$	$m_{пр. max}$	$m_{пр. min}$	$m_{пр. max}$	$m_{пр. min}$	$m_{пр. max}$	$m_{пр. min}$	$m_{пр. max}$	$m_{пр. min}$	$m_{пр. max}$
Валовая выемка												
1КМ103	0,27	0,56	0,17	0,46	0,07	0,36	0,30	0,60	0,20	0,50	0,10	0,40
КД-80	0,37	0,67	0,27	0,57	0,17	0,47	0,38	0,72	0,28	0,62	0,18	0,52
КМК-97	0,31	0,68	0,21	0,58	0,11	0,48	0,35	0,71	0,25	0,61	0,15	0,51
КМК-98	0,30	0,66	0,20	0,56	0,10	0,46	0,33	0,79	0,23	0,59	0,13	0,49
КД80	0,42	0,69	0,32	0,59	0,22	0,49	0,45	0,72	0,35	0,62	0,25	0,52
Раздельная (за один проход комбайна) выемка												
1КМ103	0,27	0,56	0,17	0,46	0,07	0,36	0,30	0,60	0,20	0,50	0,10	0,40
КД-80	0,37	0,67	0,27	0,57	0,17	0,47	0,38	0,72	0,28	0,63	0,18	0,52
КМК-97	0,31	0,68	0,21	0,58	0,11	0,48	0,35	0,71	0,25	0,61	0,15	0,51
КМК-98	0,30	0,66	0,20	0,56	0,10	0,46	0,33	0,69	0,23	0,59	0,13	0,49
КД80	0,42	0,69	0,32	0,59	0,22	0,49	0,45	0,72	0,35	0,62	0,25	0,52
Раздельная (за два прохода комбайна) выемка												
1КМ103	0,32	0,61	0,22	0,51	0,12	0,41	0,36	0,65	0,26	0,55	0,16	0,45
КД-80	0,43	0,74	0,33	0,64	0,23	0,54	0,46	0,77	0,36	0,67	0,26	0,57
КМК-97	0,37	0,72	0,27	0,62	0,17	0,52	0,42	0,74	0,32	0,64	0,22	0,54
КМК-98	0,35	0,72	0,25	0,62	0,15	0,52	0,40	0,75	0,30	0,65	0,20	0,55
КД80	0,49	0,75	0,39	0,65	0,29	0,55	0,53	0,79	0,43	0,69	0,33	0,59

Из данных табл. 2.3 видно, что при валовой и раздельной выемке пласта за один проход комбайна значения величин присечек идентичны, а при раздельной отработке пласта за два прохода комбайна в одних и тех же горно-геологических условиях мощность присечек необходимо увеличивать на 0,05 - 0,08 м. Это объясняется дополнительным ростом величины сближений боковых пород за счет увеличения призабойного пространства и времени нахождения в нем поддерживаемой кровли. Несколько меньшие значения присечек в лавах

шахт Львовско-Волынского бассейна объясняются увеличением относительной скорости подачи очистных комбайнов, вследствие меньшей сопротивляемости резанию первоначально вынимаемой угольной пачки и последующей выемки более крепкой породы, ослабленной наличием двух плоскостей обнажения. Из данных табл. 2.3 следует, что для обеспечения высоты прохода в лаве на уровне 0,6м вынимаемая мощность пласта должна быть не ниже: 0,90...0,95 м для комплексов КМК-97 и КМК-98, 1,02...1,05 м для КД80 и 0,87...0,9 м для КМ103.

Минимальная толщина присечки при отработке пластов с заданной мощностью 0,6 м, 0,7 м и 0,8 м механизированным комплексом КМ103 составляет 0,30 м, 0,20 м и 0,10 м, а максимальная 0,7 м, 0,6 м, и 0,5 м.

Следует отметить, что конструктивные особенности комбайна 1К103 (вынесенный в забой корпус) не позволяют производить присечку пород почвы высотой более 0,35 м. Поэтому в дальнейшем, анализируя зависимость основных параметров технологии от мощности присечки боковых пород, будем ею варьировать в таких пределах (табл. 2.5).

Таблица 2.5 – Пределы варьирования мощностью присечки в лаве, оснащенной комплексом 1КМ103

Присечка	Мощность угольного пласта		
	0,6	0,7	0,8
пород почвы	0,3-0,35	0,2-0,35	0,1-0,35
пород кровли	0,3-0,7	0,2-0,6	0,1-0,5

### 2.3.2 Скорость подачи очистного комбайна

Скорость подачи является одним из основных технологических параметров. По существующим методам расчета она выражается сложными математическими уравнениями. В работе [13] предложена зависимость скорости подачи от мощности привода комбайна, мощность пласта и его приведенной сопротивляемости резанию, выведенная на основании теорий размерностей и подобия уравнений:

$$V = \frac{P \cdot t_{рез}}{m \cdot r \cdot A} - 0.2V_{рез} \quad (2.16)$$

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

При валовой отработке сопротивляемость пласта резанию определяется с учетом сопротивляемости резанию присекаемых пород:

$$\bar{A} = \frac{\bar{A}_y m_y + \bar{A}_n m_{np}}{m_y + m_{np}}, \quad (2.17)$$

где  $\bar{A}_y$  - сопротивляемость угольного пласта резанию, кН/м;  $\bar{A}_n$  - сопротивляемость присекаемой породы резанию, кН/м;  $m_{np}$  - мощность присекаемой породы, м.

При селективной обработке скорость подачи необходимо определять с учетом мощностей угольной и породной пачек и их сопротивляемости резанию. При этом необходимо учитывать посредством коэффициента  $k_{осл.}$  (табл. 2.6) ослабление массива за счет опережающей выемки угля или породы.

Таблица 2.6 – Значения коэффициентов ослабления массива

Условия работы исполнительного органа	Направление резания	
	в сторону обнажения	в сторону целика
Массив ослаблен за счет опережающего вруба	0,6-0,7	0,6-0,7
Массив ослаблен впереди идущим нижним исполнительным органом	0,64-0,68	0,75-0,8
Массив ослаблен впереди идущим верхним исполнительным органом	0,72-0,77	0,85-0,3
Массив не ослаблен	1,0	1,0

С учетом  $k_{осл.}$  выражение (2.16) примет вид:

$$V = \frac{P \cdot t_{рез}}{r(m_y \bar{A}_y k_{осл}^y + m_{np} \bar{A}_n \cdot k_{осл}^n)} - 0,2V_{рез}, \quad (2.18)$$

где:  $k_{осл}^y$ ,  $k_{осл}^n$  - коэффициенты ослабления, соответственно угля и породы;  $m_{np}$ ,  $m_y$  - мощность присекаемой породы или угольного пласта, м;  $\bar{A}_y$ ,  $\bar{A}_n$ , - соответственно, сопротивляемость резанию угля или породы, кН/м.

Графики изменения скорости подачи очистного комбайна 1К103 в зависимости от применяемой технологии и величины присечки боковых пород кровли и почвы показаны соответственно на рис. 2.2 и 2.3.

Скорости подачи комбайнов при валовой и отдельной выемке за один проход равны, и как видно из рисунков, с увеличением мощности присечки в обоих случаях уменьшаются. В условиях Львовско-Волынского бассейна снижение скорости подачи происходит значительно интенсивнее, что связано с большей сопротивляемостью резанию присекаемых боковых пород.

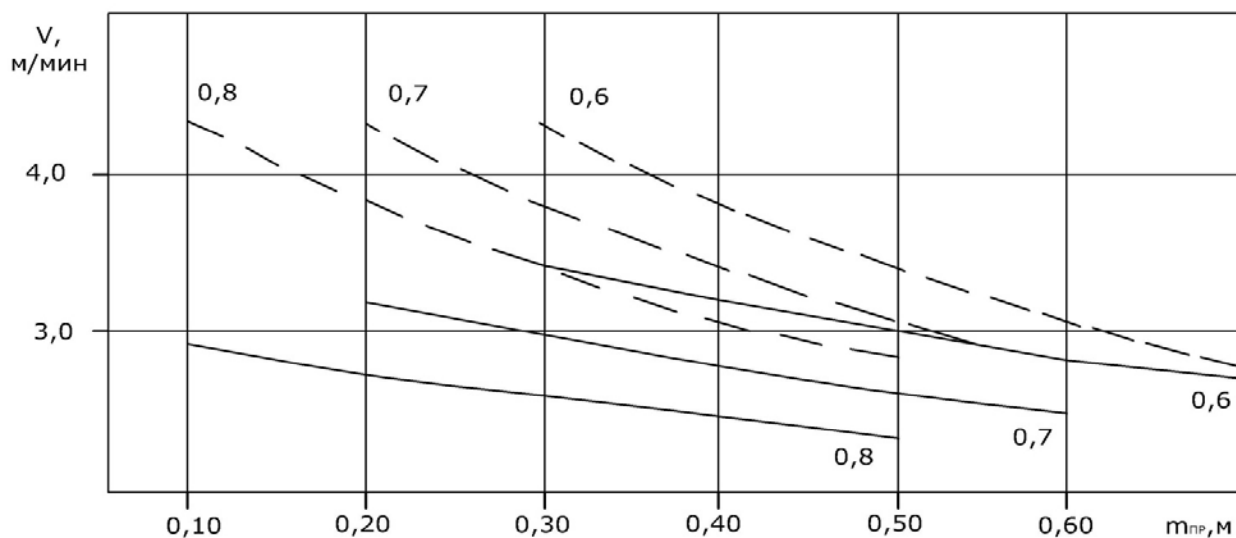


Рисунок 2.2 – Зависимость скорости подачи комбайна 1К103 от мощности пласта и присекаемых пород кровли при валовой и раздельной (за один проход комбайна) выемке:

\_\_\_\_\_ - Западный Донбасс; \_\_\_\_\_ - Львовско-Волынский бассейн.

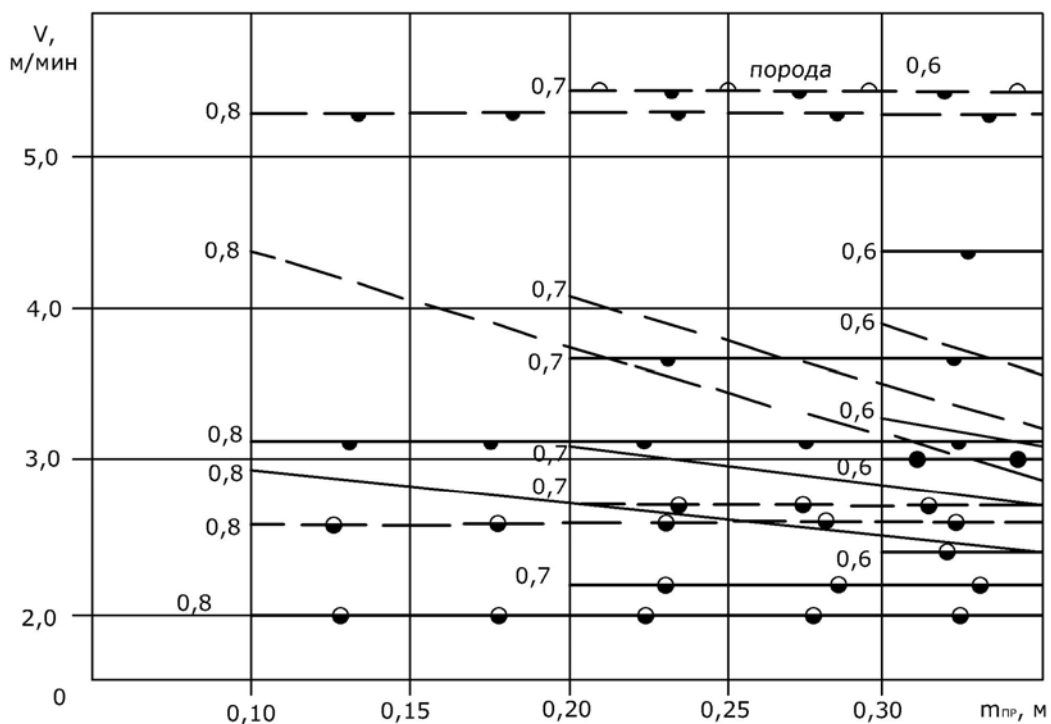


Рисунок 2.3 – Зависимость скорости подачи комбайна 1К103 от мощности пласта и присекаемых пород почвы:

- 1 - при валовой, раздельной (за один проход комбайна) выемке;
- 2- при выемке угольной пачки;
- 3 - при выемке присекаемых пород;
- 4 - общая при раздельной (за два прохода комбайна) выемке

\_\_\_\_\_ - Западный Донбасс; \_\_\_\_\_ - Львовско-Волынский бассейн.



Следует отметить, что при отработке различных по мощности пластов, в случае одинаковой вынимаемой мощности, скорость подачи комбайна в условиях шахт Западного Донбасса с уменьшением мощности пласта и соответственно с увеличением присечки растет, а в условиях Львовско-Волынского бассейна наоборот – падает (см. рис. 2.2 и 2.3) , или остается постоянным. Это объясняется тем, что в Западном Донбассе уголь крепче присекаемой породы, а в Львовско-Волынском бассейне наоборот. Из рис. 2.3 видно, что при отдельной выемке угля и пород почвы за два прохода комбайна мощность присечки (в рассматриваемых пределах) практически не оказывает влияния на скорость подачи комбайна, которая может достигать максимально возможных величин (в расчетах  $V_n$  принята равной  $0,8 V_{дон}$ ). При выемке чистой угольной пачки в условиях шахт Львовско-Волынского бассейна скорость подачи комбайна значительно выше (на 20...40%), чем при выемке такой же угольной пачки в условиях шахт Западного Донбасса, это также связано с более высокой сопротивляемостью резанию угля на шахтах этого региона. С учетом скорости подачи комбайна по породе это превышение несколько нивелируется и составляет всего 10-25%.

### 2.3.3 Коэффициент машинного времени

Коэффициент машинного времени  $k_m$  является важным параметром, позволяющим оценить эффективность и надежность принятой технологической схемы и оборудования. Он учитывает затраты времени, как на выполнение вспомогательных операций, так и на устранение организационных и технических простоев, не связанных непосредственно с работой комбайна (обмен вагонеток на погрузочном пункте, ожидание порожняка, задержки из-за отставания крепления, устранение вывалов пород кровли и т.п.). Для определения его числовых значений используют [98] выражение:

$$k_m = \frac{l}{\frac{l}{k_2} + \frac{T_{mo} + T_{ko} + T_{зр} + T_{co}}{l}} \cdot V \quad (2.19)$$

где:  $T_{mo}$  - затраты времени в течение цикла на несовмещенные маневровые операции, мин;  $T_{ko}$  - затраты времени на концевые операции, мин;  $T_{зр}$  - затраты времени на замену резцов, мин;  $T_{co}$  - время устранения эксплуатационных неполадок (простоев), не связанных непосредственно с работой комбайна, мин;  $l$  - длина лавы, м;  $k_2$  - коэффициент готовности комбайна:

$$k_2 = \frac{T}{T - T_{yh}} \quad (2.20)$$

где:  $T$  - время производительной работы комбайна по выемке,

$$T=l/V \quad (2.21)$$

$T_{ун}$ , - время устранения неисправностей в работе комбайна, мин.

В выражении (2.19) величина  $k_2$  учитывает только коэффициент готовности комбайна, тогда как “Прогрессивные технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах” рекомендуют при расчете  $k_m$  учитывать также готовность крепи и конвейерной линии. В знаменателе выражения (2.19) учитывают величину  $T_{зр}$ , которая практически входит в значение  $T_{ко}$ . Преобразовав выражение (2.19) с учетом отмеченных замечаний, получим:

$$k_{mI} = \frac{l}{\frac{l}{k_{2.об}} + \frac{T_{мо} + T_{ко} + T_{ео}}{l} \cdot V}, \quad (2.22)$$

где:  $k_{2.об}$  - коэффициент готовности оборудования:

$$k_{2.об} = k_{2.к} \cdot k_{2.кр} \cdot k_{2.кл}, \quad (2.23)$$

$k_{2.к}$ - коэффициент готовности комбайна;  $k_{2.кр}$  – коэффициент готовности крепи;  $k_{2.кл}$  - коэффициент готовности конвейерной линии.

Значения коэффициентов готовности  $k_{2.к}$ ,  $k_{2.кр}$ ,  $k_{2.кл}$  определяются согласно “Прогрессивных технологических схем...” или другим путем.

Выражение (2.22) можно использовать при определении величины  $k_m$  для валовой и селективной (за один проход комбайна) отработки пластов. Для технологии селективной отработки угля и присекаемой породы за два прохода комбайна выражение (2.22) необходимо преобразовать с учетом затрат времени на выемку породы. В конечном итоге эту величину можно выразить следующей формулой:

$$k_{mII} = \frac{l}{\frac{l}{k_{2.об}} + (T_{к.о} + T_{е.о}) \cdot V + \frac{l \cdot V}{V_n}}, \quad (2.24)$$

где:  $V_n$  - скорость подачи комбайна при выемке породы, м/мин.

Согласно выражениям (2.22, 2.24) значение  $k_m$  зависит от длины лавы  $l$ , скорости подачи комбайна  $V$  и принятой технологии отработки пласта. В нашем случае длина лавы - постоянная величина, а скорость подачи зависит, в частности, от мощности присекаемых боковых пород. Из этого следует, что коэффициент машинного времени зависит, в конечном счете, от мощности присечки боковых пород. На рис. 2.4 и рис. 2.5 показаны полученные расчетным путем зависимости коэффициента машинного времени  $k_m$  от мощности присечки  $m_{пр}$  и принятой схемы отработки пластов различной мощности.

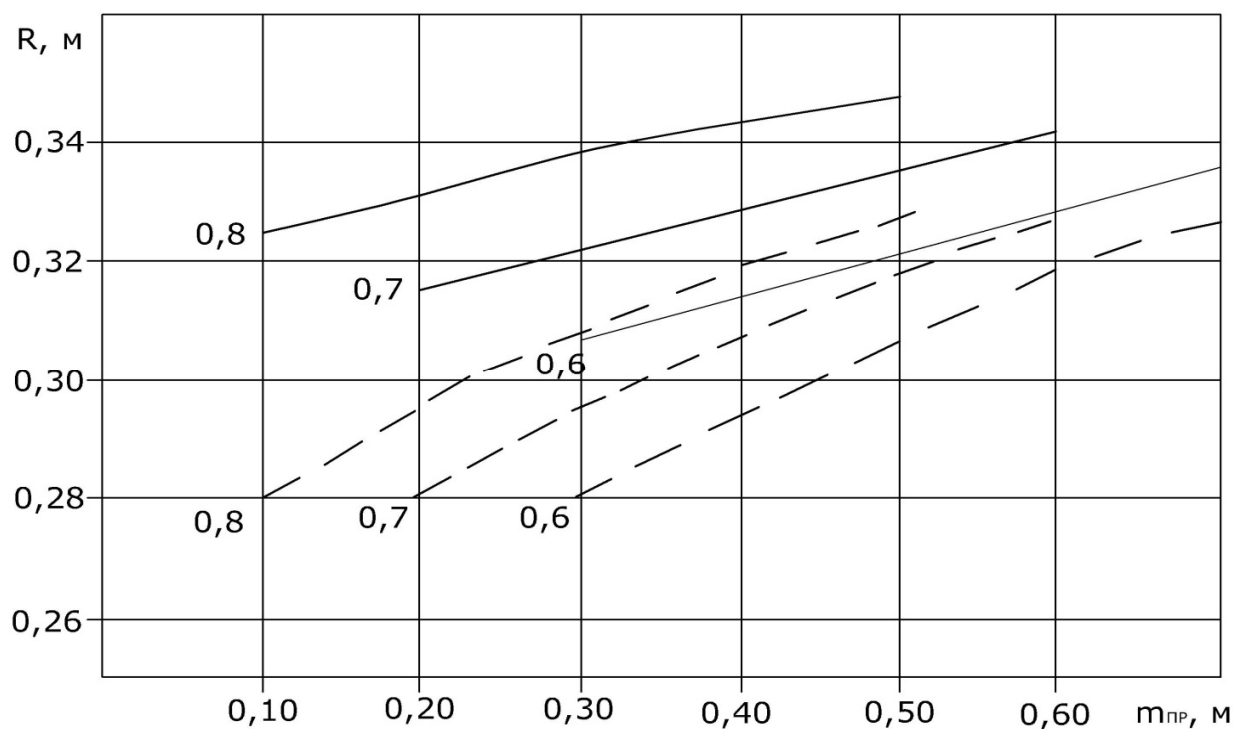


Рисунок 2.4 – Зависимость коэффициента машинного времени от мощности пласта и пересекаемых пород кровли при валовой и раздельной (за один проход комбайна) выемке:

\_\_\_\_\_ - Западный Донбасс; \_\_\_\_\_ - Львовско-Волынский бассейн.

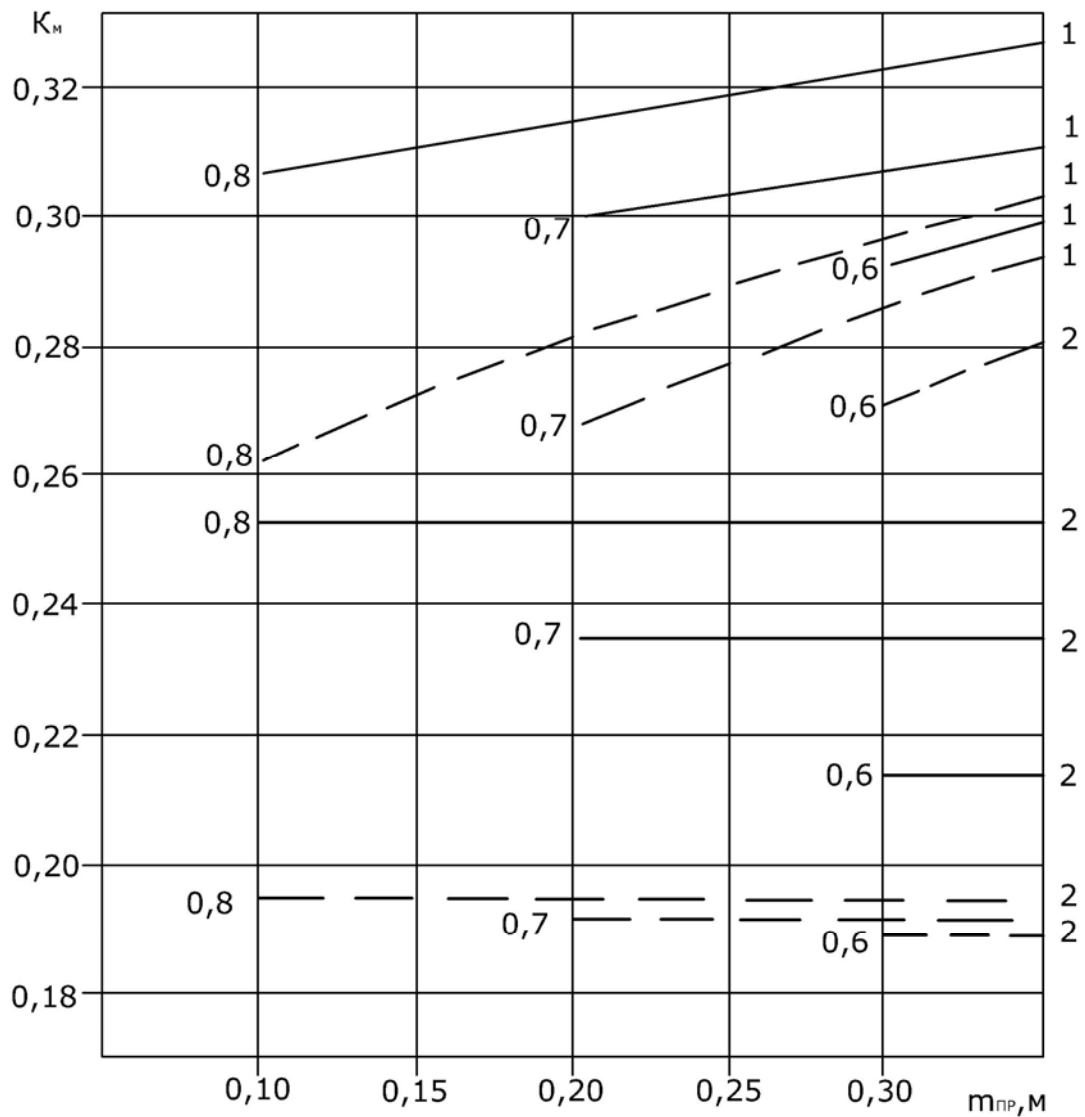


Рисунок 2.5 – Зависимость коэффициента машинного времени от мощности пласта и присекаемых пород почвы:

1 - при валовой, раздельной (за один проход комбайна) выемке;

2 - при раздельной (за два прохода комбайна) выемке

\_\_\_\_\_ - Западный Донбасс; \_\_\_ \_\_\_ \_\_\_ - Львовско-Волынский бассейн.

При валовой и отдельной за один проход комбайна выемке пласта, с ростом вынимаемой мощности наблюдается увеличение значений  $k_m$ . Это происходит независимо от того, за счет чего увеличена вынимаемая мощность - за счет собственно угольного пласта или присекаемых пород. В случае одинаковой для всех пластов вынимаемой мощности в условиях Западного Донбасса отмечается снижение коэффициента машинного времени при уменьшении мощности угольного пласта и соответственно увеличении величины присечки (рис. 2.4, 2.5). В аналогичных условиях в условиях шахт Львовско-Волынского бассейна коэффициент машинного времени наоборот несколько повышается (рис. 2.5), или же остается постоянным (рис. 2.4) в зависимости от схемы отработки пласта (присечка почвы или кровли).

Значения  $k_m$  остаются постоянными и при отдельной выемке пластов за два прохода комбайна. В этом случае они зависят только от мощности угольной пачки, чем больше мощность - тем выше коэффициент машинного времени, и совсем не зависят от мощности присечки (рис. 2.5).

### 2.3.4 Качество добываемого угля

Одним из основных показателей качества угля, которым можно управлять в процессе добычи является его зольность. При этом ожидаемую зольность добываемой горной массы определяют из выражения (2.25), которое показывает средневзвешенную зольность вынимаемого угольного пласта и присекаемой породы

$$A_{z.m} = \frac{A_y \cdot m_y \cdot \gamma_y + A_n \cdot m_{np} \cdot \gamma_n}{m_y \cdot \gamma_y + m_{np} \cdot \gamma_n}, \quad (2.25)$$

где:  $A_y$ ,  $A_n$  - материнская зольность соответственно угольного пласта и присекаемой породы, %.

Однако, как показали исследования НГУ на шахтах Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна, существенное влияние на величину зольности добываемого угля оказывают вывалы пород кровли в призабойной части лавы. Засорение угля по этой причине составляет 5...10%. Поэтому в выражение (2.25) необходимо ввести величину  $A_3$ , которая учитывала бы рост зольности угля по лаве за счет вывалов. Тогда выражение (2.25) примет вид:

$$A_{z.m} = \frac{A_y \cdot m_y \cdot \gamma_y + A_n \cdot m_{np} \cdot \gamma_n}{m_y \cdot \gamma_y + m_{np} \cdot \gamma_n} + A_3, \quad (2.26)$$

где  $A_3$  - величина засорения за счет вывалов пород кровли в призабойное пространство лавы, %.

Согласно методике разработанной институтами “УкрНИИУглеобогашение”, ДонУГИ, ИГД им. А.А.Скочинского величину  $A_3$  можно определить из выражения:

$$A_3 = \frac{A_n - A_y}{1 + \frac{m_y \cdot \gamma_y}{m_{\sigma n} \cdot \gamma_n}}, \quad (2.27)$$

где:  $m_{\sigma n}$  - мощность засорения боковыми породами, м;

$$m_{\sigma n} = \frac{l_{\text{лж}}}{l} \cdot m_{\text{лж}} \cdot k_{\text{лж}} + \frac{l - l_{\text{лж}}}{l} \cdot m_{\text{зуд}} \cdot k_{V_{O_3}} k_{\text{мбн}} \quad (2.28)$$

где:  $l_{\text{лж}}$  - длина участка лавы с ложной кровлей, м;  $m_{\text{лж}}$  - мощность ложной кровли, м;  $k_{\text{лж}}$  - коэффициент, учитывающий засорение вмещающими породами;  $m_{\text{зуд}}$  - допустимое засорение угля боковыми породами по лаве, м;  $k_{V_{O_3}}$  - коэффициент, учитывающий скорость подвигания очистного забоя,

$$k_{V_{O_3}} = 1 + (40 - V_{O_3}) \cdot \frac{\Delta k_V}{10}, \quad (2.29)$$

где:  $V_{O_3}$  - скорость подвигания очистного забоя, м/мес;  $\Delta k_V$  - корректируемый коэффициент;  $k_{\text{мбн}}$  - норматив увеличения зольности, зависящий от типа вмещающих пород.

Подставив выражение (2.27) в формулу (2.26) и выполнив необходимые преобразования, получим:

$$A_{\text{зм}} = \frac{A_y m_y \gamma_y + A_n \gamma_n (m_{\text{нр}} + m_{\sigma n})}{m_y \gamma_y + \gamma_n [m_{\text{нр}} (1 - k_n) + m_{\sigma n}]}, \quad (2.30)$$

При отдельной выемке угольного пласта и присекаемых пород, ввиду отсутствия засорения добываемого угля за счет присечек, его зольность можно определить по выражению:

$$A_{\text{дв}} = \frac{A_y m_y \gamma_y + A_n \gamma_n [m_{\text{нр}} (1 - k_n) + m_{\sigma n}]}{m_y \gamma_y + \gamma_n [m_{\text{нр}} (1 - k_n) + m_{\sigma n}]}, \quad (2.31)$$

где:  $k_n$  - коэффициент, учитывающий полноту погрузки присекаемой породы на конвейер.

Как следует из выражений (2.30, 2.31) и построенным по этим выражениям зависимостям (рис. 2.6 и 2.7), существенное влияние на зольность добываемого угля оказывает мощность присечки пустых пород.

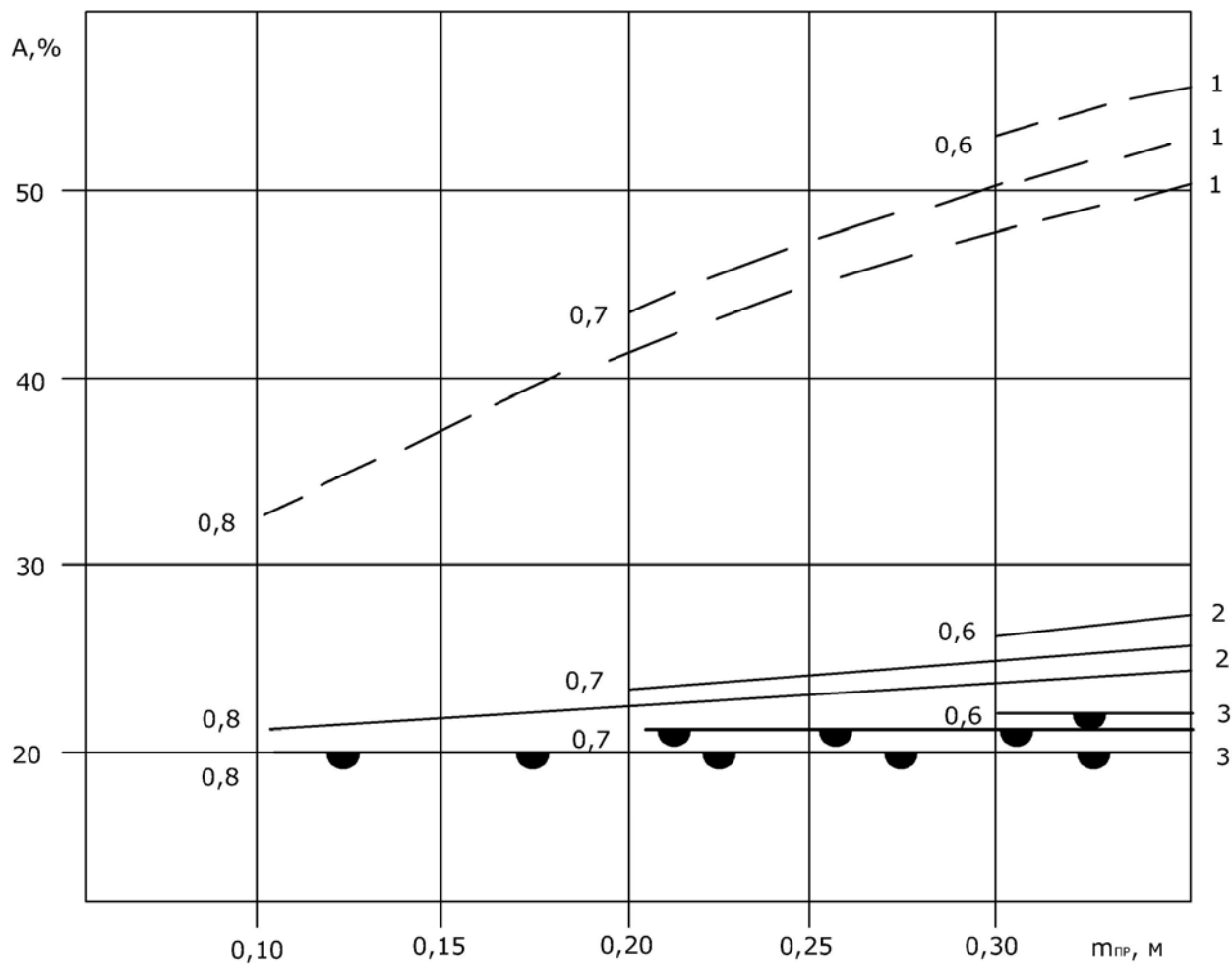


Рисунок 2.6 – Зависимость зольности добычи от мощности пласта и присекаемых пород почвы:

1 - горная масса при валовой выемке;

2 - уголь, при отдельной (за один проход комбайна) выемке;

3 – уголь, при отдельной (за два прохода комбайна) выемке

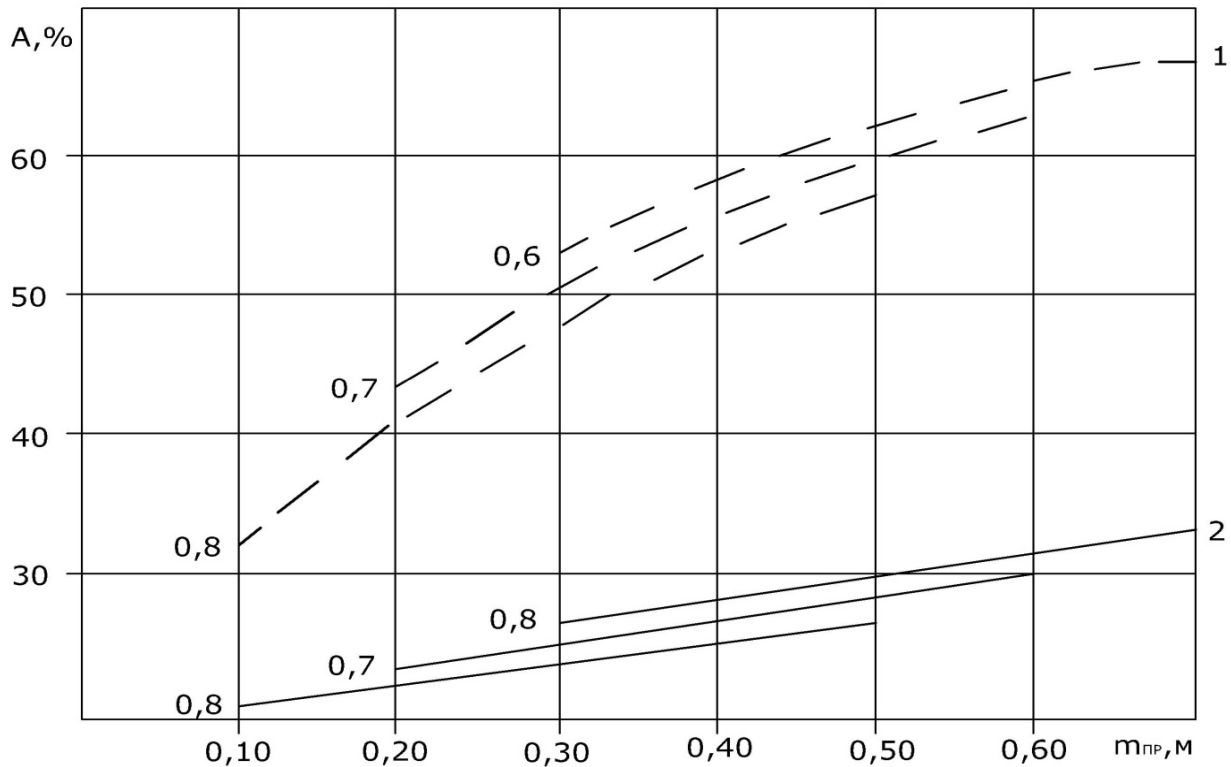


Рисунок 2.7 – Зависимость зольности добычи от мощности пласта и присекаемых пород кровли: 1 - при валовой выемке; 2 - при раздельной выемке

Однако следует отметить, что определяющую роль в формировании качества добычи все же играет не мощность присечки, а принятая технология отработки пласта. Так, если при валовой выемке увеличение присечки на 1 см приводит к дополнительному засорению добываемого угля на 0,4-1,2%, то при раздельной выемке за один проход комбайна - только на 0,1-0,2%, а при раздельной выемке за два прохода комбайна засорения от присечки практически не происходит. Как видно из рис. 2.6 и 2.7, на зольность добываемого угля кроме рассмотренных выше факторов влияет также мощность угольного пласта, чем она меньше, тем естественно, большее засорение угля присекаемой породой происходит в процессе его добычи. Причем интенсивность этого процесса зависит от принятой схемы отработки пласта. Так, при валовой выемке она в два раза выше, чем при раздельной за один проход комбайна и в четыре раза выше, чем при раздельной выемке за два прохода комбайна[101].

Переход с валовой отработки пластов с присечками боковых пород на селективную их отработку позволит существенно, в два и более раза, улучшить качество добываемого угля (рис. 2.6 и 2.7).



### 2.3.5. Производительность очистного комбайна

Производительность комбайна определяется в общем случае количеством полезного ископаемого, добываемого в единицу времени. Принято различать теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность. Понятия трех видов производительности были предложены кафедрой горных машин и комплексов Московского горного института, где и была разработана общепринятая методика расчета производительности выемочных машин, комплексов и агрегатов [74,89].

В расчете производительности участвуют горно-геологические, технологические и конструктивные параметры, однако, совсем не учитываются качественные показатели. А ведь, как известно, за каждый процент превышения плановой нормы зольности с добываемой, в лаве с присечками горной массы снимают 2% общего объема добычи. То есть, зольность добываемой горной массы, в конечном случае, оказывает существенное влияние на производительность комбайна. Поэтому для лав с присечками боковых пород предлагается ввести понятие производительности приведенной к норме зольности или проще, приведенной производительности.

Приведенная производительность комбайна  $Q_{np}$  (т/смену) определяется с учетом скидок с горной массы за превышение плановой нормы зольности и отличается от эксплуатационной производительности на величину  $k_{ск}$  - коэффициента скидок.

$$Q_{np} = k_{ск} \cdot Q_{э} = k_{ск} \cdot k_{м} \cdot Q_{теор} \cdot T_{см}, \quad (2.32)$$

где:  $T_{см}$  - продолжительность рабочей смены, мин;  $Q_{теор}$  - теоретическая производительность комбайна, т/мин.

$$Q_{теор} = V \cdot r(m_y \gamma_y + m_{np} \gamma_n); \quad (2.33)$$

$k_{ск}$ : - коэффициент скидок с горной массы за превышение плановой нормы зольности

$$k_{ск} = 1 - 0,02(A_{зм} - A_{пл}); \quad (2.34)$$

где: 0,02 - коэффициент скидок за превышение нормы зольности на 1%;  $A_{зм}$  - фактическая зольность добываемой горной массы, %;  $A_{пл}$  - плановая норма зольности по лаве, %.

Среднесуточная нагрузка на очистной забой  $Q_n$ , работающий с валовой выемкой угля и породы, принимается равной суточной приведенной производительности комбайна:

$$Q_n = k_{ск} \cdot k_{м} \cdot Q_{теор} \cdot T_{см} \cdot n_{см} \quad (2.35)$$

где:  $n_{см}$  - число рабочих смен в сутки.

При селективной отработке пластов в расчеты производительности необходимо внести некоторые коррективы, учитывающие специфику этой технологии. Так, учитывая тот факт, что по теоретической производительности комбайна выбирается оборудование всей технологической цепи необходимо, наряду с определением производительности комбайна по углю, производить подобный расчет для присекаемой породы.

Теоретическая производительность определяется количеством угля или породы, добытой комбайном за единицу времени при непрерывной производительной его работе:

$$Q_{теор} = m_y \cdot r \cdot V_y \cdot \gamma_y, \quad (2.36)$$

$$Q_{теор} = m_{np} \cdot r \cdot V_n \cdot \gamma_n, \quad (2.37)$$

где:  $V_{y,n}$  - скорость подачи комбайна, соответственно, при выемке угля и породы, м/мин.

Скорость подачи комбайна:

при выемке угля за один проход комбайна:

$$V_{yI} = \frac{P \cdot t_{pez}}{r \cdot (m_y \cdot A_y \cdot k_{осл}^y + m_{np} \cdot \bar{A}_n \cdot k_{осл}^n)} - 0,2V_{pez}, \quad (2.38)$$

за два прохода комбайна:

$$V_{yII} = \frac{P \cdot t_{pez}}{m_y \cdot r \cdot A_y \cdot k_{осл}^y} - 0,2V_{pez}; \quad (2.39)$$

при выемке породы:

$$V_n = \frac{P \cdot t_{pez}}{m_{np} \cdot r \cdot A_n \cdot k_{осл}^n} - 0,2V_{pez}. \quad (2.40)$$

Рассчитанная по указанным выражениям скорость подачи не может превышать технически возможную скорость конкретного комбайна и должна соответствовать скорости крепления (в зависимости от принятой технологической схемы  $V_{кр} \geq V$ ).

Эксплуатационная (сменная) производительность комбайна (т/смену) определяется с учетом всех затрат времени как на выполнение вспомогательных операций, так и на устранение организационных и технических неполадок в конкретных условиях очистного забоя, не связанных непосредственно с работой комбайна (обмен вагонеток на погрузочном пункте, ожидание порожняка, отсутствие электроэнергии, задержка из-за отставания крепления, устранение вывалов пород и т.п.).

Все эти затраты времени учитываются коэффициентом непрерывности работы комбайна при его эксплуатации - коэффициентом машинного времени  $k_m$  (2.22, 2.24), тогда:

$$Q_{\text{э}} = k_m \cdot Q_{\text{теор}} \cdot T_{\text{см}} = k_m \cdot m_y \cdot r \cdot V_y \cdot \gamma_y \cdot T_{\text{см}}, \quad (2.41)$$

Количество вынутой при этом породы можно определить по выражению:

$$Q_n = Q_{\text{э}} \cdot \frac{m_{\text{нр}} \cdot \gamma_n}{m_y \cdot \gamma_y}, \quad (2.42)$$

где:  $Q_n$ - количество вынутой породы, т.

Характер изменения производительности комбайна в зависимости от мощности пласта, толщины присечки и применяемой технологии показан на рисунках 2.8-2.11.

На рис. 2.8 приведены зависимости производительности при валовой и раздельной отработке пластов с присечкой пород кровли. Как видно из рис. 2.8, в случае валовой отработки пласта производительность комбайна по горной массе с ростом присечки резко увеличивается. При одинаковой вынимаемой мощности пласта и различных мощностях угольной пачки и присекаемых пород производительность комбайна тем выше, чем выше мощность присечки и ниже мощность угля. Это связано с тем, что плотность присекаемых пород почти в два раза выше, чем плотность угля, то есть объем породы, вынутой комбайном, почти в два раза тяжелее такого же объема чистого угля.

В условиях шахт Львовско-Волынского бассейна с увеличением вынимаемой мощности за счет роста присечки происходит некоторое снижение интенсивности относительного увеличения производительности комбайна. Так, если при вынимаемой мощности пласта равной 0,9 м для угольных пластов мощностью 0,8 м, 0,7 м и 0,6 м с присечками соответственно 0,1 м, 0,2 м и 0,3 м разность производительности комбайна составляла примерно 32 т, то при вынимаемой мощности пласта равной 1,3 м и присечках равных соответственно 0,5 м, 0,6 м и 0,7 м эта же разность для различных по мощности пластов составляет только 22 т. В аналогичных условиях шахт Западного Донбасса наоборот наблюдается некоторый прирост производительности комбайна, это объясняется различной сопротивляемостью резанию присекаемых пород в рассматриваемых условиях. В связи с этим в условиях Львовско-Волынского бассейна с увеличением присечки происходит более значительное увеличение сопротивляемости пласта резанию, чем в условиях шахт Западного Донбасса и, как следствие, резкое снижение производительности работы комбайна.

Производительность комбайна, приведенная к норме зольности при валовой выемке во всем диапазоне присечек от 0,10 до 0,7 м значительно ниже чем при раздельной выемке пластов. С ростом мощности присечки производительность комбайна по углю и приведенная к норме зольности уменьшается. Причем при раздельной выемке пласта производительность комбайна с ростом присечки изменяется на постоянную величину.

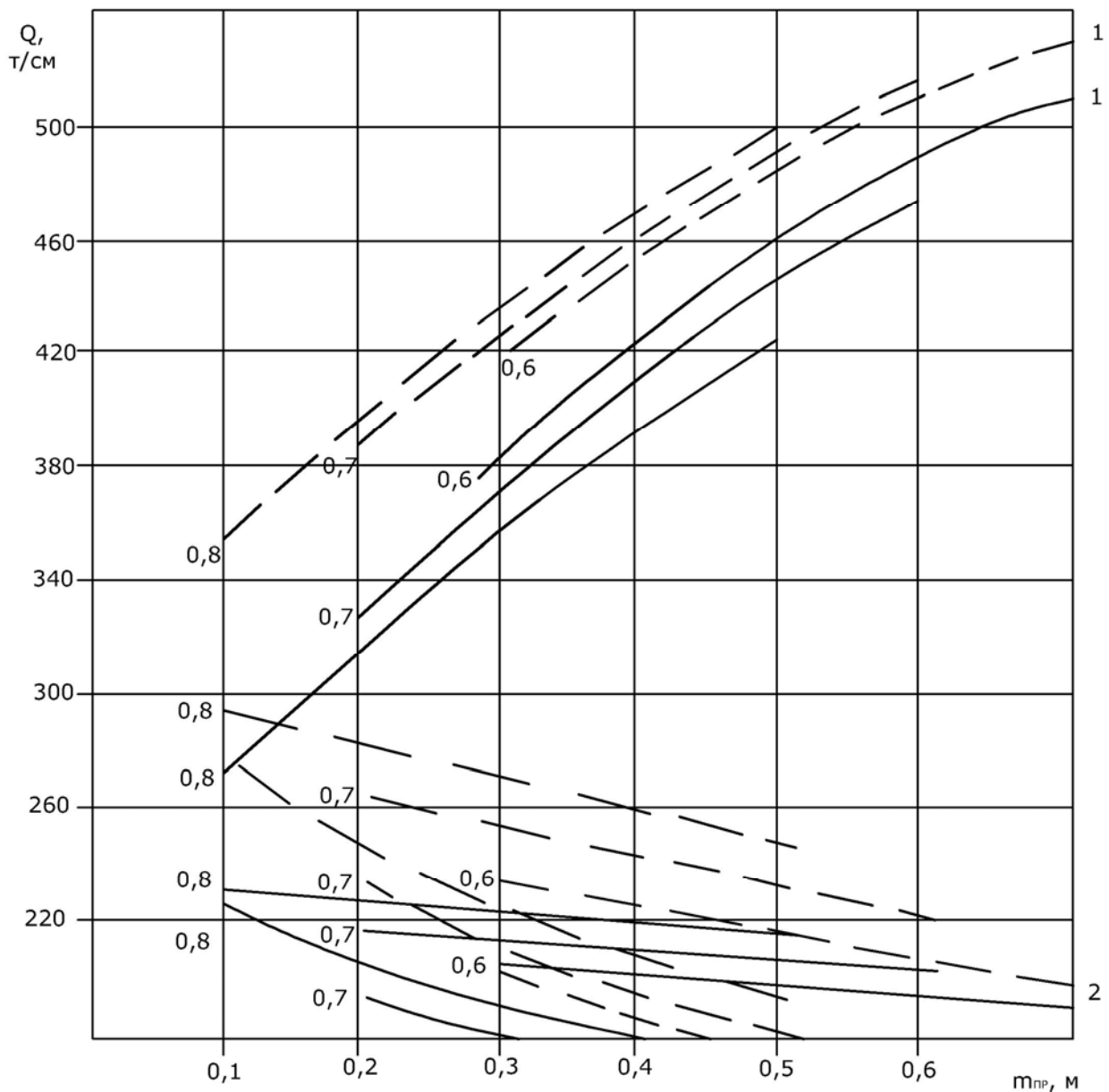


Рисунок 2.8 – Зависимость производительности комбайна 1К103 от мощности пласта и пересекаемых пород кровли:

1 - по горной массе, при валовой выемке;

2 - по углю при раздельной выемке;

3 - приведенная по золе при валовой выемке;

\_\_\_\_\_ - Западный Донбасс; \_\_\_\_\_ - Львовско-Волынский бассейн.

В условиях Львовско-Волынского бассейна эта величина больше, а в Западном Донбассе меньше и составляет для принятых исходных данных соответственно 10 т и 3 т на каждые 10 см присечки. Производительность комбайна по углю, приведенному к единой зольности, при валовой отработке пласта с ростом присечки изменяется неоднозначно. С увеличением величины

присечки кривая изменения производительности выполаживается (рис. 2.8).

На рис. 2.9 и 2.10 приведены зависимости производительности комбайна от мощности присечки при валовой и двух схемах отдельной выемки пласта с присечкой пород почвы за один (рис. 2.9) и два (рис.2.10) прохода комбайна. В обоих случаях производительность комбайна по горной массе значительно выше чем по углю, а при отдельной выемке производительность очистного комбайна в основном выше, чем приведенная производительность при валовой выемке. Только при обработке пласта мощностью 0,8 м с присечкой мощностью менее 0,1 м в условиях Львовско-Волынского бассейна и менее 0,12 м в условиях Западного Донбасса производительность комбайна при валовой выемке выше чем при отдельной за два прохода комбайна.

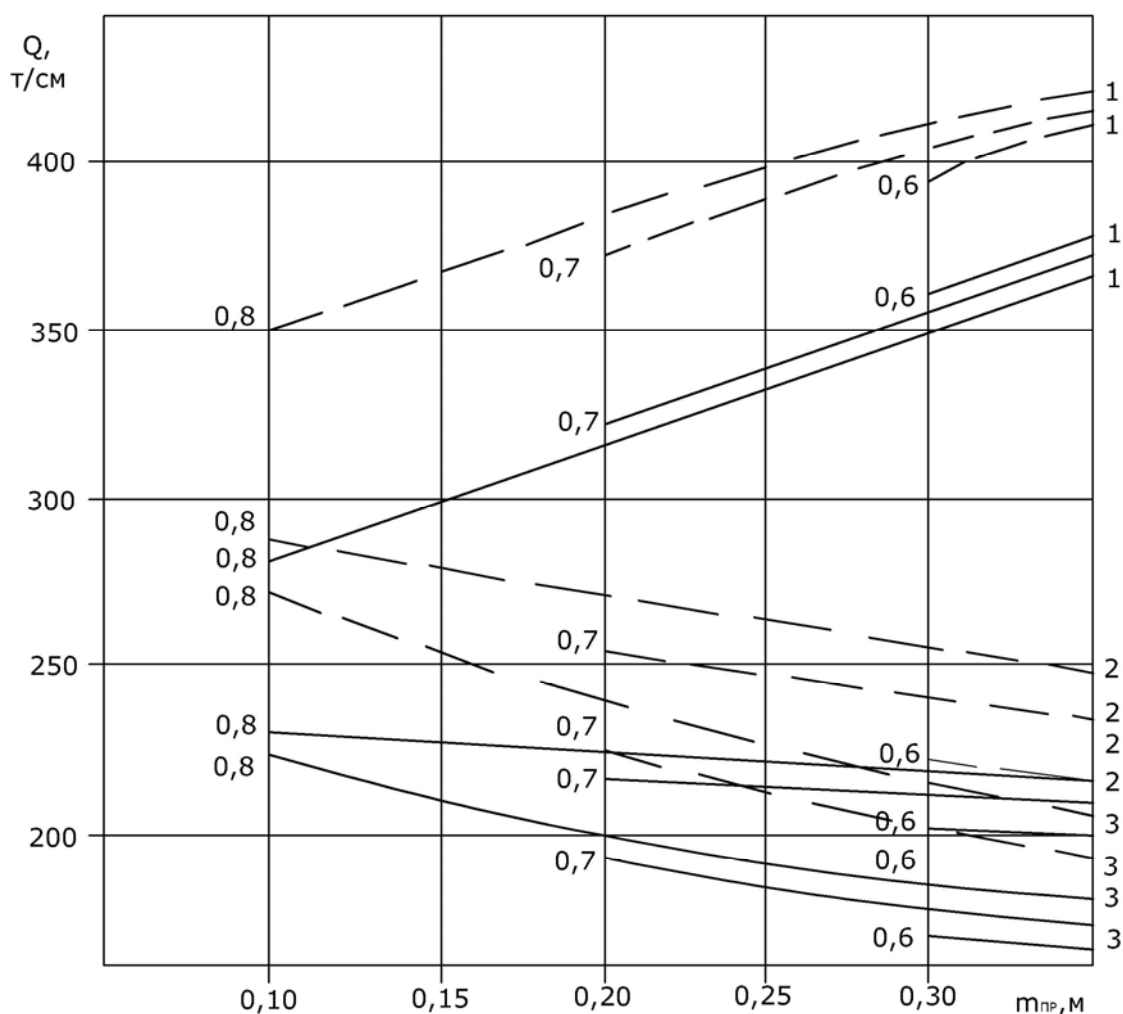


Рисунок 2.9 – Зависимость производительности комбайна 1К103 от мощности пласта и присекаемых пород почвы:

1 - по горной массе при валовой выемке;

2 - по углю при отдельной (за один проход комбайна) выемке;

3 - приведенная по золе при валовой выемке;

\_\_\_\_\_ - Западный Донбасс; \_\_\_\_\_ - Львовско-Волынский бассейн.

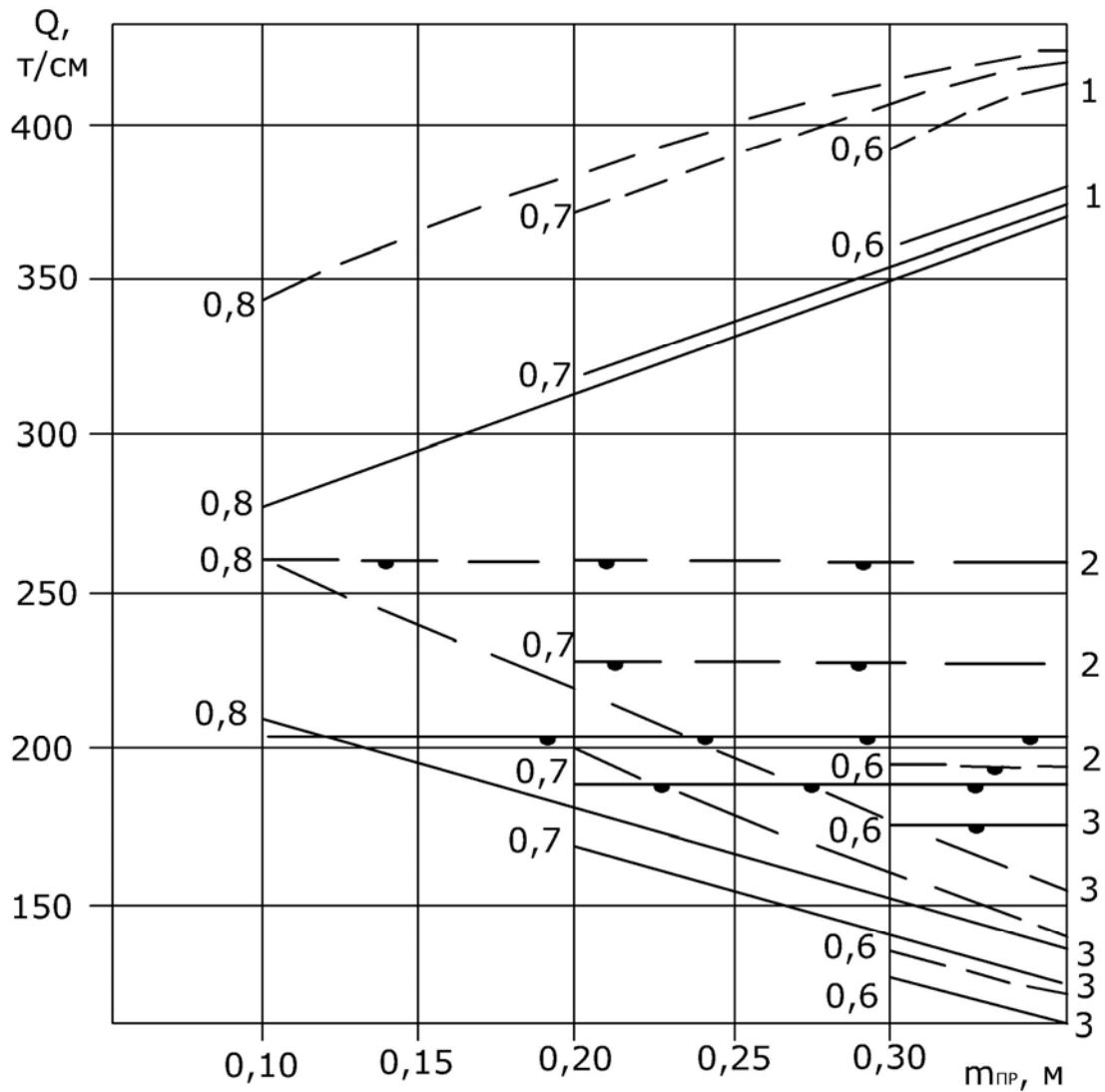


Рис. 2.10 – Зависимость производительности комбайна 1К103 от мощности пласта и присекаемых пород почвы:

1 - горная масса при валовой выемке;

2 - уголь при отдельной выемке за два прохода комбайна;

3 - приведенная по золе при валовой выемке;

\_\_\_\_\_ - Западный Донбасс; \_\_\_\_ - Львовско-Волинский бассейн.

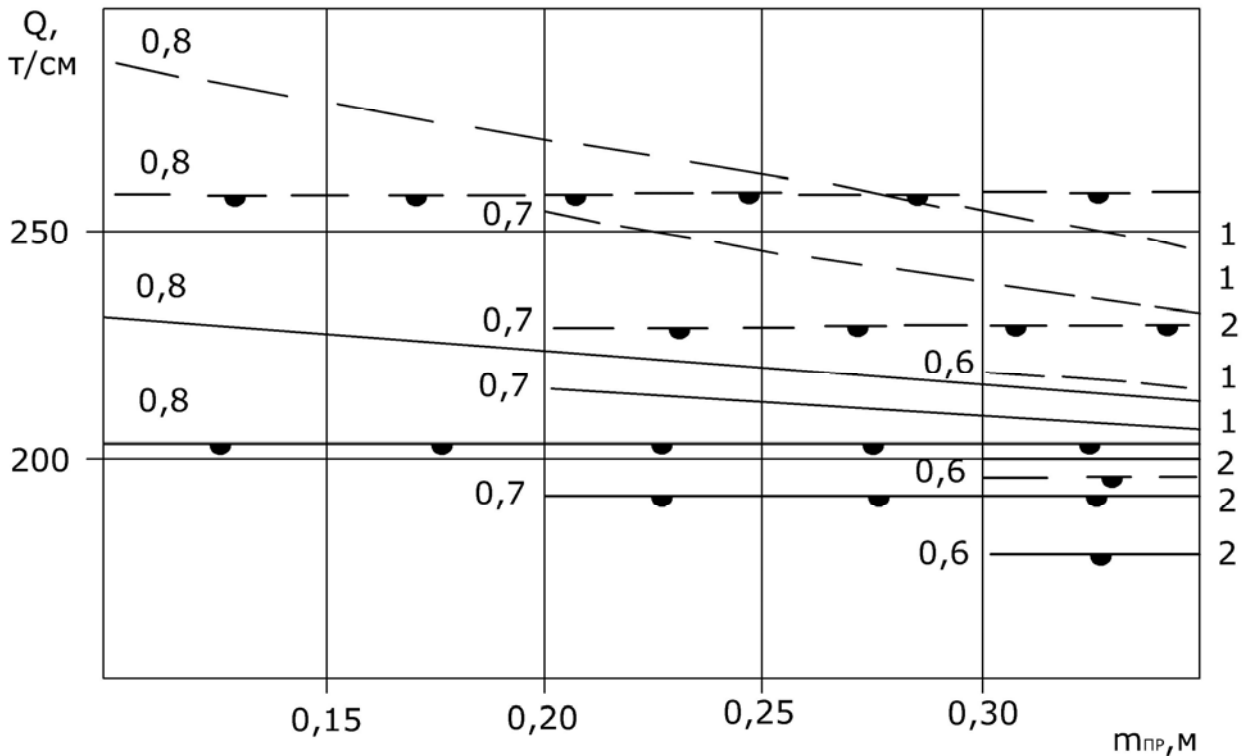


Рисунок 2.11 – Зависимость производительности комбайна 1К103 от мощности пласта и присекаемых боковых пород почвы при отдельной выемке:  
 1 - за один проход комбайна;  
 2 - за два прохода комбайна;  
 \_\_\_\_\_ - Западный Донбасс; \_\_\_\_\_ - Львовско-Волынский бассейн.

На рис. 2.11 приведены зависимости производительности комбайна от мощности присечки и угольного пласта при двух схемах отдельной выемки. В условиях Западного Донбасса производительность комбайна при выемке пласта за один проход выше чем при двух проходах комбайна, а во Львовско-Волынском бассейне при вынимаемой мощности пласта более 1,07 м она наоборот ниже, чем при двух проходах. Это объясняется большей сопротивляемостью резанию присекаемых пород.

Следует отметить, что в случае, когда сопротивляемость пород резанию будет выше, чем принято в расчетах, то есть более 300 кН/м, производительность комбайна при отдельной выемке за два прохода будет превышать производительность при одном проходе комбайна при меньшей величине вынимаемой мощности или, что однозначно, при меньшей мощности присечки.

### 2.3.6. Удельные энергозатраты при валовой и раздельной выемке

Угольные предприятия являются не только поставщиками энергетического сырья, но и крупными потребителями электрической энергии [17]. Так, шахты рассматриваемых угольных регионов на выемку 1 т угля расходуют около 1кВт/ч. При этом в лавах с присечками от 20 до 60% энергозатрат приходится на выемку пустых пород. Следовательно, за год шахты только этих объединений непроизводительно расходуют миллионы киловатт-часов электроэнергии.

Для выбора рациональной схемы отработки тонких пологих пластов исследуем влияние качества добываемой горной массы на удельные энергозатраты.

Удельные энергозатраты на выемку можно определить из выражения:

$$H_w = \frac{P}{60 \cdot r \cdot m \cdot \gamma \cdot V}; \quad (2.43)$$

где:  $r$  - ширина захвата исполнительного органа, м;  $m$  - мощность пласта, м;  $\gamma$  - плотность угля, т/м<sup>3</sup>;  $V$  - скорость подачи комбайна, м/мин.

При валовой выемке угля и присекаемой породы формула (2,43) примет вид:

$$H_w = \frac{P}{60 \cdot r \cdot (m_y \gamma_y + m_{np} \gamma_n) \cdot V}, \quad (2.44)$$

где:  $m_y$ ,  $m_{np}$  - соответственно мощность угольного пласта и присечки, м;  $\gamma_y$ ,  $\gamma_n$  - соответственно плотность угля и присекаемой породы, т/м<sup>3</sup>.

Формула (2.44) описывает удельные энергозатраты на добычу одной тонны горной массы с зольностью  $A_{z.m}$ , которую принимают по фактическим данным или определяют по формуле (2.30).

Для определения удельных энергозатрат на добычу угля с плановой нормой зольности, то есть угля, принятого к учету в формулу (2.44), необходимо ввести коэффициент скидок  $k_{ск}$  (2.34). Тогда формула (2.44) примет вид:

$$H_{wв} = \frac{P}{60 \cdot r \cdot (m_y \gamma_y + m_{np} \gamma_n) \cdot V \cdot k_{ск}}, \quad (2.45)$$

При раздельной выемке угля и присекаемой породы, согласно формуле (2.43) определяют энергозатраты отдельно на выемку угля и породы по формулам:



$$H_{wy} = \frac{P}{60 \cdot r \cdot m_y \cdot \gamma_y \cdot V_y}, \quad (2.46)$$

$$H_{wn} = \frac{P}{60 \cdot r \cdot m_{np} \cdot \gamma_n \cdot V_n}, \quad (2.47)$$

где:  $V_y, V_n$  - скорость подачи комбайна соответственно при выемке угля и присекаемой породы, м/мин.

Общие затраты электроэнергии, отнесенные к 1 тонне добытого угля, составят:

$$H_{wc} = \frac{H_{wy} \cdot m_y \cdot \gamma_y + H_{wn} \cdot m_{np} \cdot \gamma_n}{m_y \cdot \gamma_y}. \quad (2.48)$$

Зольность добываемого угля определяют по факту или по формуле (2.31).

Для сравнения величин удельных энергозатрат при валовой и отдельной выемке необходимо привести зольность горной массы  $A_{zm}$  не к плановой норме зольности, а к зольности угля, добываемого при отдельной выемке  $A_{dy}$ , тогда коэффициент скидок  $k_{ск}$  примет вид:

$$k_{ск} = 1 - 0,02 \cdot (A_{zm} - A_{dy}). \quad (2.49)$$

При известных величинах энергозатрат можно найти такую разность ( $\Delta A_{zm}-A_{dy}$ ), при которой значения энергозатрат при различных схемах выемки равны:

$$\Delta A = \frac{1 - \frac{H_{wg}}{H_{wc}}}{0,02}. \quad (2.50)$$

При фактических значениях  $\Delta A$ , превышающих рассчитанное по формуле (2.50)  $H_{wg} > H_{wc}$ , если же  $\Delta A$  меньше расчетного, то  $H_{wg} < H_{wc}$ .

Используя полученные выражения, можно определить рациональные схемы отработки тонких пологих пластов по фактору минимальные удельные энергозатраты.

На рис. 2.12 - 2.15 приведены зависимости удельных энергозатрат от мощности присечки и угольного пласта, а также применяемой схемы отработки. Во всех случаях  $H_w$  на добычу угля при отдельной выемке, ниже чем на добычу угля, приведенного к норме зольности, при валовой отработке, но в то же время - выше чем удельные энергозатраты на добычу горной массы.

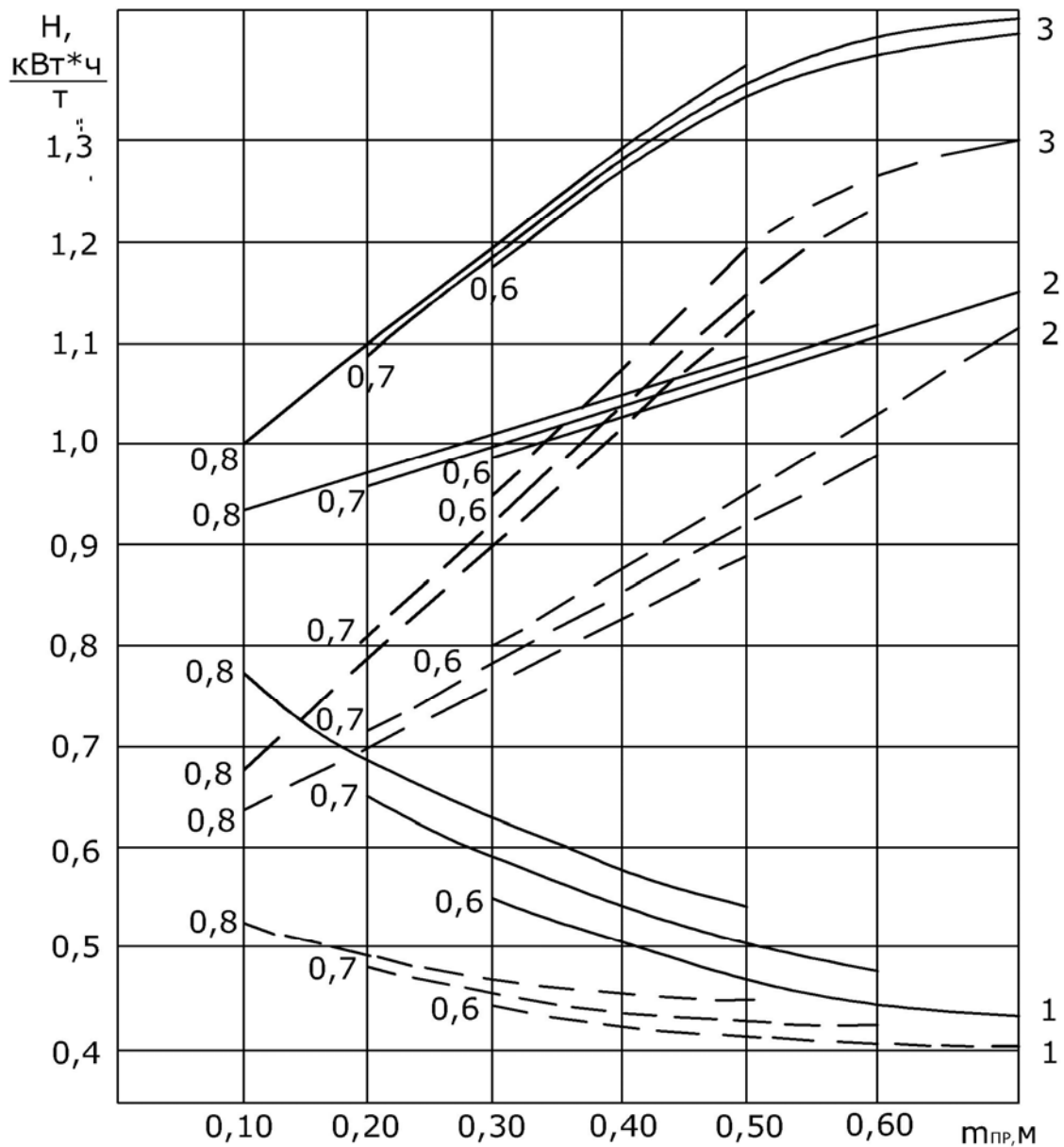


Рисунок 2.12 – Зависимость удельных энергозатрат от мощности пласта и присекаемых пород кровли:

1 - по горной массе при валовой выемке;

2 - по углю при отдельной выемке;

3 - приведенные по золе, при валовой выемке;

\_\_\_\_\_ - Западный Донбасс; \_\_\_\_\_ - Львовско-Волынский бассейн.

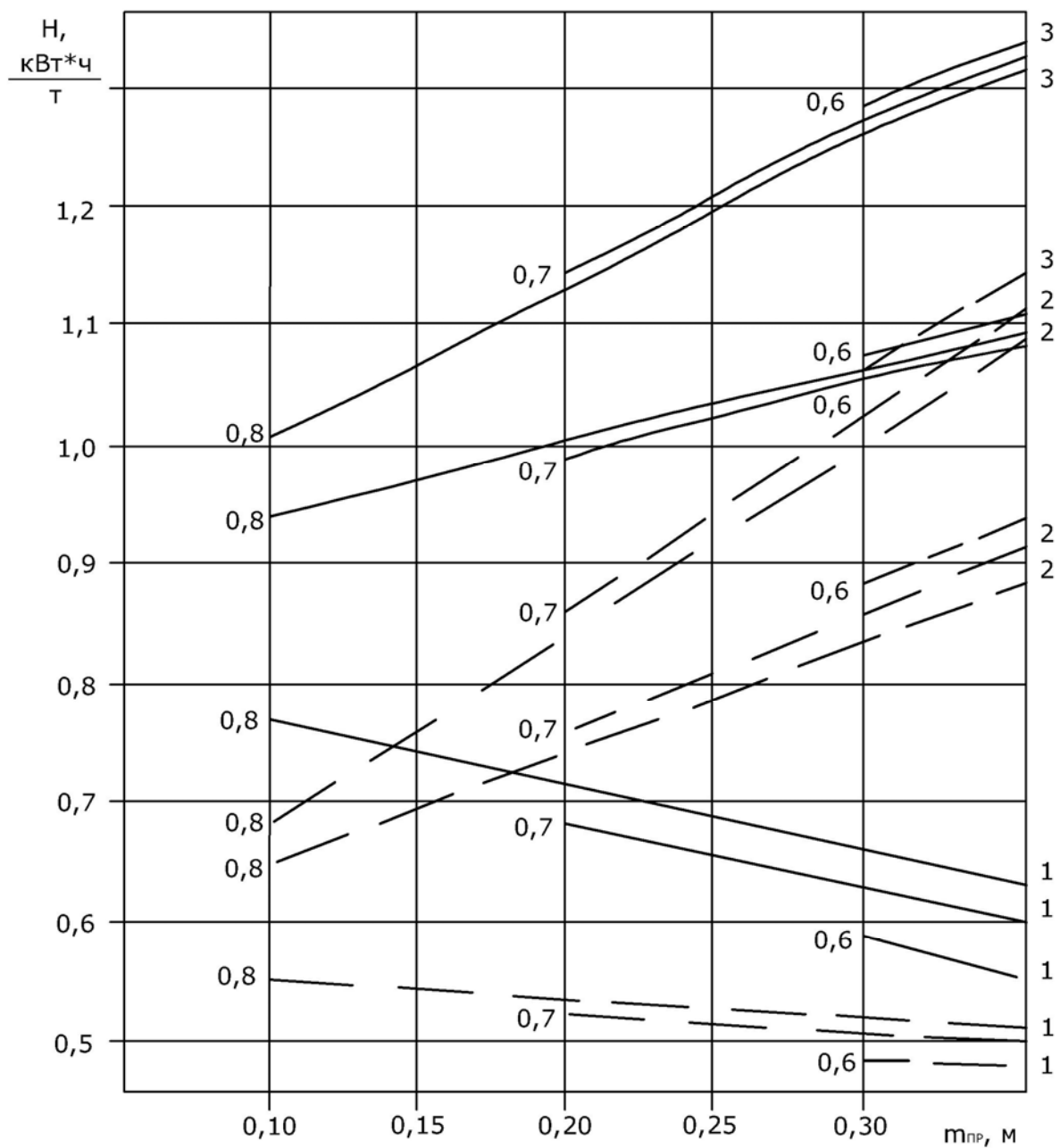


Рисунок 2.13 – Зависимость удельных энергозатрат от мощности пласта и присекаемых пород почвы:

1 - по горной массе, при валовой выемке;

2 - по углю при раздельной (за один проход комбайна) выемке;

3 - приведенные по золе при валовой выемке;

\_\_\_\_\_ - Западный Донбасс; \_\_\_\_\_ - Львовско-Волинский бассейн.

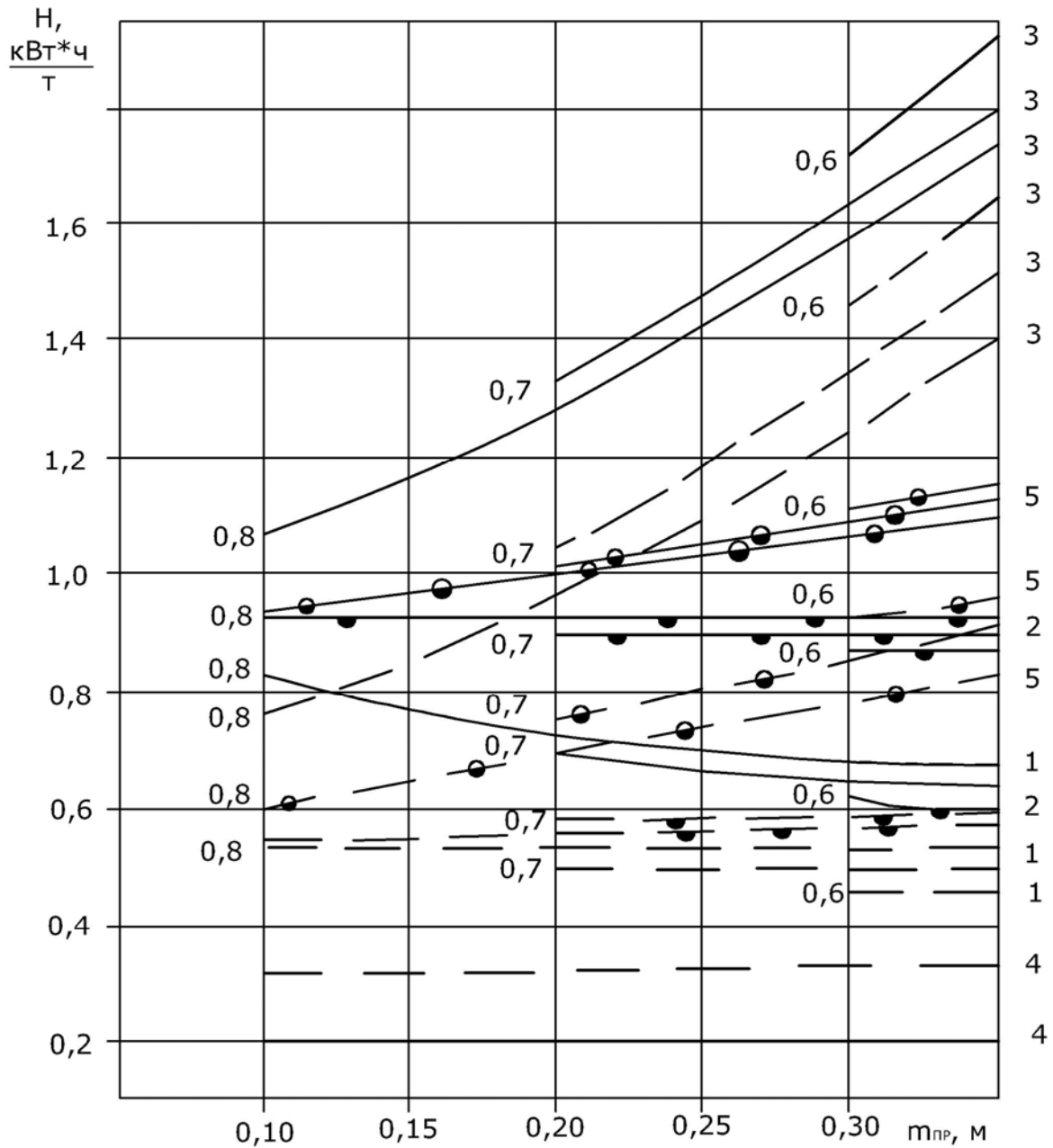


Рисунок 2.14 – Зависимость удельных энергозатрат от мощности пласта и присекаемых пород почвы:

- 1 - по горной массе при валовой выемке;
  - 2 - по углю при раздельной (за два прохода комбайна) выемке;
  - 3 - приведенные по золе при валовой выемке;
  - 4 - по породе;
  - 5 - общие при раздельной выемке;
- \_\_\_\_\_ - Западный Донбасс; \_\_\_\_\_ - Львовско-Волынский бассейн.

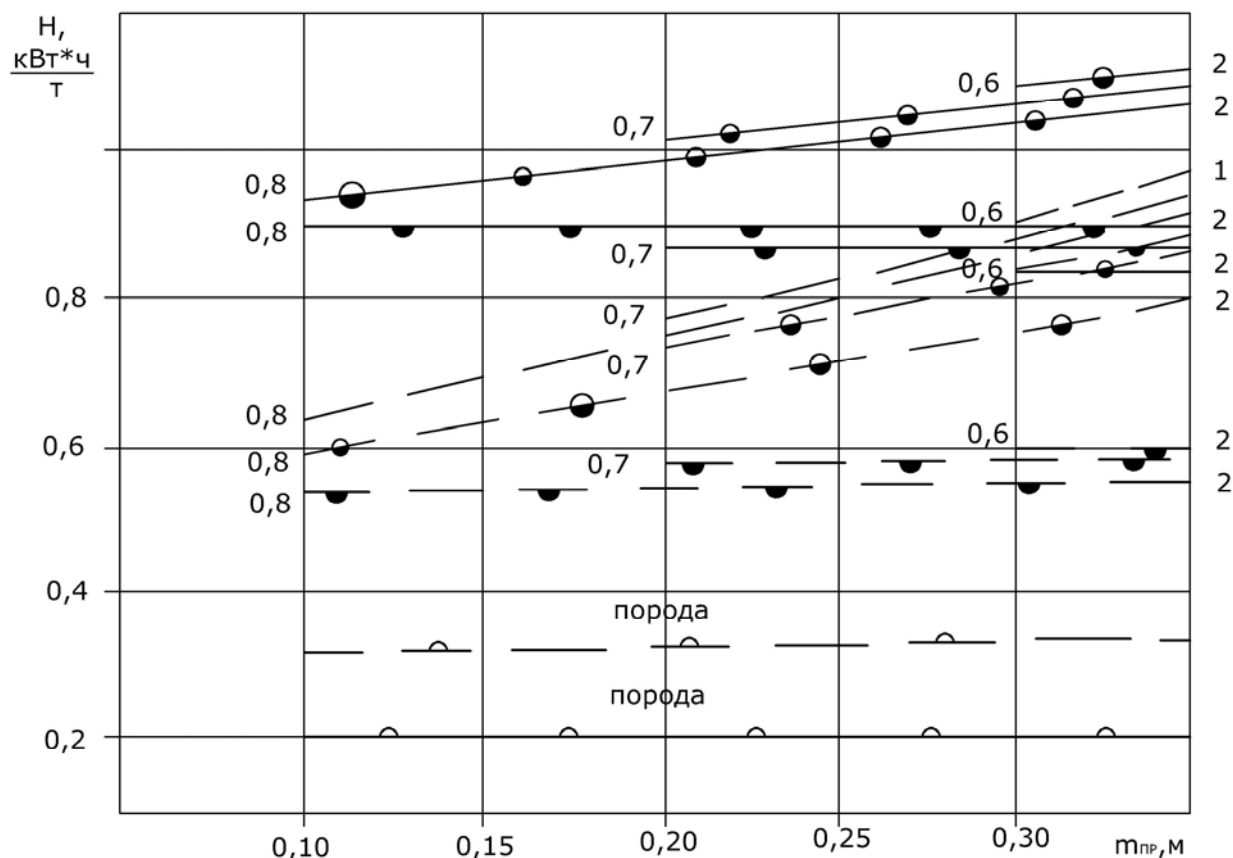


Рисунок 2.15 – Зависимость удельных энергозатрат от мощности пласта и присекаемых пород почвы при раздельной выемке:

1 - за один проход комбайна;

2 - за два прохода комбайна;

\_\_\_\_\_ - Западный Донбасс; \_\_\_\_\_ - Львовско-Волынский бассейн.

На рис. 2.15 показаны зависимости удельных энергозатрат при двух схемах раздельной выемки пласта за один и за два прохода комбайна. Из рис. 2.15 видно, что в условиях Западного Донбасса удельные энергозатраты на добычу при двух проходах комбайна несколько выше, чем за один проход. В условиях же Львовско-Волынского бассейна при отработке пласта за один проход комбайна удельные энергозатраты выше, чем за два прохода комбайна. Причем с увеличением мощности присечки эта разница возрастает. Следовательно, с точки зрения уменьшения удельных энергозатрат на добычу 1т полезного ископаемого, наиболее рациональными являются: для условий шахт Львовско-Волынского бассейна раздельная выемка пласта за два прохода комбайна, а для шахт Западного Донбасса - за один проход комбайна.

## **2.4. Принципиальные схемы селективной отработки тонких и весьма тонких пологих угольных пластов**

На основе выполненных исследований основных параметров технологии отработки угольных пластов с присечками боковых пород разработано двенадцать принципиальных схем селективной отработки пластов с присечками боковых пород. В составленной классификации каждая схема подразделяется по характеру и порядку выемки. Рассматриваются два вида отработки: с присечкой пород почвы и кровли. Порядок выемки может быть совмещенным во времени или последовательным (с предварительной выемкой угля или породы). Разработанные принципиальные схемы селективной отработки пластов приведены на рис. 2.16.

Схема 1.1 предусматривает предварительную выемку угольного пласта по всей лаве с последующей отбойкой присекаемых пород почвы. При этом обеспечивается возможность крепления кровли вслед за выемкой угля. Размеры исполнительного органа комбайна должны соответствовать мощности угольного пласта.

Схема 1.2 предусматривает предварительную выемку присекаемых пород почвы по всей лаве с последующей выемкой угольного пласта. Этот способ рекомендуется применять в лавах с крепким углем и мягкими породами почвы. Он обеспечивает не только снижение зольности добываемого угля, но и увеличение выхода крупных классов, резко падают энергозатраты на отбойку угля.

Схема 1.3 (1.3.1, 1.3.2) предусматривает одновременную выемку угля и пород почвы с опережающей выемкой угольного пласта. Для обеспечения одновременной выемки используют комбайн с разнесенными исполнительными органами. Размер опережающего исполнительного органа должен соответствовать мощности угольного пласта. Вслед за проходом комбайна производится крепление призабойной части лавы. При использовании специального конвейера; оснащенного устройствами, обеспечивающими погрузку отбитой породы, возможна передвижка конвейера на новую дорогу без перегона комбайна. То есть схема 1.3.1 обеспечивает возможность селективной выемки угольного пласта и присекаемой породы за один проход комбайна.

Схема 1.4 (1.4.1, 1.4.2) предусматривает одновременную выемку угля и пород почвы с опережающей выемкой присекаемой породы. Как и в предыдущем случае, используются комбайны с разнесенными исполнительными органами. Величина присечки определяется размерами применяемых органов. Рекомендуется при крепком угле и мягких породах

1. ПРИСЕЧКА ПОРОД ПОЧВЫ

2. ПРИСЕЧКА ПОРОД КРОВЛИ

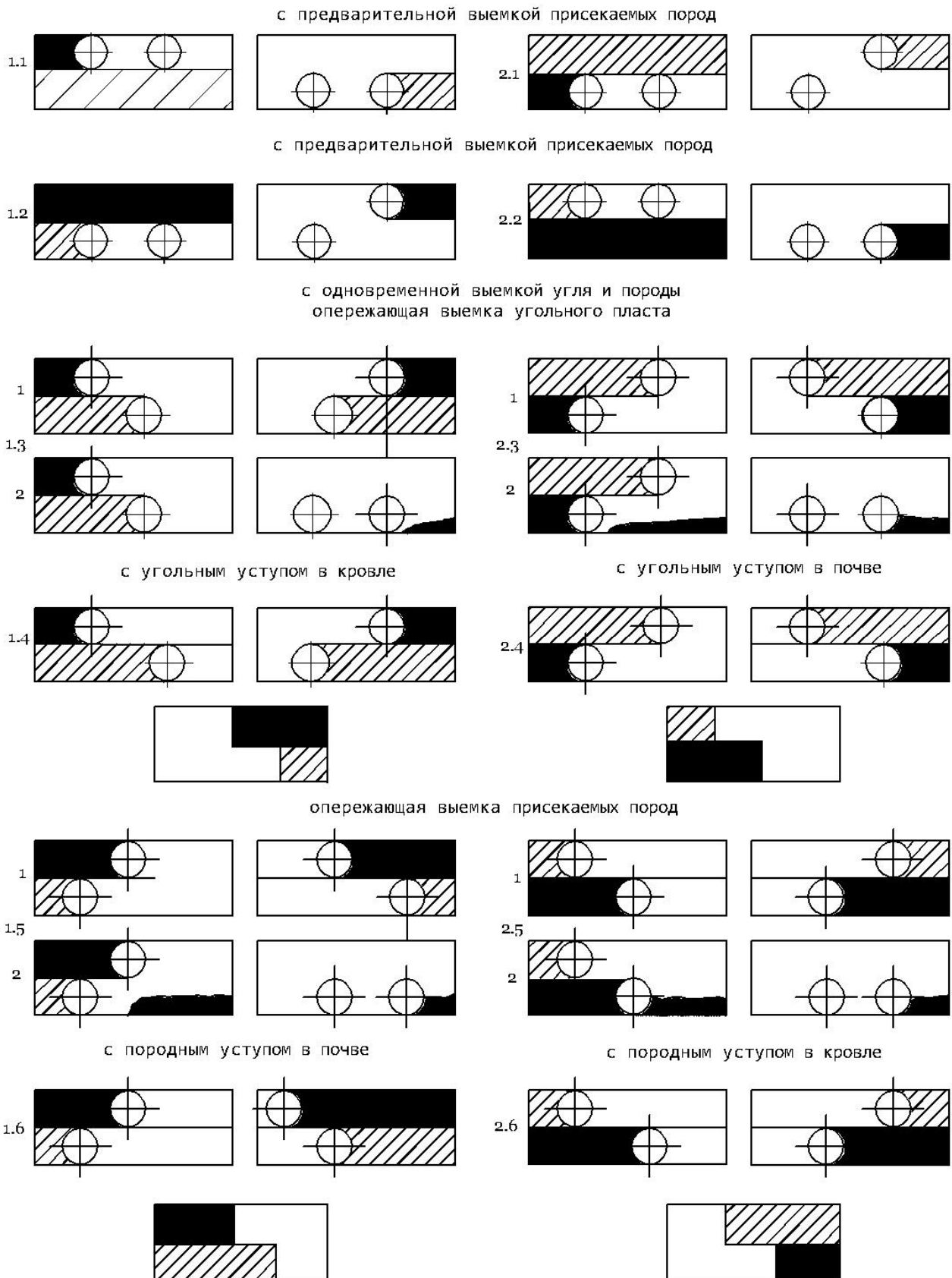


Рисунок 2.16 – Принципиальные схемы селективной отработки тонких и весьма тонких пластов

почвы. Обеспечивает увеличение выхода крупных классов, снижение материальных и энергетических затрат при отбойке крепких углей. Как и в предыдущей схеме возможна как односторонняя выемка угля и породы (1.4.2), так и челноковая за один проход комбайна (1.4.1).

Схема 1.5 предусматривает одновременную выемку угля и пород почвы с опережающей на ширину захвата выемкой угольного пласта. Для этого применяют очистные комбайны с разнесенными в горизонтальной плоскости исполнительными органами. Схема обеспечивает совмещенную выемку угля и породы за один проход комбайна. При использовании механизированного комплекса типа МКЗД она рекомендуется для отработки тонких и весьма тонких угольных пластов в сложных горно-геологических условиях.

Схема 1.6 предусматривает одновременную выемку угля и пород почвы с опережающей на ширину захвата выемкой присекаемых пород. Рекомендуется для отработки крепких угольных пластов со слабыми породами почвы.

Схема 2.1 предусматривает предварительную выемку угольного пласта по всей лаве с последующей отбойкой присекаемых пород кровли. Рекомендуется для пластов с крепкими породами почвы и кровли. Схема обеспечивает возможность отбойки крепких пород кровли серийными комбайнами со значительным уменьшением пылеобразования.

Схема 2.2 предусматривает предварительную выемку присекаемых пород кровли с последующей выемкой угольного пласта. Это обеспечивает возможность крепления обнажаемой кровли, увеличивает выход крупных классов угля. При выемке крепких угольных пластов уменьшаются материальные и энергетические затраты на отбойку угля. Рекомендуется применять на пластах с ложными кровлями небольшой мощности. При этом диаметр исполнительного органа комбайна должен соответствовать мощности ложной кровли.

Схема 2.3 (2.3.1, 2.3.2) предусматривает одновременную выемку угля и пород кровли с опережающей выемкой угольного пласта. Схема обеспечивает возможность селективной выемки угля и породы за один проход комбайна (2.3.1). Рекомендуется при слабой крепости угля и крепких вмещающих породах почвы и кровли.

Схема 2.4 (2.4.1, 2.4.2) предусматривает одновременную выемку угля и пород кровли с опережающей выемкой присекаемой породы, обеспечивает возможность работы по челноковой схеме (2.4.1). Рекомендуется при слабых и ложных кровлях (небольшой мощности) и крепких углях. Обеспечивает уменьшение энергозатрат на добычу и увеличение выхода крупных классов.



Схема 2.5 предусматривает одновременную выемку угля и пород с опережающей на ширину захвата выемкой присекаемой породы. Для этого можно использовать комплекс очистных машин типа МКЗД, который обеспечивает совмещенную выемку угля и породы за один проход комбайна. Использование сил горного давления для разрушения угольного уступа позволяет значительно уменьшить материальные и энергетические затраты на добычу угля, а сплошное перекрытие призабойной части лавы - ликвидировать вывалы пород кровли. Схема рекомендуется при обработке тонких и весьма тонких угольных пластов в сложных горно-геологических условиях.

Схема 2.6 предусматривает одновременную выемку угля и пород кровли с опережающей на ширину захвата выемкой присекаемой породы. Схема рекомендуется для пластов с крепкими боковыми породами и устойчивой кровлей[100].

## Выводы

1. Установлена зависимость минимальной вынимаемой мощности пласта, осно-ванная на известных, полученных учеными ДонУГИ и ВНИМИ, аналогичных зависимостях  $m_{min}$  от конструктивных параметров оборудования очистного забоя и горно-геологических условий отработки, отличающаяся тем, что она одновременно учитывает физиологические параметры, необходимые для обеспечения высокой производительности труда, технологические и временные параметры, характеризующие особенности применяемой технологии, а также максимальные сближения боковых пород в лаве. Это позволяет использовать ее при определении минимально возможной вынимаемой механизированными комплексами мощности и необходимой присечки боковых пород как при валовой, так и при селективной отработке пластов.

2. Установлена зависимость скорости подачи очистного комбайна от потребляемой его двигателями мощности, ширины захвата и горно-геологических условий отработки, отличающаяся тем, что в ней учтен порядок выемки угольной и породной пачек пласта, а также их ослабление за счет опережающего вруба, В результате полученное выражение позволяет определять скорость подачи комбайна при различных вариантах отдельной выемки пластов.

3. Установлена зависимость коэффициента машинного времени от технологических параметров очистного забоя, которая в отличие от известных, дополнительно учитывает влияние мощности угольного пласта и присекаемых боковых пород, схему отработки пласта и время на выемку собственно угля и присечку пустых пород, что позволяет использовать ее при селективной отработке пластов.

4. Установлена зависимость удельных энергозатрат от потребляемой мощности комбайна, ширины захвата и горно-геологических условий отработки, которая, в отличие от известных, учитывает применяемую технологию отработки пласта и качество добываемого при этом угля. Это позволяет применять данную зависимость при различных схемах выемки пластов, обрабатываемых с присечками пустых пород и производить сравнительный анализ этих схем с учетом качества продукции.

5. Установлена зависимость зольности добываемого угля, основанная на соответствующих рекомендациях известных методик и отличающаяся тем, что в ней учтена полнота погрузки присекаемых пород при отдельной выемке. Это позволяет с большей точностью определять величину зольности при различных схемах отработки тонких и весьма тонких угольных пластов с присечками боковых пород.

6. Установлено, что при отработке пластов с присечками пустых пород производительность очистных комбайнов необходимо определять с учетом качества добываемого угля, для чего в известное выражение эксплуатационной производительности введен коэффициент, учитывающий скидки за превышение нормы зольности. Это позволяет оценивать работу очистных забоев и шахты в целом не по валу или горной массе, а по чистому товарному углю.

7. Анализ результатов расчетов, выполненных с использованием полученных зависимостей, в частности, показал, что:

- для условий отработки тонких пологих пластов Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна вынимаемая мощность должна быть не ниже 0,90...0,95 м для комплексов КМК97 и КМК98; 1,02...1,05 м – для комплекса КД80 и 0,87...0,9 м - для 1КМ103, выемка пластов меньшей мощности возможна только с присечками боковых пород;

- скорость подачи комбайна при выемке пласта имеющего две плоскости обнажения практически не зависит от крепости и мощности угля и присекаемой породы (при  $m \leq 0,8$  м и  $m_{np} \leq 0,35$  м) и может достигать максимально возможных величин ( $V \leq V_{don}$ );

- практически во всех случаях удельные энергозатраты на добычу чистого угля при отдельной выемке ниже, чем на добычу угля приведенного к норме зольности, при валовой отработке пласта;

- увеличение присечки на 0,01м при валовой выемке пластов различной мощности ( $0,6 \text{ м} \leq m_y \leq 0,8 \text{ м}$ ) приводит к дополнительному засорению добываемого угля на 0,4...1,2%; при отдельной выемке за один проход комбайна - на 0,1...0,2%, а за два прохода комбайна - практически не влияет на качество добываемого угля;

- производительность комбайна, приведенная к норме зольности, при

валовой выемке практически во всем диапазоне присечек от 0,10 до 0,70 м значительно ниже, чем при отдельной отработке пластов.

8. При селективной отработке тонких и весьма тонких угольных пластов существующими механизированными комплексами машин возможно применение двенадцати принципиальных схем, шесть из которых – с присечкой пород почвы и столько же с присечкой пород кровли.

## ГЛАВА 3. ШАХТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОЙ ОТРАБОТКИ ПЛАСТОВ

### 3.1 Общие положения

Для проверки основных теоретических положений и получения значений фактических параметров процессов при различных схемах отработки тонких угольных пластов, на шахтах Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна проведен ряд натуральных исследований. Кроме этого, целью исследований являлось также установление технической возможности и экономической целесообразности технологии селективной отработки пластов, получение фактических величин параметров различных технологий для обоснования рациональных областей и объемов их применения в конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Исследования проводились по специально разработанной методике, учитывающей основные правила и требования известных отраслевых методик.

### 3.2 Характеристика условий и места испытаний

Исследования выполнены в лавах, обрабатывающих наиболее характерные для Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна тонкие пологие пласты. Горно-геологическая и горнотехническая характеристики лав представлена в табл. 3.1. Стратиграфические колонки пластов вмещающих пород изображены на рис. 3.1. Из табл. 3.1 видно, что мощности обрабатываемых угольных пластов изменялись в пределах от 0,65 до 0,82 м, мощности присечки от 0,2 до 0,8 м, а крепость присекаемых боковых пород - от  $f = 1,5$  до  $f = 5$  по классификации проф. М.М. Протодьяконова. Крепость и сопротивляемость резанию угольных пластов и вмещающих боковых пород в лавах рассматриваемых объединений различна. Так, если на шахтах Западного Донбасса сопротивляемость угля резанию почти в два раза выше чем сопротивляемость резанию присекаемых пород, то на шахтах Львовско-Волынского бассейна наоборот, сопротивляемость породы практически в два раза превышает сопротивляемость резанию угольных пластов. Поэтому правомочно интерпретировать некоторые результаты исследований, например, скорость подачи комбайна, энергозатраты, время выемки и др., полученные в одном регионе на условия другого, условно заменив при этом взаимное расположение угля и присекаемой породы. Так, результаты, полученные при работе с предварительной выемкой пласта и присечкой пород почвы в Западном Донбассе можно рассматривать как полученные в условиях Львовско-Волынского бассейна с предварительной выемкой пород кровли и последующей отработкой пласта и наоборот. Приняв такое предположение, можно значительно расширить область рассматриваемых технологических схем.



Таблица 3.1 – Горно-геологическая и горнотехническая характеристика исследуемых лав

Показатели	“Павлоградуголь”				“Укрзападуголь”			
	шахта Западно-Донбасская		шахта Днепровская	шахта Благодатная	" шахта №5 "Великомостовская		Шахта №5 "Нововольнская"	
	пласт С <sup>В</sup> <sub>8</sub> лава 905	пласт С <sup>Н</sup> <sub>8</sub> лава 814	пласт С <sup>В</sup> <sub>8</sub> лава 859	пласт С <sub>7</sub> лава 708	пласт п <sup>В</sup> <sub>7</sub> лава 21	пласт п <sup>В</sup> <sub>7</sub> лава 24	пласт п <sub>7</sub> лава 17	пласт п <sub>7</sub> лава 26
Мощность угольного пласта, м	0,7	0,7	0,82	0,7-0,8	0,68-0,75	0,65-0,72	0,68-0,8	0,7-0,77
Мощность присекаемой породы, м	0,4	0,4	0,28	0,7-0,8	0,3-0,35	0,3-0,35	0,3-0,22	0,32-0,25
Расположение присечки	почва	почва	почва	кровля	почва	кровля	почва	почва
Коэффициент крепости угля	3	3	3	3	1,5-2	1,5-2	2	2
Коэффициент крепости породы	1,5	2	2	2	3	3-3,5	4-5	4-5
Сопротивляемость угля резанию, кН/м	280	290	30	300	180	180	200	200
Сопротивляемость породе резанию, кН/м	160	170	180	170	320	340	450	450
Непосредственная почва	алевролит	алевролит	алевролит	алевролит	сланец песчано-глинистый "кучерявичик"		углистый сланец	
Непосредственная кровля	аргиллит	аргиллит	аргиллит	угольная пачка	алевролит	алевролит	алевролит	алевролит
Длина лавы, м	170	180	180	175	170	175	150	150
Добычная техника	КД80 1К101	КД80 1К101	КД80 1К101	КМ88 1К101	КМК97 1К101(2)	КМК97 1К101(2)	1КМ103 1К103	1КМ103 1К103
Ширина захвата, м	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Зольность добываемого угля, %	56,0	-	-	47,9	-	61,0	43,9	-
Зольность угля пластовая, %	12	-	-	19,5	-	36,2	17,8	-
Зольность присекаемой породы, %	93,0	-	-	89,0	-	90,0	79,0	-

### 3.3. Выбор технологической схемы

Для выбора рациональной технологической схемы отработки в каждом конкретном случае проводится анализ горно-геологических, горнотехнических и экономических параметров. Основным критерием оценки той или иной схемы является ее техническая целесообразность и экономичность. Отобранная технологическая схема должна обеспечивать наивысшие технико-экономические показатели не только по лаве, но и по шахте в целом. Ограничивающими факторами, в случае перехода с валовой выемки на раздельную, уже в процессе отработки пласта, служат горно-геологические условия и возможности технологического оборудования лавы. Однако даже в этом случае, как правило, можно найти не один, а несколько возможных вариантов технологии и отобрать наиболее целесообразный.

Для условий шахт Западного Донбасса, например, рациональными с точки зрения горно-геологических условий являются схемы с присечкой пород почвы, так как в случае присечки слабых кровель не исключена возможность нарушения их сплошности. С точки зрения уменьшения энергозатрат на добычу 1 т угля наиболее экономичными являются схемы с предварительной или опережающей выемкой слабой породы, что позволяет ослабить крепкий и вязкий угольный пласт. Однако существующая горнодобывающая техника позволяет производить первоочередную выемку пород почвы минимальной мощностью не менее 0,6 м. Поэтому необходимо технически и экономически обосновать эффективность и целесообразность этой схемы, сравнивая ее с более простыми схемами, предусматривающими предварительную выемку угольного пласта. В последнем случае мы теряем на увеличении удельных энергозатрат, однако, выигрываем на уменьшении объемов вынимаемой породы, так как появляется возможность регулировать мощность присечки.

В условиях шахт Львовско-Волынского угольного бассейна, где породы кровли в основном не ниже средней устойчивости, возможно применение как схем с присечкой почвы, так и схем с присечкой кровли.

Существующая выемочная техника, как показали эксперименты, позволяет производить присечки боковых пород крепость которых не превышает  $f=3...4$  по шкале проф. М.М. Протодьяконова.

Основываясь на изложенном, критически оценив все возможные варианты отработки и произведя анализ их технической и экономической эффективности, были отобраны наиболее рациональные, для исследуемых горно-геологических и горнотехнических условий, технологические схемы раздельной выемки (табл. 3.2).

Таблица 3.2 – Реализованные технологические схемы

Регион, шахта, лава	№ пл	Выемочная техника	Технология
Западный Донбасс			
Шахта Западно-Донбасская			
1. Лава 905,	C <sub>8</sub> <sup>B</sup>	"Донбасс", 1К101	валовая; селективная (1.1)
2. Лава 814,	C <sub>8</sub> <sup>H</sup>	"Донбасс", 1К101	валовая; селективная (1.1)
Шахта "Днепровская"			
3. Лава 1026	C <sub>10</sub> <sup>B</sup>	"Донбасс", 1К101	валовая; селективная (1.1)
4. Лава 859	C <sub>8</sub> <sup>B</sup>	"Донбасс", 1К101	валовая; селективная (1.1)
Шахта "Благодатная",			
5. Лава 708	C <sub>7</sub>	КМ-88, 1К101	валовая; селективная (2.2)
Львовско-Волынский бассейн			
Шахта №5 "ВМ",			
6. Лава №21	n <sub>7</sub> <sup>B</sup>	КМК-97, 1К101	валовая; селективная (1.1)
7. Лава №24	n <sub>7</sub> <sup>B</sup>	КМК-97, 1К101	валовая; селективная (2.1)
Шахта №5 "НВ",			
8. Лава №17	n <sub>7</sub>	1КМ103, 1К101	валовая; селективная (1.1, 1.3.1)
9. Лава №26	n <sub>7</sub>	1КМ103, 1К103	валовая; селективная (1.1)

Из данных таблицы видно, что для условий Западного Донбасса, где большинство лав с присечками оснащены механизированной крепью "Донбасс" и комбайном 1К101УД, наиболее простой является схема 1.1 с предварительной выемкой угольного пласта и последующей отбойкой мягких пород почвы. Такая технологическая схема апробирована в пяти очистных забоях. Фрагмент паспорта крепления лавы показан на рис. 3.2.

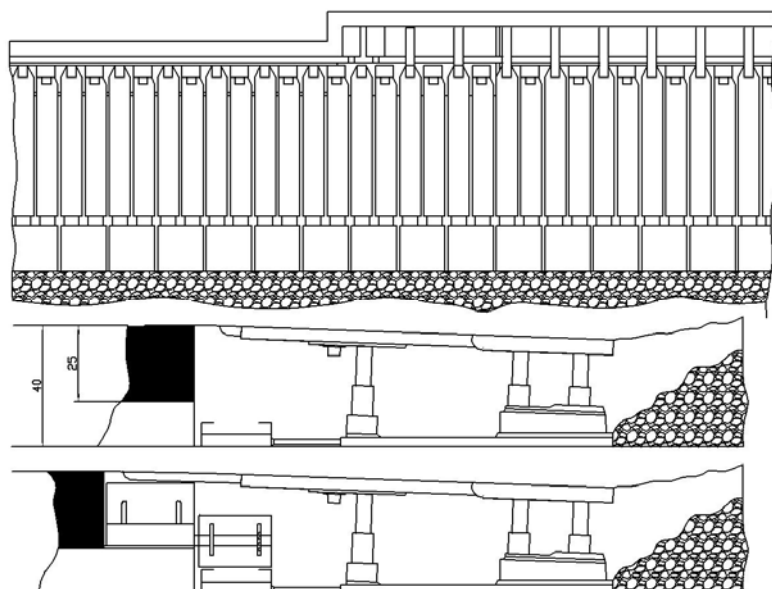


Рисунок 3.2 – Технология селективной отработки пласта с предварительной выемкой угля и последующей присечкой пород почвы в лаве, оборудованной механизированным комплексом "Донбасс"



В исходном положении секции крепи “Донбасс” подтянуты к конвейеру, а конвейер придвинут к забою. Комбайн находится в нише у бортового штрека и, начиная движение, производит выемку угольного пласта мощностью 0,7 и 0,8 м по всей длине лавы. С отставанием 1,0...1,5 м от рабочего органа комбайна выдвигаются верхняки секций механизированной крепи “Донбасс”. После выемки полосы угля и выхода к сборному штреку исполнительные органы опускаются и комбайн двигаясь в обратном направлении, производит выемку оставленного в почве породного уступа высотой 0,3...0,4 м. Вслед за проходом комбайна передвигают на новую дорогу секции крепи и став конвейера. Далее цикл повторяют.

Специфические горно-геологические условия 708-ой лавы пласта  $c_7$ , шахты “Благodatная” позволили апробировать схему 2.2 с предварительной выемкой пород кровли. Фрагменты паспорта крепления лавы показаны на рис. 3.3.

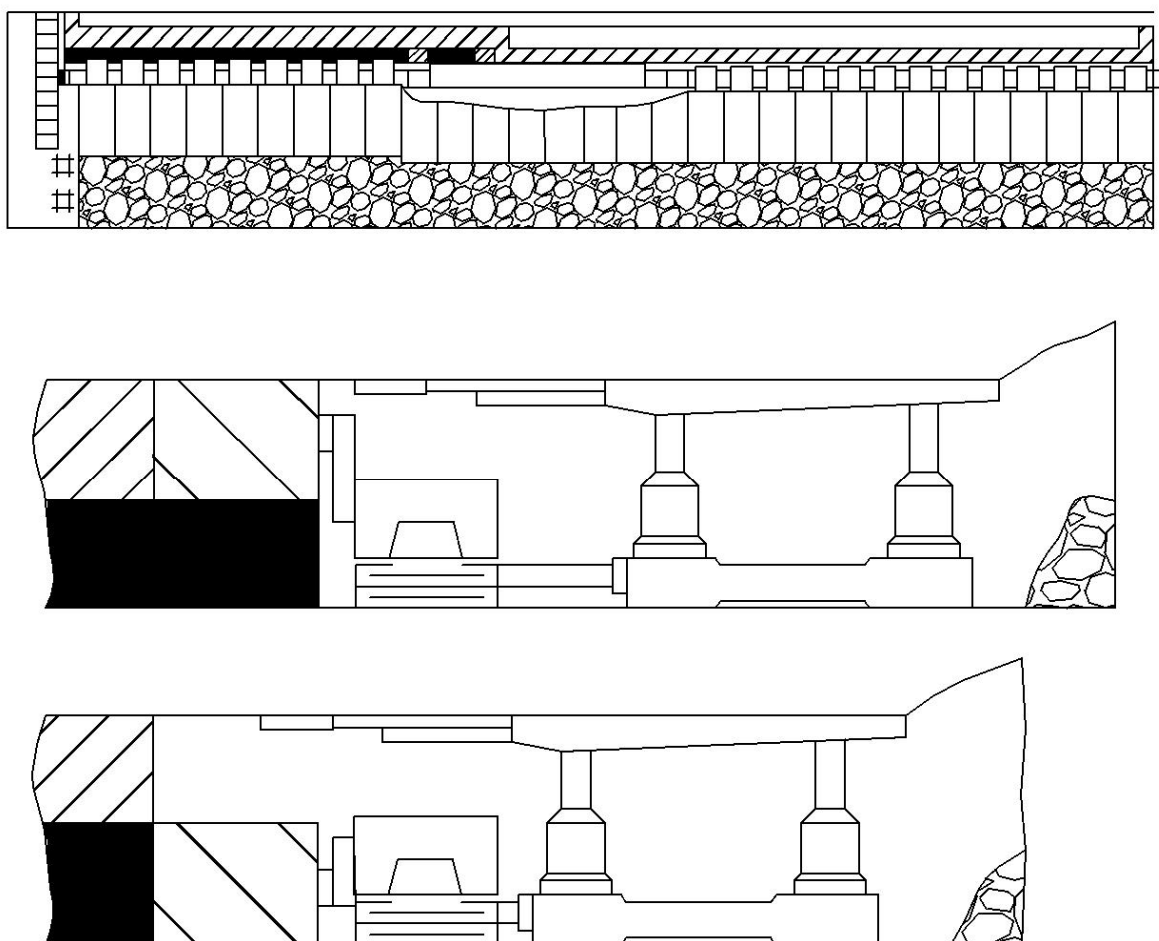


Рисунок 3.3 – Технология селективной отработки пласта с предварительной отбойкой присекаемых пород кровли и последующей выемкой угольного пласта в лаве, оборудованной механизированным комплексом КМ88

В исходном положении секции крепи М88 отстоят от конвейера на шаг передвижки (заряженная схема). Комбайн 1К101У, двигаясь от сборного штрека к бортовому, производит выемку присекаемой породы и части верхней пачки угольного пласта на общую мощность 0,7...0,8 м. Вслед за проходом комбайна передвигаются секции крепи. После выемки породы, двигаясь в обратном направлении вынимают угольный пласт, после чего производят фронтальную передвижку конвейера на новую дорогу. Далее цикл повторяют.

В условиях шахт Львовско-Волынского бассейна апробированы две схемы (1.1 и 2.1) в лавах, оборудованных механизированным комплексом КМК97, и две схемы (1.1 и 1.2) в лавах, оборудованных мехкомплексом 1КМ103, фрагменты паспортов очистных забоев, оборудованных комплексами КМК97, и схемы работы двух комбайнов 1К101 при отработке пласта с присечкой почвы и кровли показаны соответственно на рис. 3.4, 3.5, 3.6 и 3.7.

При работе с присечкой пород почвы за начало выемочного цикла принимается положение I (рис. 3.6), при котором основной комбайн находится в месте зарубки на расстоянии 20...30 м от бортового штрека, а вспомогательный комбайн – в верхней части лавы. Став конвейера в месте зарубки изогнут и повторяет конфигурацию забоя. Основным комбайном производится выемка угольного пласта от места зарубки до бортового штрека. Вслед за проходом комбайна производят передвижку секций крепи с управляемыми консолями. После прохода комбайна над секционирующим устройством и его включения вспомогательным комбайном осуществляют выемку и зачистку угольного пласта в верхней части лавы - положения II и III. Окончив выемку угольного пласта, основной комбайн останавливают в нижней части лавы, а вспомогательным комбайном вынимают и зачищают породный уступ, образованный в почве пласта от бортового штрека до места зарубки – положения IV и V. После этого основным комбайном производят отбойку и погрузку породы оставшегося уступа от сборного штрека до места зарубки. Вслед за выемкой породы передвигают секции крепи с рессорными консолями и став конвейера. Вырубавшись к месту зарубки, комбайн останавливают, производят передвижку отставших секций крепи и конвейерного става на новую дорогу, далее цикл повторяют.

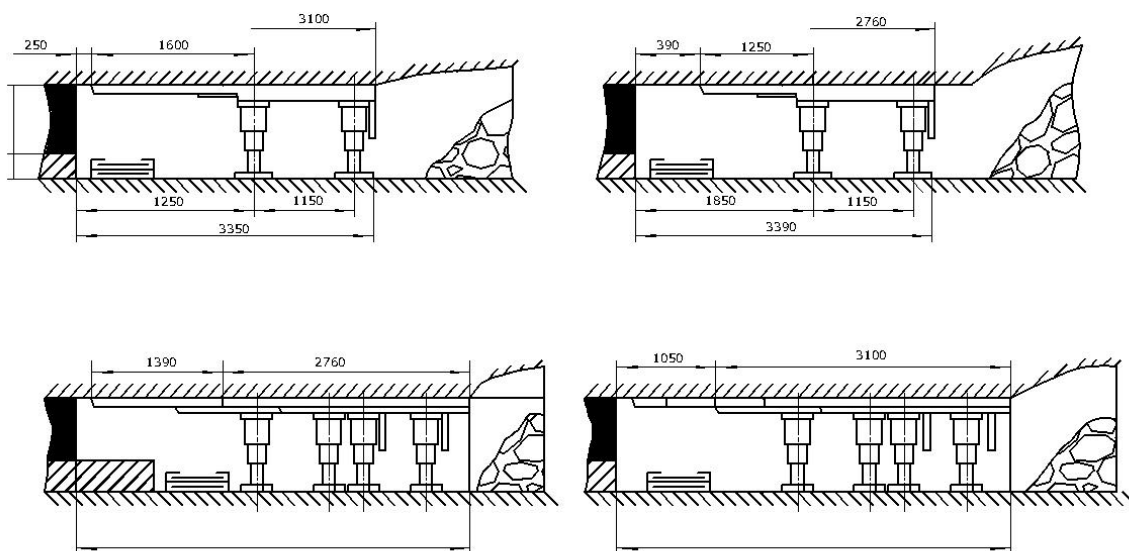
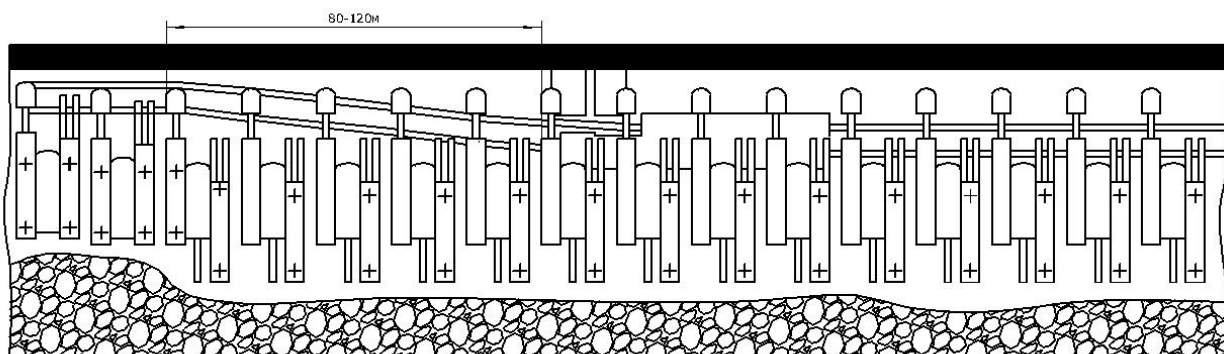
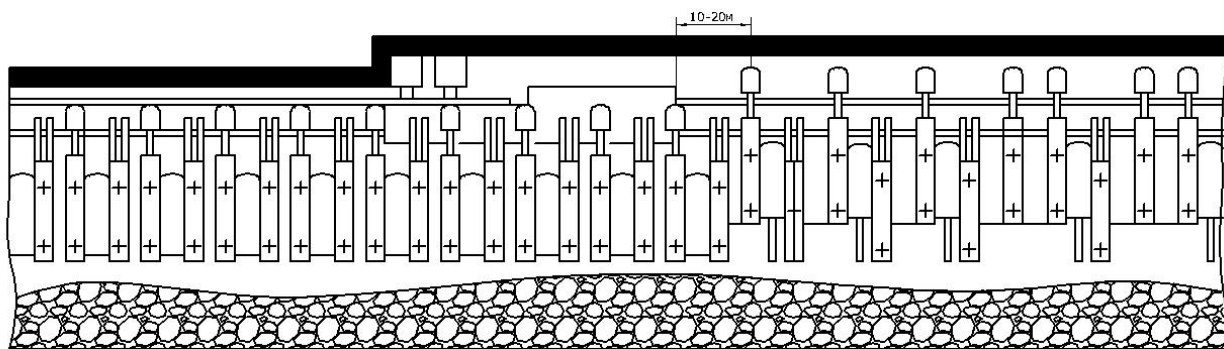


Рисунок 3.4 – Технология селективной отработки с присечкой пород почвы, за два прохода комбайна

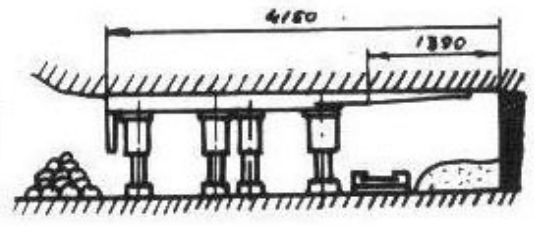
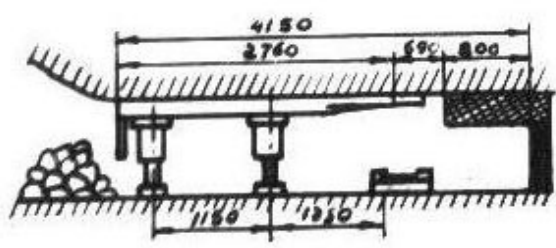
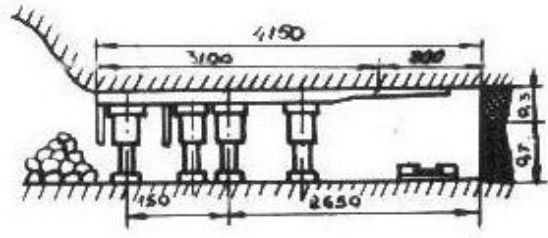
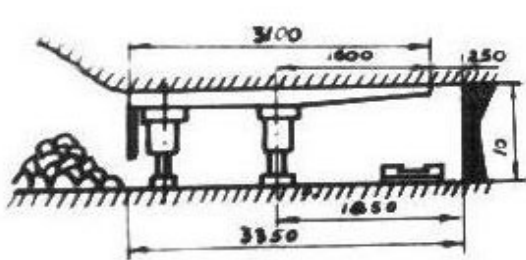
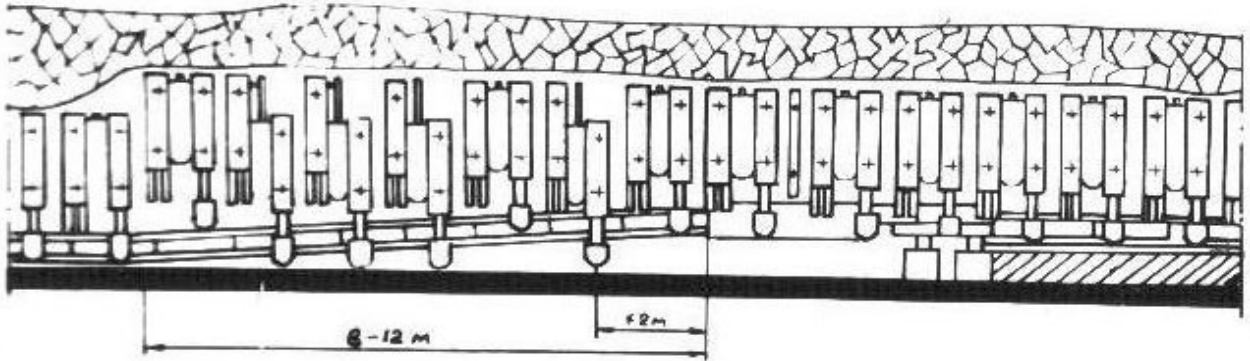
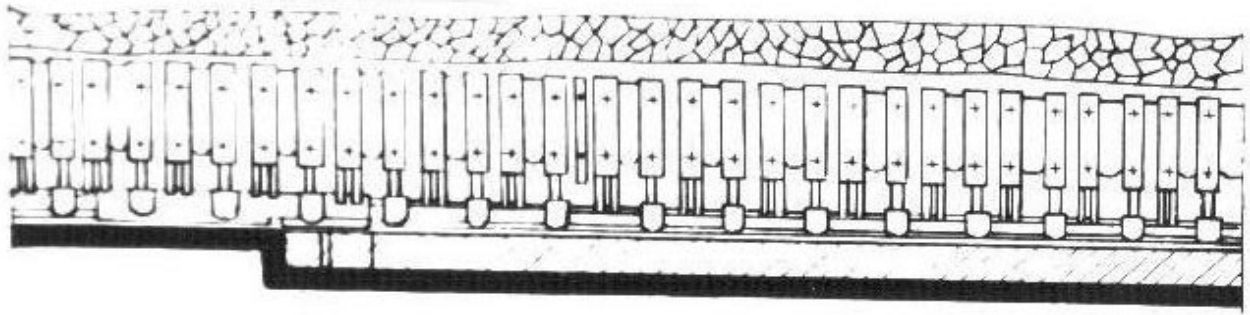
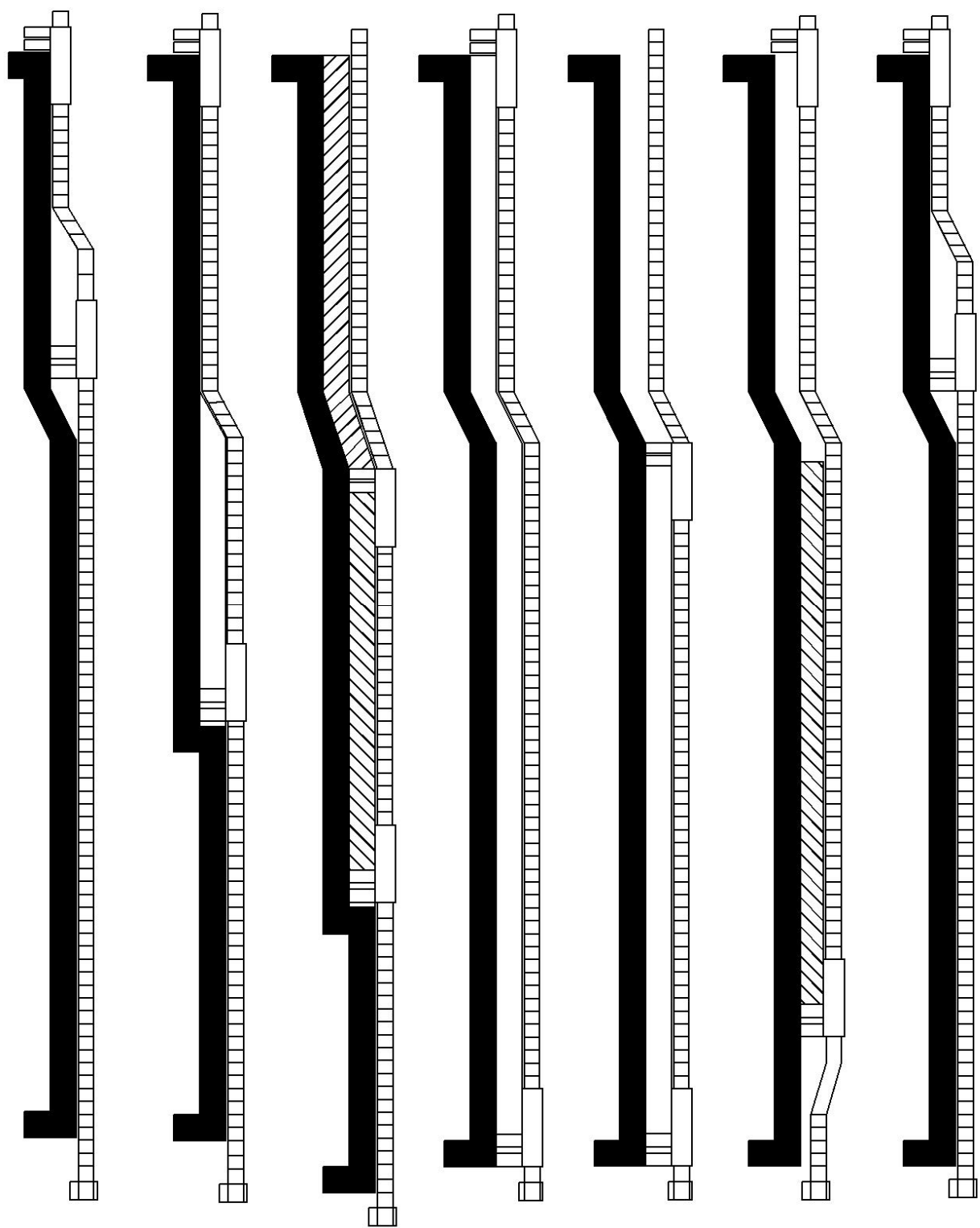
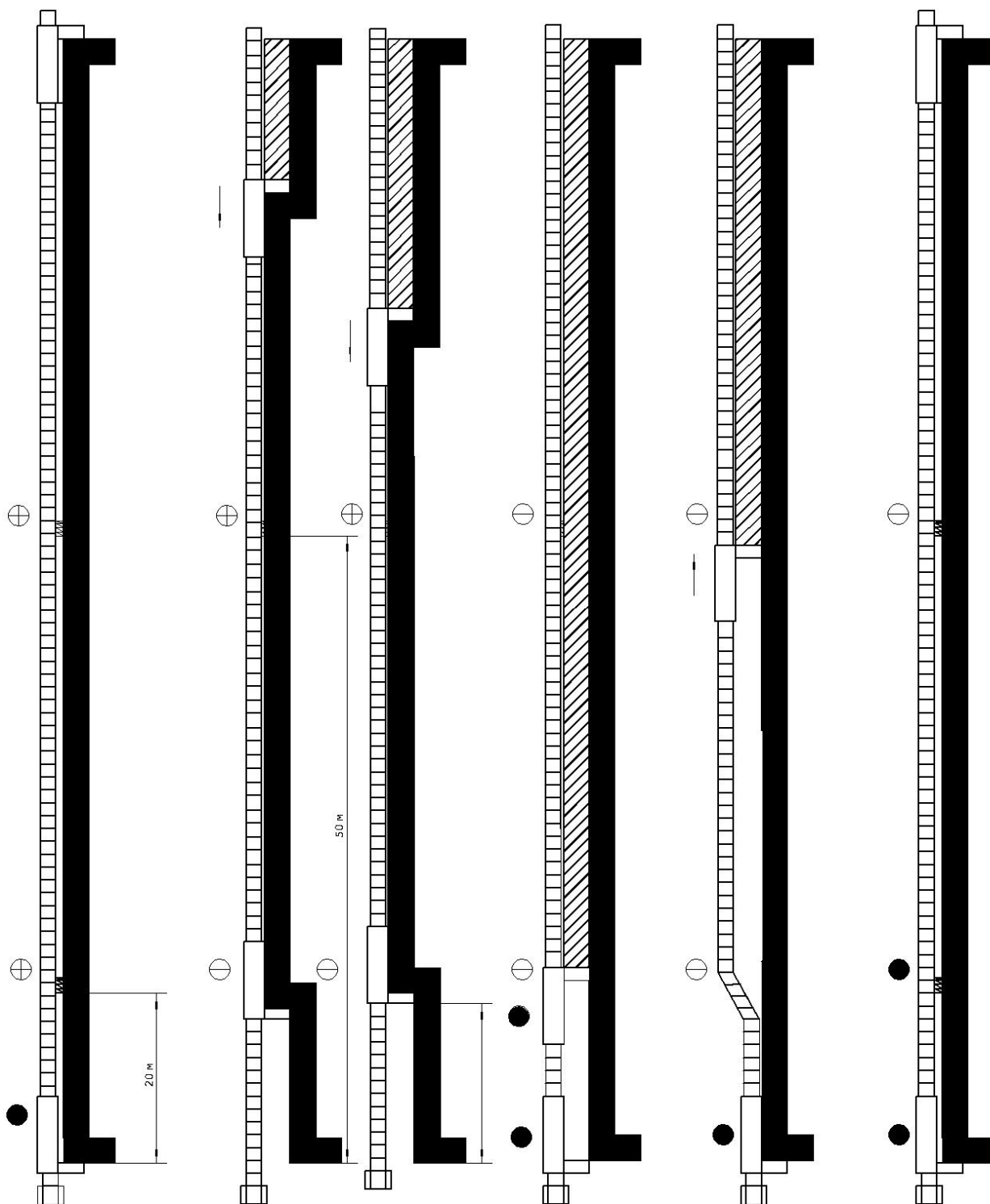


Рисунок 3.5 – Технология селективной отработки пласта с prisechкой пород кровли, за два прохода комбайна в лаве



*Рисунок 3.6 – Схема работы двух комбайнов 1К101 при отдельной выемке пласта с присечкой пород почвы*



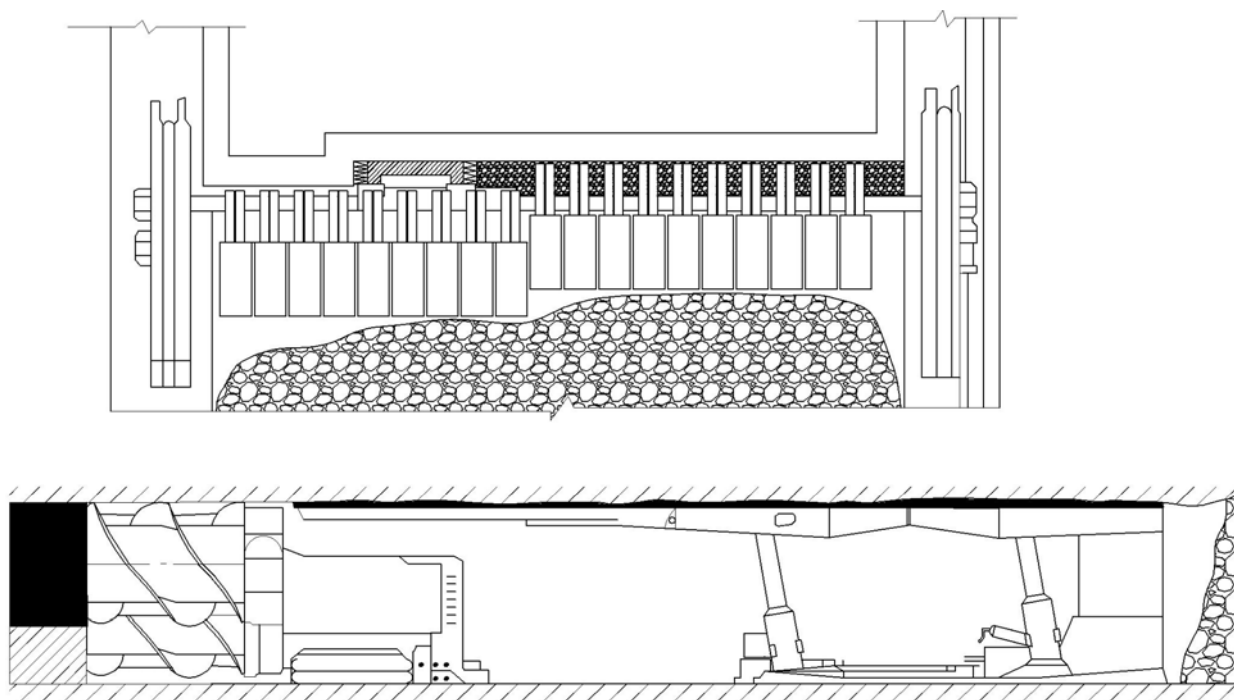
*Рисунок 3.7 – Схема работы двух комбайнов IK101 при отдельной выемки пласта с присечкой пород кровли*

При работе с присечкой пород кровли за начало выемочного цикла принимают положение I (рис. 3.7), при котором основной комбайн находится в верхней части лавы в положении зарубки, а вспомогательный в нижней части лавы. Двигаясь навстречу друг другу, основной и вспомогательный комбайны производят выемку пласта, основной - угля мощностью 0,7...0,8 м, с оставлением в кровле породного карниза мощностью 0,25...0,30 м, а вспомогательный – на всю вынимаемую мощность (положение II). Отойдя от сборного штрека на 15...20 м и подготовив место зарубки, вспомогательный комбайн движется в обратном направлении, производя зачистку почвы пласта (положение III). Вслед за передвижением вспомогательного комбайна к забою передвигают секции механизированной крепи. После окончания работ по выемке угля основным комбайном и выходом его на место зарубки производят профилактический осмотр комбайна, перемонтаж погрузочного лемеха и т.д. (положение IV). Подняв опережающий исполнительный орган очистного комбайна к кровле пласта и, двигаясь от места зарубки к бортовому штреку, осуществляют отбойку породного карниза и погрузку породы на конвейер (положение V). Вслед за подвиганием комбайна к забою выдвигают секции механизированной крепи с управляемыми консолями. С отставанием 10...12 м от комбайна производят передвижку става конвейера к забою, после чего передвигают секции с рессорными консолями. После вырубки основного комбайна на бортовой штрек производят комплекс мероприятий по подготовке к выполнению следующего цикла (положение VI). Далее цикл повторяют.

Фрагменты паспортов очистных забоев, оборудованных механизированным комплексом 1КМ103 при селективной отработке пласта за один и за два прохода комбайна, приведены соответственно на рис. 3.8 и 3.9.

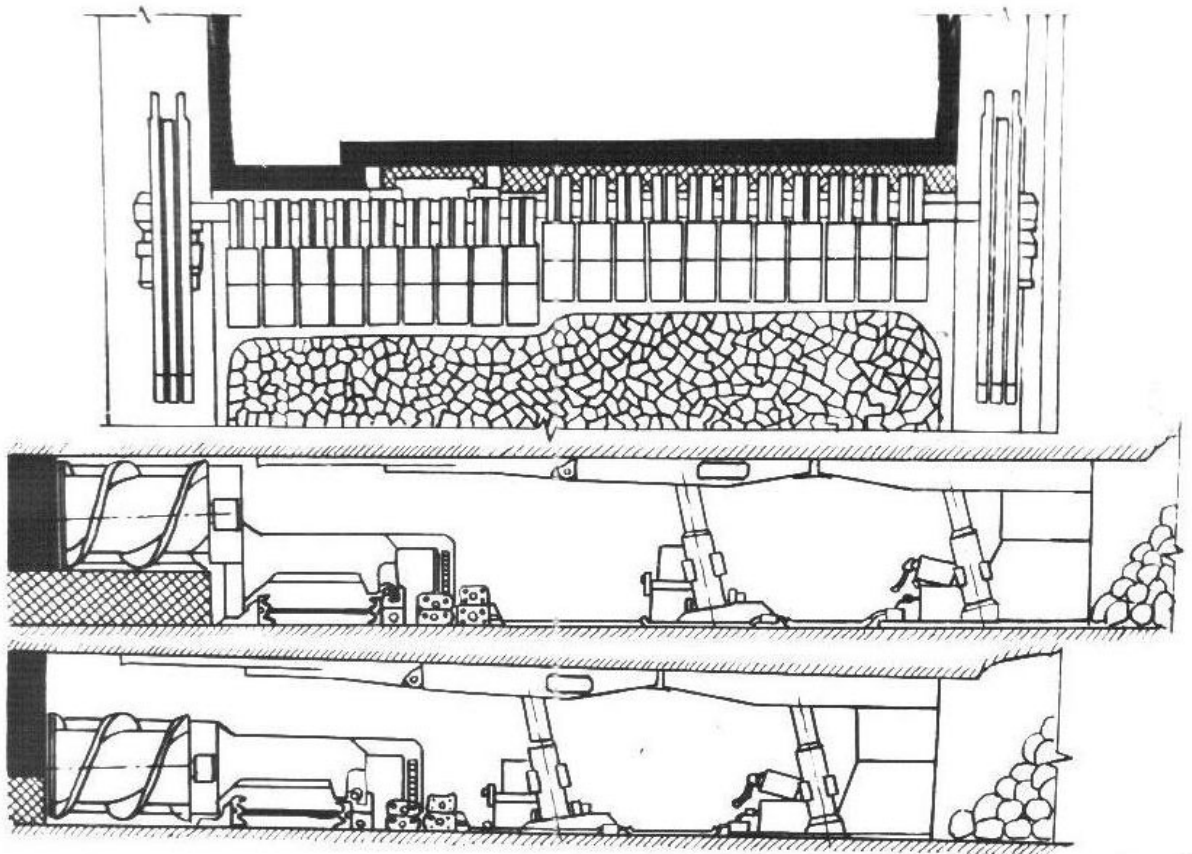
Технология работ при отработке пласта за один проход комбайна практически не отличается от технологии валовой выемки угля и присекаемых пород. Различие состоит в том, что опережающий шнек вынимая пласт, грузит уголь на конвейер, а отстающий шнек производит отбойку пород почвы (или кровли) без погрузки ее на конвейер. Выдача отбитой и заскладированной на почве пласта породы производят при передвижке забойного конвейера, осуществляют после завершения процесса выемки пласта.

При отработке пласта за два прохода комбайна основные процессы в лаве выполняются в следующей очередности: очистной комбайн 1К103 производит выемку угольного пласта мощностью 0,6 или 0,8 м (в зависимости от диаметра шнеков), вслед за проходом комбайна передвигают секции крепи (заряженная схема передвижки крепи), после выемки угля, двигаясь в обратном направлении



*Рисунок 3.8 – Технология селективной (за один проход комбайна) отработки пласта с присечкой пород почвы в лаве, оборудованной механизированным комплексом ИКМ103*





*Рисунок 3.9 – Технология селективной (за два прохода комбайна) отбойки пласта с присечкой пород почвы в лаве, оборудованной механизированным комплексом ИКМ103*

комбайн 1К103 производит отбойку и погрузку на конвейер присекаемых пород почвы (мощностью до 0,36 м), вслед за проходом комбайна на новую дорогу передвигают забойный конвейер, далее цикл повторяют.

### **3.4. Основные положения методики проведения исследований**

Для установления практических параметров валовой и селективной отработки пластов в представительных для рассматриваемых производственных объединений забоях выполнены натурные исследования. К примеру, в Западном Донбассе исследования были проведены в лавах, оборудованных в основном комплексом КД80, который получил широкое распространение на шахтах указанного объединения. Во Львовско-Волынском бассейне исследования проведены в лавах, оборудованных широко применяемыми здесь комплексами КМК97 и 1КМ103.

Согласно разработанной методике глубокому изучению подлежали:

1) горно-геологические и горнотехнические условия места проведения исследований, с использованием как шахтной документации, так и собственных наблюдений;

2) состояние, устойчивость, характер перемещения и обрушения слоев непосредственной кровли, породного или угольного уступа;

3) величины и скорости смещений боковых пород;

4) фактическое сопротивление и податливость стоек крепи. Замеры выполнялись с использованием манометров, самописцев, стоек СУИ, другой аппаратурой. Измерительными приборами оснащались 3-4 секции крепи расположенных в средней части лавы.

Работоспособность конвейера при транспортировании угля и породы оценивалась визуально. При этом выполнялись замеры скорости движения тяговой цепи, величины недодвижки конвейера до забоя и количества угля и породы, остающихся не погруженными после его передвижки на новую дорогу.

Длительность и объем выполняемых исследований зависели от конкретных условий и составляли от нескольких рабочих смен до нескольких месяцев. Причем в отдельных лавах исследования выполнены не в полном объеме, предусмотренном методикой, а выборочно, что объясняется сложностями организационного порядка. Однако, так как они проводились в идентичных горно-геологических и горнотехнических условиях, это позволило использовать их наряду с выполненными в полном объеме для обоснования фактических параметров валовой и селективной отработки пластов.

### 3.5. Результаты шахтных исследований

#### 3.5.1 Величины сближений боковых пород

Исследования величин сближений боковых пород и характера взаимодействия механизированных крепей и вмещающих пород проведены в трех лавах шахт Западного Донбасса и в двух лавах Львовско-Волинского бассейна. Работы в лавах выполнялись как при валовой, так и при селективной отработке пластов. Усредненные значения величин сближений боковых пород за цикл очистных работ на различных расстояниях от забоя приведены в табл. 3.3 и на рис. 3.10.

Суммарные сближения боковых пород на границе рабочего и выработанного пространства при различных схемах выемки и средствах механизации составляли: при валовой выемке в лавах, оборудованных крепью комплекса КД80 – 149...261 мм, крепью МК97 – 77...164 мм, крепью М88 – 175...201 мм.

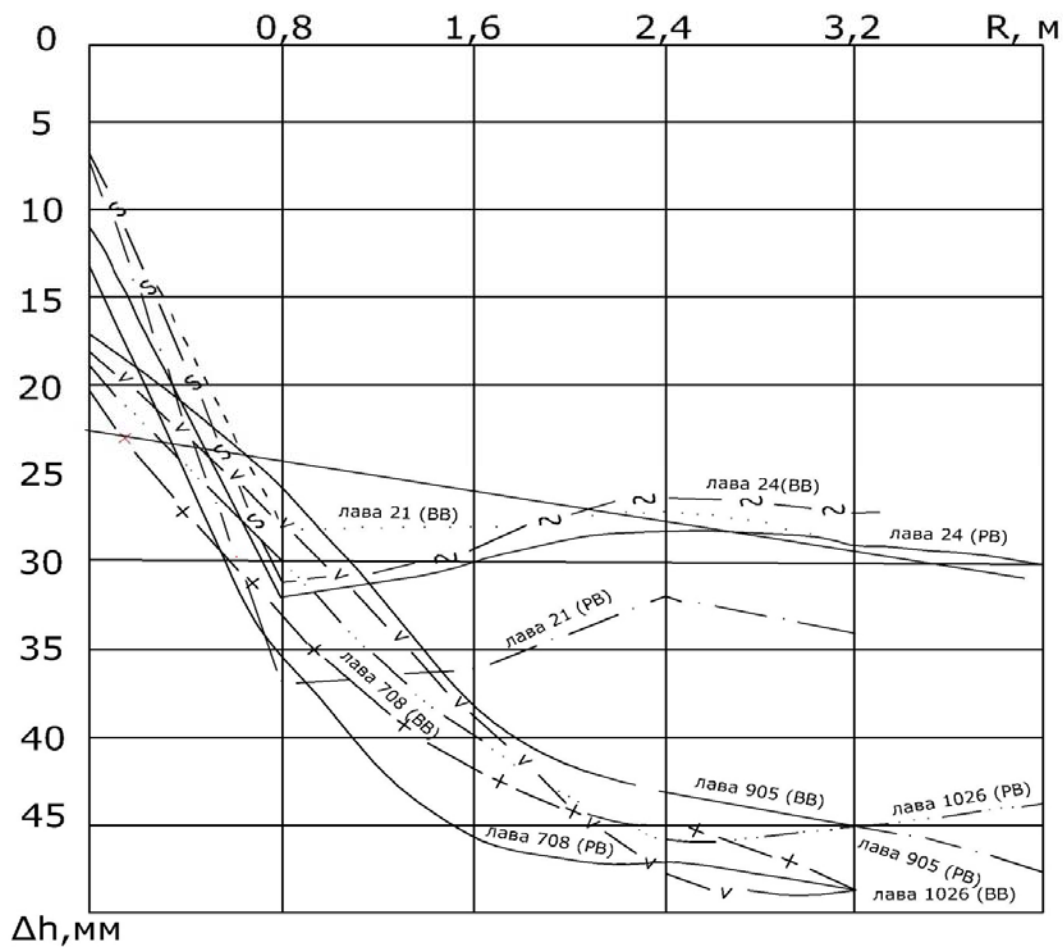


Рисунок 3.10 – Величины сближения боковых пород за цикл очистных работ на различных расстояниях от забоя

При раздельной выемке эти величины составляли соответственно: 195...261 мм, 103...211 мм и 189...214 мм. Наибольшие величины сближений наблюдались в лавах 905 и 1026, оборудованных комплексом КД80 в первом случае лава 905 с раздельной выемкой, а во втором (лава 1026) как с раздельной, так и с валовой. Это объясняется тем, что при принятой технологии нет возможности передвигать крепь вслед за выемкой угля.

Передвижку крепи и конвейера производили только после выемки породного уступа при обратном проходе комбайна. А в период от момента выемки угля и до выемки породы, кровля у забоя поддерживалась только выдвигными верхняками крепи комплекса КД80. В этом случае призабойное пространство лавы увеличивалось на 0,8 м, то есть на ширину захвата исполнительного органа комбайна, к тому же, как правило, возрастало время выемки одной полосы. Поэтому рост суммарных величин сближений можно объяснить увеличением времени нахождения одного и того же участка кровли в призабойном пространстве лавы.

Обращает внимание тот факт, что в лаве 708 уменьшились величины сближений боковых пород непосредственно около забоя. Это можно объяснить тем, что при раздельной выемке в кровле пласта оставляли угольную пачку мощностью 0,3...0,5 м. Вследствие чего не происходило обычного для Западного Донбасса "обреза" мягких пород кровли по кромке пласта. В лаве 24, также как и в первом рассматриваемом случае, рост величин сближений происходил в основном за счет увеличения призабойного пространства. Своевременной передвижке секции крепи с прижимными консолями мешал породный уступ, оставляемый в кровле пласта, в таблице приведены два значения величины сближения на расстоянии 0,8 м от забоя. Дело в том, что здесь замеряли как величины опускания породного уступа (числитель), так и непосредственно кровли (знаменатель). Значения величин сближения породного уступа несколько превышают соответствующие значения для непосредственной кровли пласта, что объясняется образованием в уступе системы горизонтальных трещин, которые, однако, на оказывали значительного влияния на его устойчивость. В средней части лавы породный уступ не разрушался в течение 2...6 часов и только в местах горно-геологических нарушений, в основном на концевых участках лав, при скорости подачи комбайна 1,2...2,0 м/мин наблюдалось его обрушение на исполнительные органы комбайна. При увеличении скорости до 2,8...3,5 м/мин уступ в этих местах обрушался в 1...3 метрах от исполнительного органа комбайна слоями мощностью 0,05...0,10 м или полностью.

Таблица 3.3 – Результаты измерений конвергенции боковых пород

Шахта, пласт, лава, тип механизации	Технология	Значение	Величины сближений боковых пород								Суммарные величины сближений, мм
			Расстояние от точки наблюдения до забоя, м								
			0	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
ш. Западно-Донбасская лава №905 КД80, 1К101 присечка пород почвы	валовая	мин.	14	25	32	41	37	–	149		
		средн.	17	26	39	43	45	–	170		
		макс.	20	28	44	49	50	–	191		
	селективная	мин.	16	28	33	44	42	46	209		
		средн.	19	30	40	46	45	48	228		
		макс.	24	32	48	52	51	54	261		
ш. “Днепровская” пл. С <sub>10</sub> лава №1024 КД80, 1К101 присечка пород почвы	валовая с зачисткой	мин.	14	25	32	46	42	44	203		
		средн.	18	28	39	48	49	48	230		
		макс.	22	30	46	50	52	51	251		
	селективная	мин.	15	26	32	44	41	37	195		
		средн.	19	30	40	46	45	44	224		
		макс.	22	32	48	49	50	48	249		
ш. “Благодатная” пл. С <sub>7</sub> лава №708 КМ88, 1К101 присечка пород кровли	валовая	мин.	19	31	40	41	44	–	175		
		средн.	20	33	42	45	49	–	189		
		макс.	21	36	44	48	52	–	201		
	селективная	мин.	11	33	44	45	46	–	179		
		средн.	13	35	46	47	49	–	190		
		макс.	14	39	49	50	52	–	204		

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Львовско-Вольнский бассейн ш. №5, "ВМ" пл. п7 <sup>в</sup> лава №21 КМК97, 1К101 присечка пород почвы	валовая	мин.	4	17	20	16	20	-	10	
		средн.	7	28	28	27	29	-	119	
		макс.	9	43	39	36	77	-	164	
	селективная	мин.	5	24	26	23	25	-	-	103
		средн.	7	37	36	32	34	-	-	146
		макс.	10	51	47	47	43	-	-	192
	ш. №5, "НВ" пл. п7 лава №24 КМК97, 1К101 присечка пород кровли	валовая	мин.	4	18	19	16	21	-	78
			средн.	6	31	29	26	27	-	119
			макс.	8	40	38	35	36	-	157
		селективная	мин.	9	27/24	25	21	25	27	27
средн.			11	38/22	30	28	29	30	30	160
макс.			13	52/44	43	38	40	39	39	211

При переходе с валовой выемки на отдельную зачастую происходило увеличение призабойного пространства лавы за счет оставленной у забоя незакрепленной полосы. А ведь, как известно [21], именно в этом месте происходит максимальный прирост величины сближения боковых пород. Использование выдвижных консолей, как показали исследования, выполненные в лавах шахт Западного Донбасса, не дает желаемого результата. Вследствие этого возможно увеличение объемов вывалов пород кровли [21]. Причем наиболее вывалоопасными схемами являются те, которые не предусматривают подхватывание кровли сразу же вслед за проходом комбайна, а тем более схемы с оставлением в кровле уступа, представленного неустойчивыми породами. Для уменьшения вероятности образования вывалов пород кровли при селективной отработке пласта необходимо применять технологические схемы, предусматривающие передвижку секций крепи сразу же после прохода комбайна.

Взаимодействие крепи с боковыми породами оценивалось визуально, производилось эскизирование видов их контактирования, а также измерение величин подштыбовки. Практически во всех случаях наблюдалось наличие породной “подушки” на верхнем перекрытии крепи толщиной 40...80 мм, а под нижним перекрытием крепей комплексов КД80 и КМ88 штыба высотой 30...80 мм. Влияние технологии выемки на толщину породной “подушки” и штыба не выявлено.

Как следует из полученных данных, при переходе с валовой выемки на отдельную для обеспечения требуемой высоты рабочего пространства вынимаемую мощность необходимо увеличивать на 5...8% в зависимости от применяемой схемы отдельной выемки. Это объясняется некоторым увеличением существующих величин сближения при переходе на отдельную выемку.

Сопоставляя результаты исследований взаимодействия боковых пород с механизированными крепями при валовой и селективной отработке пластов, можно сделать следующие выводы.

Существующие механизированные крепи удовлетворительно выполняют свои функции, как при валовой, так и при селективной технологии. При отдельной выемке пластов, предусматривающей два прохода комбайна, для обеспечения существующей высоты призабойного пространства, вынимаемую мощность пласта по сравнению с валовой выемкой необходимо увеличивать в среднем на 5...8%.

В случае предварительной выемки мягких пород почвы в условиях Западного Донбасса возможно некоторое уменьшение сближений боковых пород у забоя за счет ликвидации обреза кровли. При переходе с валовой выемки на отдельную необходимо предусматривать крепление пород кровли вслед за проходом комбайна, для чего целесообразно использовать крепи, работающие по заряженной схеме.

### **3.5.2 Основные параметры процессов валовой и селективной отработки пластов**

Исследования проведены в восьми очистных забоях при различных схемах выемки угля и пород. В процессе исследований определялись: скорость подачи очистных комбайнов; время выемки одной полосы; мощность потребляемая приводами комбайнов; удельные энергозатраты; устойчивость комбайна и его погрузочная способность; зольность горной массы и угля; производительность комбайна; запыленность воздуха в лаве.

#### **Скорость подачи комбайна.**

Замеры скоростей подачи очистных комбайнов проводились во всех восьми исследуемых лавах как при валовой, так и при селективной отработке пластов. Причем в лаве №17 шахты №5 “Нововолынская” исследования проведены при валовой и двух схемах отдельной выемки: за один и за два прохода комбайна. Результаты замеров приведены в табл. 3.4. Из приведенных данных видно, что при переходе с валовой выемки на отдельную, исключая схему отработки пласта за один проход комбайна, наблюдается относительное увеличение скорости подачи комбайнов по углю на 15...85%, по породе на 30...100%, то есть увеличение скорости подачи в ряде случаев весьма ощутимо. Наибольшие абсолютные значения скорости подачи наблюдались в лавах шахт Львовско-Волынского бассейна, где первоначально вынимался угольный пласт с сопротивляемостью резанию 180...200 кН/м, а затем имеющая две плоскости обнажения крепкая порода, а также на шахте “Благодатная” в лаве № 708, где первоначально производили выемку слабых пород кровли, а затем крепкого и вязкого угля. Однако практически во всех случаях, несмотря на значительный (иногда до 100%) рост абсолютных значений скоростей подачи - при отдельной выемке угля и породы за два прохода комбайна, их значения, отнесенные на 1 п.м. лавы,



практически всегда меньше чем при валовой или отдельной выемке за один проход комбайна в среднем на 50%. Это объясняется тем, что для выполнения одного цикла необходимо дважды перегонять комбайн по лаве, вынимая в одну сторону уголь, а в другую породу.

Из полученных данных можно сделать вывод о целесообразности, с точки зрения повышения интенсивности работ в лаве, использования схем селективной отработки пластов, обеспечивающих выемку угля и присекаемых пород за один проход комбайна. В случае селективной отработки пласта за два прохода комбайна наиболее эффективными являются схемы с первоочередной или опережающей выемкой более слабых присекаемых пород в условиях шахт Западного Донбасса и слабого угля в условиях шахт Львовско-Волынского бассейна.

### **Время выемки одной полосы.**

Время выемки одной полосы или время технологического цикла в исследуемых очистных забоях изменялось в весьма широких пределах и зависело не только от применяемой технологии - валовой или селективной, но и в значительной степени, от организационных (дисциплина труда, время пересменки, время отдыха, время подачи и замены партии вагонеток и др.), горно-геологических (вывалы боковых пород, включения колчедана и др.), технологических (простои и поломки выемочной и доставочной техники и др.). Однако можно сделать некоторые обобщения о характерных особенностях отдельной выемки. Так, время цикла увеличивается в основном за счет необходимости дважды перегонять комбайн по лаве при соответствующей схеме отдельной выемки. Дополнительные потери времени по этой причине зависят от принятой техники и технологии, а их величина обратно пропорциональна скорости подачи комбайна (см. табл. 3.5).

Таблица 3.4 – Результаты измерений скорости подачи комбайнов при валовой и раздельной отработке пластов

Регион, шахта, лава, пласт	Скорость подачи очистного комбайна, м/мин												
	при валовой выемке			при раздельной выемке									
	мин.	макс.	сред	угля			породы			приведенная			
				мин.	макс.	сред	мин.	макс.	сред	мин.	макс.	сред	
Западный Донбасс													
ш. Западно-Донбасская													
лава №905, пл. С <sub>8</sub> <sup>е</sup>	1,1	2,5	1,7	1,4	2,7	2,0	1,8	4,2	3,8	0,8	1,6	1,3	
лава №814, пл. С <sub>8</sub> <sup>н</sup>	1,0	2,4	1,6	1,5	2,6	2,1	2,0	4,4	3,7	0,9	1,6	1,3	
ш. Благодатная													
лава №708, пласт С <sub>7</sub>	1,0	2,3	1,6	1,6	3,4	2,9	1,9	3,6	3,0	0,9	1,8	1,5	
ш. Днепровская													
лава №859, пласт С <sub>8</sub> <sup>в</sup>	1,1	2,2	1,5	1,4	2,6	2,1	2,1	4,4	3,6	0,9	1,6	1,3	
Львовско-Вольнский бассейн													
ш. №5 “ВМ”													
лава №21, пласт п <sub>7</sub> <sup>в</sup>	1,6	2,9	2,3	2,4	4,1	3,4	2,8	4,1	3,1	1,3	2,1	1,6	
лава №24, пласт п <sub>7</sub> <sup>в</sup>	1,6	2,7	2,2	2,2	3,9	3,2	3,0	4,2	3,3	1,3	2,0	1,6	
ш. №5 “НВ”													
лава №26, пласт п <sub>7</sub>	0,6	3,6	2,0	1,9	4,5	3,7	1,4	6,0	4,0	0,8	2,6	1,9	
лава №17, пл. п <sub>7</sub>	1,4	2,7	1,9	1,7	3,6	2,5	2,1	6,0	3,8	<u>0,9</u> 1,4	<u>2,3</u> 2,7	<u>1,5</u> 1,9	

Таблица 3.5 – Чистое время выемки пласта

Регион, шахта, лава, пласт	Валовая технология	Селективная технология			Увеличение времени выемки, %
		по углю	по породе	общее	
Западный Донбасс					
ш. Западно- Донбасская					
лава № 905	100	85	45	130	30,0
лава № 814	113	86	49	135	19,5
ш. Благодатная					
лава № 708	109	60	58	118	8,3
ш. Днепровская					
лава № 859	120	86	50	136	13,3
Львовско-Волынский бассейн					
ш. №5 “ВМ”					
лава №21	65	44	48	92	41,5
лава №24	68	47	45	92	35,3
ш. № 5 “НВ”					
лава № 26	75	41	37	78	4,0
лава №. 17:					
- за два прохода	79	60	40	100	26,6
- за один проход	79	-	-	79	0

В абсолютных значениях без учета случайных величин потерь времени, время выполнения одного цикла при переходе с валовой выемки на отдельную за два прохода комбайна возросло в среднем в 1,1...1,5 раза, при отдельной выемке за один проход комбайна время выемки одной полосы практически такое же, как при валовой выемке.

#### **Потребляемая мощность.**

В лавах № 17 и № 26 шахты № 5 “Нововолынская” наряду с другими замерами проведены измерения фактической мощности потребляемой приводами очистного комбайна 1К103 и ВСП при валовой и двух схемах отдельной выемки (в лаве № 17) за один и за два прохода комбайна. Результаты измерений потребляемой мощности приведены в табл. 3.6, образцы записей показаны на рис. 3.11.

Таблица 3.6 – Значения потребляемой мощности, кВт·час

Показатели	Технология		
	Валовая	Селективная	
		за два прохода комбайна	за один проход комбайна
Лава №26			–
а) двигатель комбайна			–
- минимальная	60,0	90,0...54,0 / всего 144	–
- максимальная	187,0	142,0...158 / всего 300	–
- средняя	120,6	115,0...95,6 / всего 210,6	–
б) ВСП			
- минимальная	–		–
- максимальная	–		–
- средняя	–		–
в) общая	120,6	210,0	–
Лава № 17			–
а) двигатель комбайна			
- минимальная	39,0	30,6...15,3 / всего 105,9	39,8
- максимальная	207,3	140,1...24,7 / всего 164,8	207,3
- средняя	97,3	119,5...19,9 / всего 139,4	97,3
б) ВСП -			
- минимальная	9,0	2,0...1,0 / всего 3,0	9,0
- максимальная	15,0	9,0...2,0 / всего 4,0	15,0
- средняя	12,0	6,2...1,5 / 7,7	12,0
общая	109,3	146,7	109,3

В числителе – соответственно по углю и по породе, в знаменателе – общие.

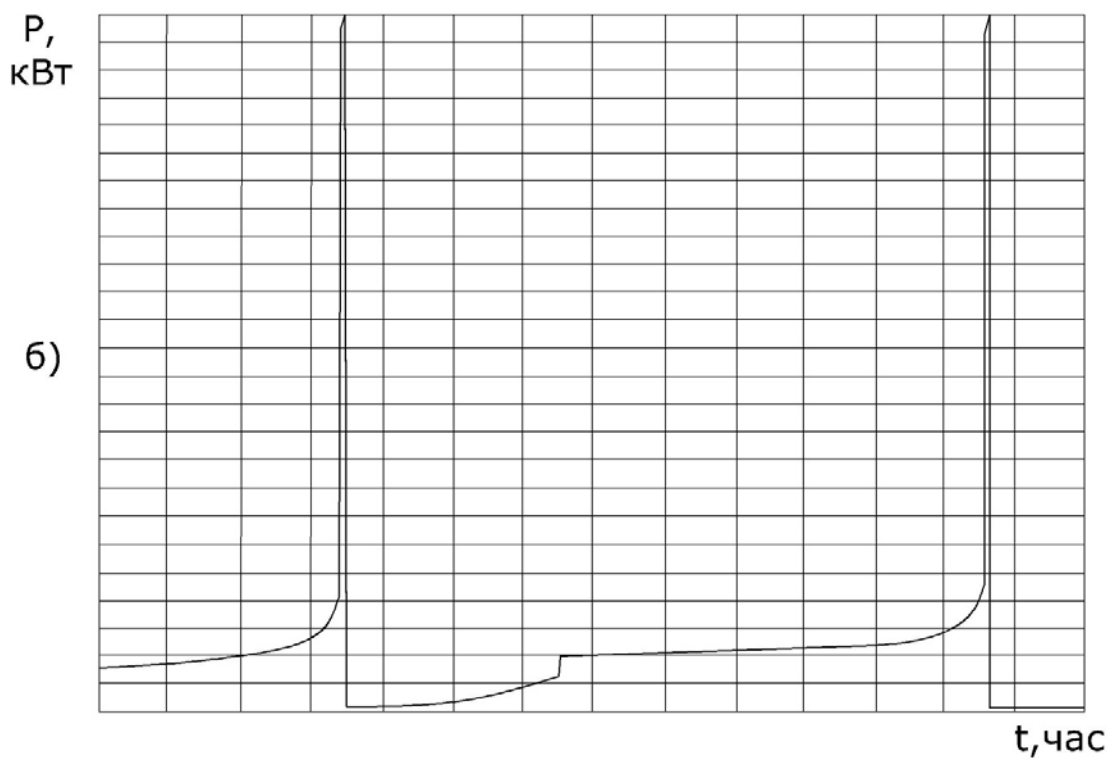
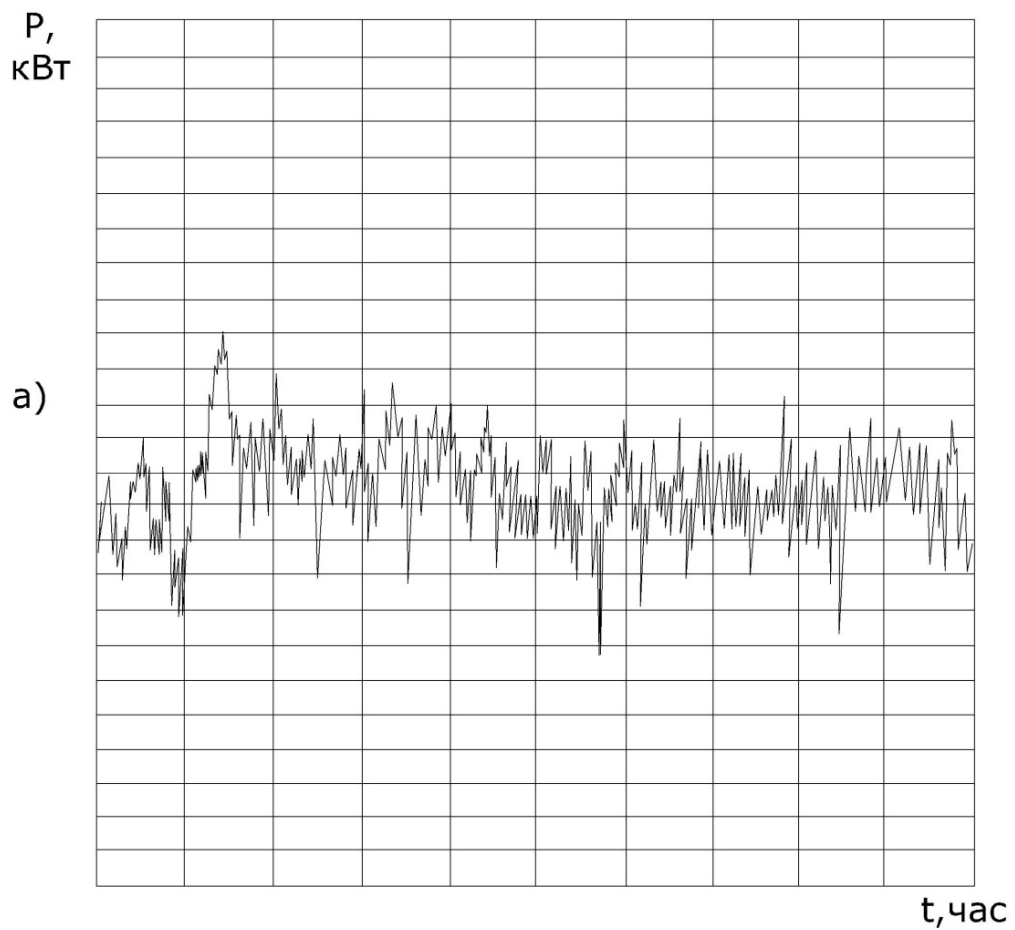


Рисунок 3.11 – Образцы записей потребляемой мощности:  
 а – двигателями комбайна; б - двигателями ВСП

При валовой и раздельной выемке пласта за один проход комбайна значения потребляемой мощности идентичны, так как схема выемки практически не изменяется. Рост потребляемой мощности при раздельной выемке пласта за два прохода комбайна на 25% объясняется увеличением ширины захвата с 0,6 до 0,8 м и необходимостью дважды перегонять комбайн по лаве для выполнения одного цикла.

Как видно из данных табл. 3.6, если мощность двигателей комбайна при выемке угольного пласта используется на 80...110%, то при выемке имеющей две плоскости обнажения присекаемой породы только на 20...40%. То есть комбайн 1К103 может производить присечку крепких боковых пород (в данном случае с  $f = 4...5$ ) на значительную мощность с высокими скоростями подачи.

Распределение фактической потребляемой мощности по длине лавы в зависимости от скорости подачи, мощности угольного пласта и присечки, сопротивляемости резанию угля и породы при селективной отработке пласта за один проход комбайна показано на рис. 3.12.

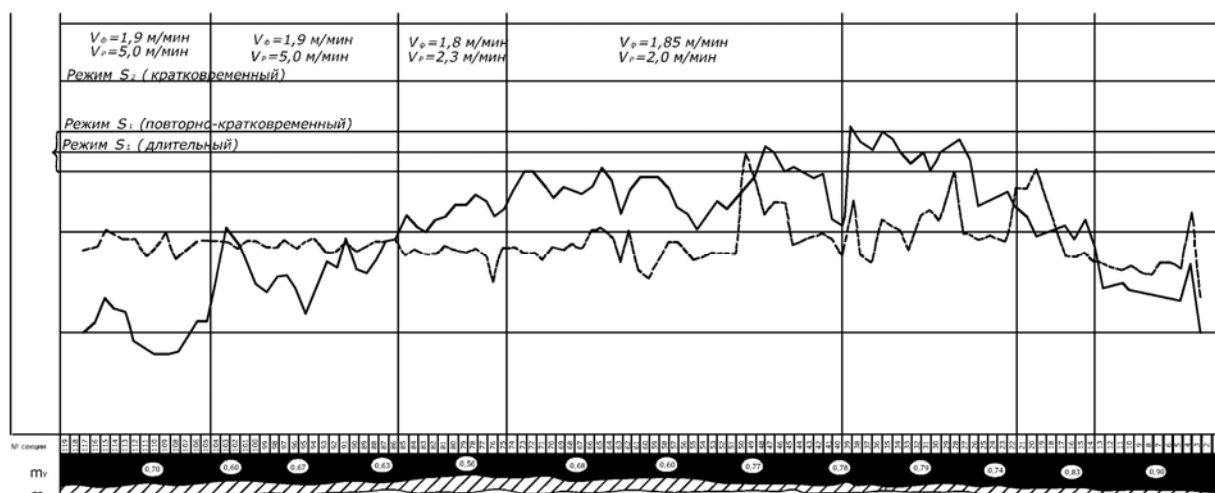


Рисунок 3.12 - Распределение фактической потребляемой мощности по длине лавы № 17 в зависимости от скорости подачи, мощности угольного пласта и присекаемых пород почвы: — — — потребляемая мощность; — — — скорость подачи комбайна

**Устойчивость комбайна и погрузочная способность.** Устойчивость выемочной машины, погрузочная способность исполнительных органов комбайна и зачистных лемехов конвейера оценивались визуально. В лавах шахт Западного Донбасса очистные комбайны 1К101 при валовой и раздельной выемке пластов работали устойчиво независимо от расположения и мощности присекаемых пород. Это объясняется невысокой крепостью присекаемых

пород, что позволяло вести ее отбойку в любом направлении. На шахтах Львовско-Волынского бассейна имела место другая картина, при отработке пласта с присечкой пород почвы в условиях лавы № 20 шахты № 5 "ВМ" наблюдались случаи наползания комбайна 1К101 на присекаемую породу - без полной ее отбойки. Отмеченное явление происходило при движении комбайна в сторону вращения шнеков и увеличении скорости подачи до 4,0-4,2 м в минуту. При изменении направления выемки или снижения скорости подачи до 2-2,5 м/мин комбайн 1К101 работал устойчиво.

В случае присечки пород кровли (в лаве №24) нависший породный "карниз" в отдельных частях лавы полностью или частично обрушился под действием собственного веса, в том же в нем образовывались трещины по напластованиям, и очистной комбайн работал устойчиво во всем диапазоне скоростей, фактически осуществляя только зачистку и погрузку породы на конвейер.

При работе комбайна 1К103 по валовой и селективной - за один проход комбайна, схемам отработки пласта  $n_7$  в условиях шахты №5 "НВ" (лавы № 17 и № 26) отмечалась неустойчивая работа комбайна при скоростях подачи 2,8-3,0 м/мин и более. Вследствие конструктивных особенностей комбайна - направления вращения исполнительных органов, отстающий шнек наползал на оставленный в почве пласта уступ без полной его отбойки. Отстающий шнек и хвостовую часть корпуса комбайна подбрасывало к кровле пласта, а в почве оставались гребешки неразрушенной породы. При уменьшении скорости подачи до 2,5 м/мин и менее положение комбайна стабилизировалось, однако у забоя в почве все же оставался породный порожек высотой 0,15-0,20 м и шириной 0,10-0,15 м (рис. 3.13), При селективной отработке пласта за два прохода по углю и по породе очистной комбайн работал устойчиво во всем диапазоне скоростей, а породный порожек у забоя не наблюдался. Это объясняется тем, что исполнительный орган комбайна производил полную отбойку породного уступа при вращении шнека снизу вверх - от массива к плоскости обнажения.

Следует отметить, что при переходе с валовой выемки на отдельную (исключая схему выемки за один проход комбайна) во всех случаях отмечено увеличение фактической ширины захвата. Это свидетельствует об улучшении погрузочной способности исполнительных органов и как следствие - зачистных лемехов, установленных на конвейере. Наиболее характерные положения в лавах, оборудованных комбайном 1К101 при различных схемах ведения работ приведены на рис. 3.14. Как показали проведенные исследования при работе комбайна 1К101 без зачистного лемеха он выгружает с оставляемого в почве уступа от 50 до 80% угля (или породы). При движении

комбайна в сторону расположения исполнительных органов их погрузочная способность в 1,5-2 раза выше, чем при движении в обратную сторону. На уступе остается только угольная (или породная) "подушка" толщиной 0,05-0,10 м (рис. 3.1.б), тогда как при движении в обратном направлении отбитый уголь (или порода) располагаются как это показано на рис, 3.14 а.

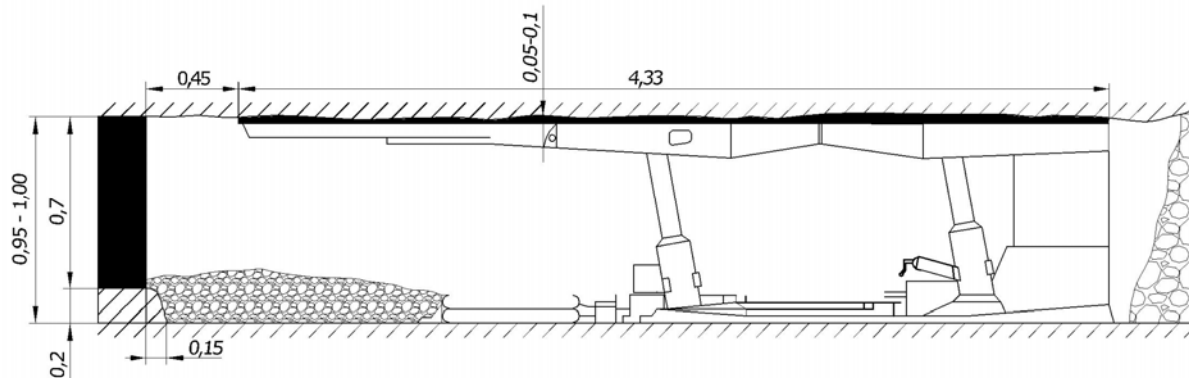


Рисунок 3.13 – Вид лавы, оборудованной механизированный комплексом 1КМ103 после выемки угольного пласта я отбойки присекаемых пород почвы

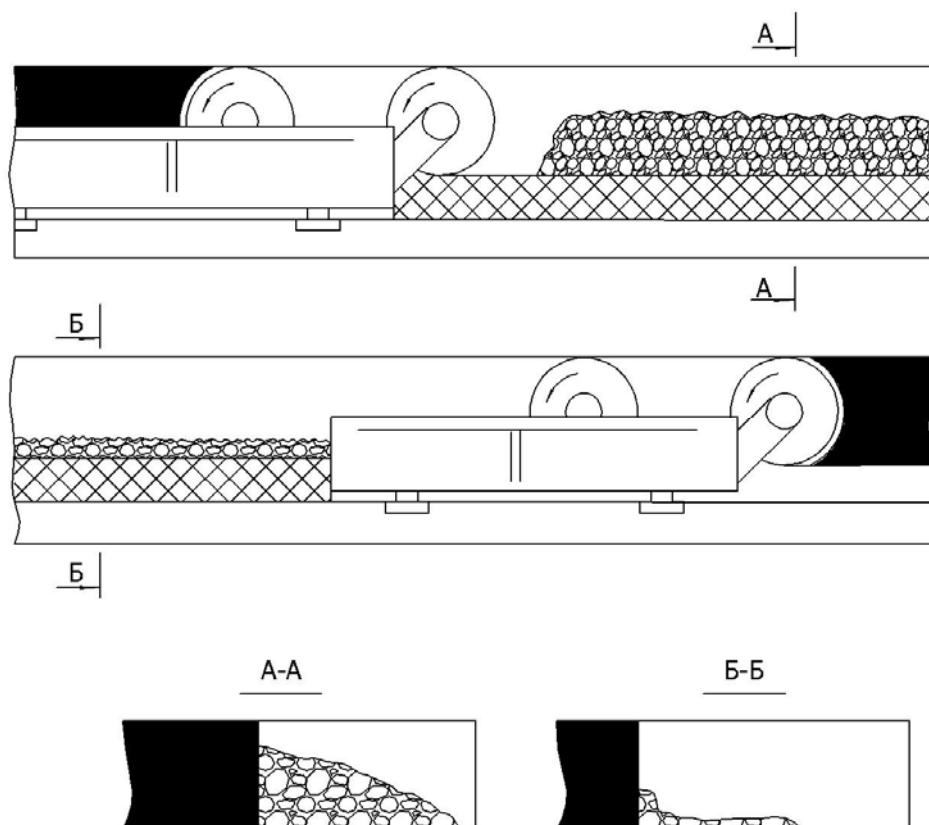


Рисунок 3.14 – Погрузочная способность исполнительных органов комбайна 1К101 при выемке угольного пласта:

- а - в сторону расположения концевого выключателя;
- б - в сторону расположения исполнительных органов



При выемке угля с последующей отбойной пород кровли (лава 124) комбайн 1К101 был оборудован зачистным лемехом, что позволяло обеспечить полную погрузку угля и породы на конвейер.

В случае отдельной выемки пласта комбайном 1К103 за один проход опережающий шнек выгружал на конвейер практически весь объем отбитого угля, а отстающий швея производил отбойку породы без погрузки ее на конвейер (рис. 3.15). Отбитая порода располагалась на почве пласта между конвейером и забоем слоем высотой 0,35-0,45 м. При передвижке конвейера 50-70% породы выгружались на конвейер зачистными лемехами. Между конвейером и забоем оставался не погруженным слой породы шириной в среднем 0,52 м. Недодвижка конвейера составляла 0,2 м, то есть полезный захват при валовой и отдельной обработке пласта за один проход комбайна составлял 0,6 вместо 0,8 м. При переходе на отдельную выемку за два прохода комбайна отбойка угля и породы, а также их погрузка на конвейер производились в основном исполнительными органами комбайна. Шаг передвижки и ширина полезного захвата комбайна, как и при других схемах отдельной выемки увеличилась до 0,8 м.

**Зольность горной массы и угля.** Замеры фактической зольности добываемой горной массы при валовой выемке, а также угля при отдельной выемке производились в четырех лавах. Результаты замеров приведены в табл. 3.7.

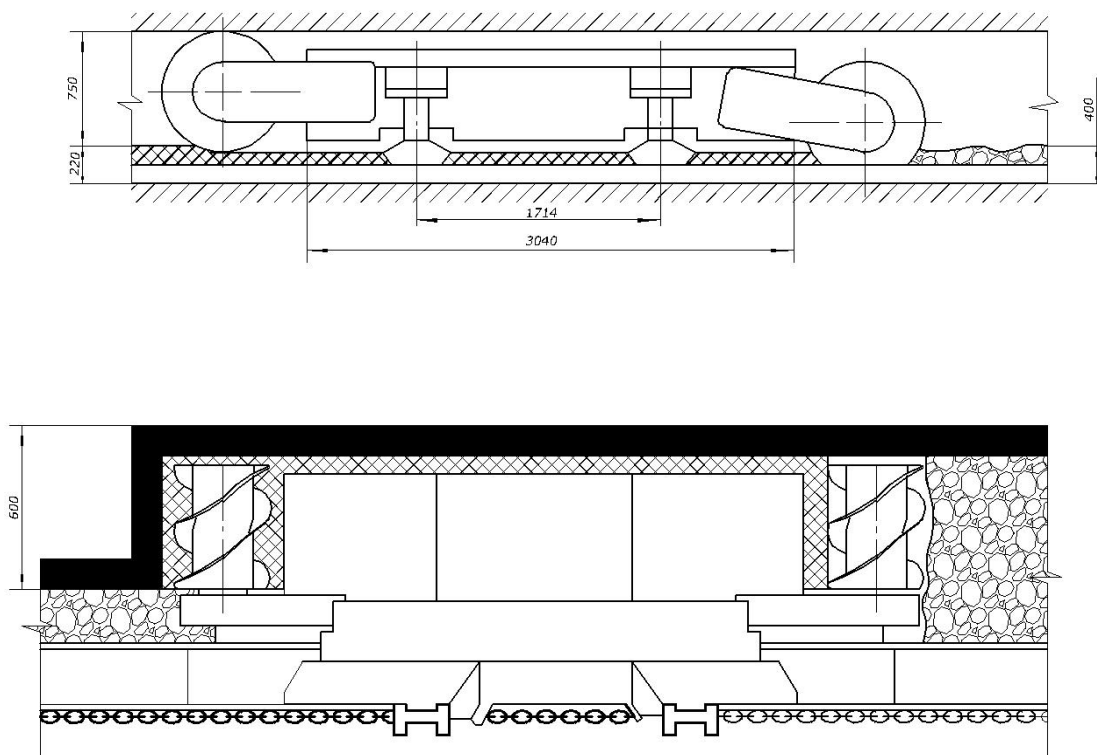


Рисунок 3.15 – Отдельная выемка пласта и пресекаемых пород почвы очистным комбайном 1К103

Из данных табл. 3.7 видно, что наибольшее засорение добываемого угля пустыми вмещающими породами наблюдалось в лавах шахт Западного Донбасса, где оно составляло 28-44%. Это объясняется в основном большей мощностью геологической зольности присекаемых пород. Пластовая зольность угля на этих шахтах невелика и составляет 12-15%, в отличие от шахт Львовско-Волынского бассейна, где она достигает 18-37%. Это обстоятельство во многом определяет эффективность применения новой технологии. При переходе с валовой на селективную отработку пластов эксплуатационная зольность добываемого угля снижается на 12-38%, то есть засорение угля сокращается с 28-44 до 6-16%.

Таблица 3.7 – Результаты замеров эксплуатационной зольности

Шахта лава, технология	Мощность, м			горной массы	Зольность, %			
	пласта вынима емая	уголь- ного пласта	присека- емой породы		угля		породы	
					геол.	экспл.	геол.	экспл.
<b>Шахта Западно-Донбасская</b>								
лава № 905								
валовая	1,17	0,78	0,39	56	12	–	93	–
раздельная	1,17	0,78	0,39	–	12	18	93	–
<b>Шахта Благодатная</b>								
лава № 708								
валовая	–	–	–	47,9	19,5	–	89	–
раздельная	–	–	–	–	19,5	35,6	89	–
<b>Шахта №5 “ВМ”</b>								
лава №24								
валовая	1,05	0,7	0,35	61	36,2	–	90	–
раздельная	1,05	0,7	0,35	–	36,2	41	90	–
<b>Шахта №5 “НВ”</b>								
лава №17								
валовая	0,95	0,73	0,22	43,9	17,8	–	–	–
Раздельная: - за один проход	0,95	0,73	0,22	–	17,8	28,2	–	68,4
- за два прохода комбайна	0,96	0,73	0,23	–	17,8	23,6	–	73,3

Расчетные величины зольности горной массы и добываемого угля с достаточной степенью точности соответствуют фактическим значениям. Ошибка не превышает 8-10%,

**Запыленность воздуха.**

Замеры запыленности воздуха проведены совместно с работниками ВГСГ согласно действующему ГОСТу в двух лавах Западного Донбасса (№ 814 и № 159) и одной во Львовско-Волынском бассейне (№ 17). Полученные результаты приведены в табл. 3.8.

Таблица 3.8 – Результаты замеров запыленности воздуха

Шахта, лава	Место отбора проб	Скорость воздушной струи	Выполняемые операции	Тип комбайна	Меры борьбы с пылью	К-во людей в местах замеров	Запыленность воздуха, мг/м <sup>3</sup>
ш. Днепровская лава № 859	за комбайном	1,94	выемка угля	1К101	орошение	5	221,0
	за комбайном	1,94	выемка угля	1К101	орошение	2	176,0
	за комбайном	1,94	валовая выемка	1К101	орошение	5	247,0
ш. Западно-Донбасская лава № 814	за комбайном	2,3	выемка угля	1К101	орошение	6	256,0
	за комбайном	2,3	выемка угля	1К101	орошение	2	192,0
	за комбайном	2,3	валовая выемка	1К101	орошение	6	283,0
ш. №5 “НВ” лава № 17	за комбайном	1,8	выемка угля	1К101	орошение на опережающем шнеке	1	134,0
	за комбайном	1,8	выемка угля	1К101		1	29,0
	за комбайном	1,8	валовая выемка	1К101		1	227,0

Из табл. 3.8 видно, что при пароходе с валовой выемки на отдельную (за два прохода комбайна) запыленность воздуха в лаве уменьшается при выемке угольного пласта на 10-40%, при выемке присекаемых пород – на 30-80%. Следует ответить, что величины запыленности по лаве № 17 приведены с учетом фона, который составлял  $79 \text{ мг/м}^3$ , а по лавам № 859 и № 814 – без учета фона.

#### **Коэффициент машинного времени.**

Значения коэффициента машинного времени определялись для каждой лавы путем непосредственных замеров прибором Н-358, хронометражем времени в лавах, а также по журналам учета сменного времени работы комбайнов. Фактические величины в исследованных очистных забоях приведены в табл. 3.9.

Из табл. 3.9 видно, что при селективной обработке пласта (за два прохода комбайна) значения коэффициента машинного времени в среднем на 28,5% меньше, чем при валовой. Это объясняется тем, что время выемки присекаемых пород учитывается как время технологического перерыва. То есть при отдельной выемке к учету принимается только время работы комбайна по выемке соответственно угольного пласта.

В случае селективной обработки пласта за один проход комбайна коэффициент машинного времени остается практически такой же, как при валовой выемке.

#### **Производительность комбайна.**

В процессе исследований определялась минутная и среднесменная производительность комбайнов при различных схемах выемки. Значения  $Q_{\text{max}}$  и  $Q_{\text{см}}$  для исследованных забоев представлены в табл. 3.10.

Из табл. 3.10 следует, что при переходе от валовой выемки на отдельную минутная производительность комбайна уменьшается на 8-24% (в среднем на 16%). Однако следует заметить, что весь прирост производительности при валовой выемке происходит за счет присечек более плотных пустых пород. Такая же картина наблюдается и при сравнении среднесменной производительности. Казалось бы, существенное (в среднем на 40%) уменьшение значений этого параметра происходит в основном за счет ликвидации засорения добываемого угля пустыми породами. Это наглядно видно из табл. 3.11, где показаны приведенные к единой зольности объемы добычи при валовой и отдельной выемке.

Как следует из табл. 3.11, теперь уже только в одной лаве № 708) сохранилось некоторое превышение среднесменной производительности комбайна при валовой выемке на 15%, в остальных трех лавах она ниже, чем при отдельной выемке – от 5 до 57%.

Таблица 3.9 – Значение коэффициента машинного времени мин. – макс.  
сред.

Технология	Очистной забой									
	№ 905	№ 814	№ 708	№ 859	№ 21	№ 24	№ 26	№ 17		
Валовая	<u>0,26-0,36</u> 0,33	<u>0,28-0,37</u> 0,34	<u>0,24-0,34</u> 0,31	<u>0,28-0,38</u> 0,36	<u>0,24-0,32</u> 0,28	<u>0,26-0,33</u> 0,30	<u>0,27-0,34</u> 0,31	<u>0,28-0,33</u> 0,30		
Селективная: - за два прохода комбайна	<u>0,17-0,26</u> 0,24	<u>0,19-0,27</u> 0,24	<u>0,18-0,30</u> 0,25	<u>0,20-0,26</u> 0,23	<u>0,18-0,24</u> 0,20	<u>0,17-0,29</u> 0,21	<u>0,19-0,25</u> 0,22	<u>0,19-0,24</u> 0,22		
- за один проход комбайна	-	-	-	-	-	-	-	<u>0,28-0,33</u> 0,30		

Таблица 3.10 – Значение минутной и среднесменной производительности комбайнов

Технология	Очистной забой															
	№ 905		№ 814		№ 708		№ 859		№ 21		№ 24		№ 26		№ 17	
	Q <sub>мин</sub> , Т	Q <sub>см</sub> , Т	Q <sub>мин</sub> , Т	Q <sub>см</sub> , Т	Q <sub>мин</sub> , Т	Q <sub>см</sub> , Т	Q <sub>мин</sub> , Т	Q <sub>см</sub> , Т	Q <sub>мин</sub> , Т	Q <sub>см</sub> , Т	Q <sub>мин</sub> , Т	Q <sub>см</sub> , Т	Q <sub>мин</sub> , Т	Q <sub>см</sub> , Т	Q <sub>мин</sub> , Т	Q <sub>см</sub> , Т
Валовая	2,5	297	2,3	281	2,9	323	2,0	252	2,8	262	2,6	281	1,8	195	1,9	205
Селективная: - за 2 прохода комбайна	1,9	164	2,0	173	2,3	207	1,8	149	2,5	171	2,3	174	1,4	110	1,75	140
- за 1 проход комбайна	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	150	1,5	160

Таблица 3.11 – Значения приведенной среднесменной производительности комбайнов

Технология	Очистной забой			
	№ 905	№ 708	№ 24	№ 17
Валовая	71	244	168	122/141
Селективная:				
- за два прохода комбайна	164	207	174	140
- за один проход комбайна	–	–	–	160

**Удельные энергозатраты.** Изменения удельных энергозатрат производились в двух лавах, оборудованных механизированными комплексами 1КМ103. В табл. 3.12 приведены результаты замеров без учета и с учетом зольности добываемого угля и горной массы. При этом зольность горной массы при валовой выемке приведена к зольности угля добываемого при отдельной отработке пласта.

Таблица 3.12 – Удельные энергозатраты на добычу 1 т продукции

Показатели	Валовая технология		Селективная технология	
	без учета зольности	с учетом зольности	за два прохода комбайна	за один проход комбайна
Лава №26				
минимальные	0,49	–	0,62	–
максимальные	2,34	–	2,12	–
средние	1,12	–	0,92	–
Лава №17				
минимальные	0,44	0,74	0,76	0,59
максимальные	2,67	4,48	1,91	2,98
средние	1,02	1,71/1,48	1,01	1,2

Из таб. 3.12 видно, что при селективной отработке в лаве № 26 удельные энергозатраты на добычу 1 т угля на 16% ниже, чем на добычу 1 т горной массы при валовой отработке пласта. Это объясняется значительным (на 25%) увеличением объема добываемого угля при отдельной выемке за счет увеличения фактической ширины захвата с 0,6 м до 0,8 м. В лаве №17 прироста добычи с одной полосы оказалось достаточно, для того, чтобы перекрыть увеличение энергозатрат. При отдельной выемке за два прохода комбайна удельные энергозатраты составили практически такую же величину как и при валовой выемке. Однако с учетом зольности они существенно – на 40%, ниже. Технология селективной отработки за один проход комбайна обеспечила снижение удельных энергозатрат на 20%. То есть, с точки зрения снижения

энергозатрат, наиболее целесообразной в данных условиях является технология селективной отработки пласта за два прохода комбайна.

### 3.6. Анализ и оценка результатов исследований

Полученные в результате шахтных исследований фактические параметры процессов валовой и селективной отработки пластов проанализированы в сравнении с теоретическими параметрами и соответствующе оценены.

Из теоретического анализа (глава 2) скорость подачи комбайна зависит от мощности и сопротивляемости резанию угольного пласта и присекаемых пород типа очистного комбайна и потребляемой его двигателями мощности, а также технологии отработки пласта. Фактические значения скорости подачи комбайна полученные в результате проведения шахтных исследований, подтверждают эти теоретические предпосылки. В табл. 3.13 приведены расчетные и фактические величины скорости подачи  $V$  комбайна 1К103 при валовой и селективной отработке пласта  $n_7$  в условиях шахты №5 "Нововолынская".

Таблица 3.13 – Фактические и расчетные величины скорости подачи

Лава, применяемая схема выемки	Скорость подачи		Величина отклонения	
	фактическая	расчетная	абсолютная	%
Лава №26 пл. $n_7$				
Валовая	$\frac{0,6-3,6}{2,0}$	$\frac{0,64-3,91}{2,12}$	0,12	6,0
Раздельная	$\frac{0,8-2,6}{1,9}$	$\frac{0,77-2,68}{1,94}$	0,04	2,1
В т.ч. по углю	$\frac{1,9-4,5}{3,7}$	$\frac{1,82-4,60}{3,63}$	0,07	1,9
по породе	$\frac{1,4-6,0}{4,0}$	$\frac{1,46-6,0}{4,16}$	0,16	4,0
Лава №17 пл. $n_7$				
Валовая	$\frac{1,4-2,7}{1,9}$	$\frac{1,36-2,64}{1,94}$	0,04	2,1
Раздельная (I пр)	$\frac{1,4-2,7}{1,9}$	$\frac{1,36-2,64}{1,94}$	0,04	2,1
Раздельная (II пр)	$\frac{0,9-2,3}{1,5}$	$\frac{0,97-2,42}{1,62}$	0,12	8,0
В т.ч. по углю	$\frac{1,7-2,6}{2,5}$	$\frac{1,67-2,72}{2,55}$	0,05	2,0
по породе	$\frac{2,1-6,0}{2,8}$	$\frac{2,0-6,0}{3,69}$	0,11	2,9

Из табл. 3.13 видно, что величина отклонения расчетной скорости подачи от ее фактических значений не превышает 8,0% и изменяется от 1,9 до 8,0%. Сходимость результатов в пределах 98,1-92% говорит о правомерности использования выражения (2.18) при расчетах скорости подачи очистных комбайнов. Фактические и расчетные величины коэффициента машинного времени приведены в табл. 3.14.

Таблица 3.14 – Фактические и расчетные величины

№ лавы, применяемая схема выемки	коэффициент машинного времени		Величина отклонения	
	фактическая	расчетная	абсолютная	%
Лава №905 пл. С <sub>8</sub> <sup>B</sup>				
Валовая	<u>0,26-0,36</u> 0,33	<u>0,248-0,370</u> 0,345	0,015	4,5
Раздельная (II пр)	<u>0,17-0,26</u> 0,24	<u>0,170-0,262</u> 0,236	0,004	1,7
Лава №814 пл. С <sub>8</sub> <sup>H</sup>				
Валовая	<u>0,28-0,37</u> 0,34	<u>0,276-0,384</u> 0,352	0,012	3,5
Раздельная (II пр)	<u>0,19-0,27</u> 0,24	<u>0,180-0,263</u> 0,226	0,014	5,8
Лава №708 пл. С <sub>7</sub>				
Валовая	<u>0,25-0,34</u> 0,31	<u>0,261-0,362</u> 0,336	0,025	8,1
Раздельная (II пр)	<u>0,18-0,29</u> 0,25	<u>0,174-0,276</u> 0,231	0,019	7,6
Лава №859 пл. С <sub>8</sub> <sup>B</sup>				
Валовая	<u>0,28-0,38</u> 0,35	<u>0,276-0,372</u> 0,354	0,004	2,1
Раздельная (II пр)	<u>0,30-0,26</u> 0,23	<u>0,196-0,252</u> 0,229	0,006	2,6
Лава №21 пл. n <sub>7</sub> <sup>B</sup>				
Валовая	<u>0,24-0,32</u> 0,28	<u>0,256-0,342</u> 0,304	0,024	8,6
Раздельная (II пр)	<u>0,18-0,24</u> 0,20	<u>0,174-0,258</u> 0,212	0,012	6,0
Лава №24 пл. n <sub>7</sub> <sup>B</sup>				
Валовая	<u>0,26-0,33</u> 0,30	<u>0,246-0,340</u> 0,312	0,012	4,0
Раздельная (II пр)	<u>0,17-0,23</u> 0,21	<u>0,177-0,241</u> 0,219	0,009	4,3



Продолжение табл. 3.14

Лава №26 пл.				
Валовая	<u>0,27-0,34</u> 0,31	<u>0,280-0,322</u> 0,291	0,019	6,1
Раздельная (II пр)	<u>0,19-0,25</u> 0,22	<u>0,176-0,251</u> 0,212	0,008	3,6
Лава №17 пл.				
Валовая	<u>0,28-0,33</u> 0,3	<u>0,292-0,338</u> 0,306	0,006	2,0
Раздельная (II пр)	<u>0,19-0,24</u> 0,22	<u>0,183-0,266</u> 0,242	0,022	10,0
Раздельная (I пр)	<u>0,28-0,33</u> 0,3	<u>0,292-0,338</u> 0,306	0,006	2,0

Из табл. 3.14 следует, что величины отклонений расчетных коэффициентов машинного времени от фактических его значений изменяются в пределах 1,1-10,0%. Такая сходимость позволяет рекомендовать использовать выражения (2.22, 2.24) для расчетов  $k_m$  при валовой и селективной отработке пластов.

Значения зольности горной массы (добываемого угля), рассчитанные по выражениям (2.30, 2.31), и фактические приведены в табл. 3.15.

Из табл. 3.15 видно, что расчетные величины зольности горной массы и добываемого угля с достаточной степенью точности соответствуют фактическим значениям. Максимальные отклонения не превышают 10,0%.

Значения производительности очистных комбайнов, рассчитанные по результатам натуральных замеров, фактическая и полученные расчетным путем – расчетная, приведены в табл. 3.16.

Таблица 3.15 – Фактические расчетные значения зольности

№лавы, схема выемки	зольность, %		величина отклонения	
	фактическая	расчетная	абсолютная	%
Лава №905 пл. С <sub>8</sub> <sup>B</sup>				
Валовая	56,0	56,94	0,94	1,1
Раздельная (II пр)	24,2	26,62	2,42	10,0
Лава №708 пл. С <sub>8</sub> <sup>H</sup>				
Валовая	47,9	48,48	0,54	1,1
Раздельная (II пр)	35,6	34,27	1,47	4,1
Лава №24 пл. п <sub>7</sub> <sup>B</sup>				
Валовая	61,0	59,61	1,41	2,3
Раздельная (II пр)	41,0	42,88	1,28	3,1
Лава №17 пл.				
Валовая	43,9	46,33	2,43	5,5

Раздельная (II пр)	23,6	25,26	1,66	7,0
Раздельная (I пр)	28,2	30,46	2,26	8,0

Таблица 3.16 – Фактические и расчетные значения производительности

№ лавы, применяемая схема выемки	производительность комбайнов		величина отклонения	
	фактическая	расчетная	абсолютная значения	%
Лава №26, пл. п7				
Валовая	195	199,49	4,49	2,3
Раздельная (II пр)	110	116,84	6,84	6,2
Лава №17, пл. п7				
Валовая	$\frac{206^*}{1222-241}$	$\frac{194,56}{112,57-136,7}$	$\frac{10,44}{9,42-2,3}$	$\frac{7,4}{7,7-3,1}$
Раздельная (II пр)	140	127,03	12,97	9,3
Раздельная (I пр)	160	159,98	0,02	0,01

\* в числителе – производительность комбайна по горной массе; в знаменателе – производительность комбайна, приведенная в зольности раздельной выемки за два и за один проход комбайна.

Из табл. 3.16 видно, что сходимость расчетных и фактических величин производительность очистных комбайнов вполне удовлетворительна. Следовательно, выражение (2.26) и входящие в него величины с достаточной точностью отражают фактическую величину производительности.

Таким образом, оценивая полученные результаты шахтных исследований фактических параметров процессов валовой и селективной отработки пластов, можно утверждать, что основные теоретические их положения правомерны, а методическая ценность доказана. Сходимость результатов находится в пределах точности  $\pm 10\%$ , что приемлемо для расчетов параметров технологии очистных работ.

### Выводы

1. Шахтные исследования и полученные в ходе их выполнения результаты подтверждают возможность селективной отработки тонких и весьма тонких пластов существующими комплексами очистных машин. Такая технология позволяет значительно расширить область применения механизированных комплексов без каких-либо изменений их конструкция.

2. Для условий шахт Западного Донбасса наиболее рациональными с точки зрения горно-геологических условий являются схемы с присечкой пород

почвы, так как в случае присечки слабых кровель не исключена возможность нарушения их сплошности.

3. Для уменьшения вероятности образования вывалов пород кровли, при раздельной отработке пласта, необходимо применять технологические схемы, предусматривающие передвижку секций крепи сразу же вслед за проходом комбайна.

4. В случае предварительной (опережающей) выемки мягких пород почвы в условиях шахт Западного Донбасса, возможно некоторое уменьшение (на 30-40%) сближений боковых пород у забоя за счет ликвидации обреза кровли.

5. При селективной отработке, предусматривающей выемку пласта за два прохода комбайна, для обеспечения существующей высоты призабойного пространства, вынимаемую мощность пласта по сравнению с валовой выемкой необходимо увеличить в среднем на 5-8%. Для ликвидации этого явления необходимо использовать технологические схемы, предусматривающие выемку пласта за один проход комбайна.

6. С точки зрения повышения интенсивности работ в лаве наиболее целесообразными являются схемы раздельной отработки пласта, обеспечивающие выемку угля и присечку боковых пород за один проход комбайна.

7. При раздельной отработке пласта как за один, так и за два прохода комбайна наиболее эффективными являются схемы с первоочередной или опережающей выемкой более слабых присекаемых пород в условиях Западного Донбасса и относительно слабого угля в условиях Львовско-Волынского бассейна.

8. При раздельной отработке пласта за два прохода комбайна, комбайн 1К103 может производить присечку крепких боковых пород почвы ( $f = 4-5$ ) на значительную мощность (до 0,35 м) с максимальными скоростями подачи.

9. При валовой и раздельной за один проход комбайна схемах отработки пласта с присечкой крепких пород почвы очистной комбайн 1К103 работает неустойчиво (при  $V = 2,8 - 3,0$  м/мин).

10. Технология селективной отработки пластов позволяет значительно (до 40%) уменьшить зольность угля, добываемого в лавах с присечками боковых пород.

11. Фактические значения параметров валовой и раздельной выемки пластов с присечками боковых пород с достаточной степенью точности описываются зависимостями, полученными аналитически. Сходимость результатов находится в пределах точности  $\pm 10\%$  что приемлемо для выполнения расчетов.

## ГЛАВА 4. ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ И ОБЪЕМОВ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОЙ ОТРАБОТКИ ПЛАСТОВ

### 4.1 Ограничения в применении новой технологии

Применение технологии селективной отработки тонких угольных пластов современными механизированными комплексами ограничивается:

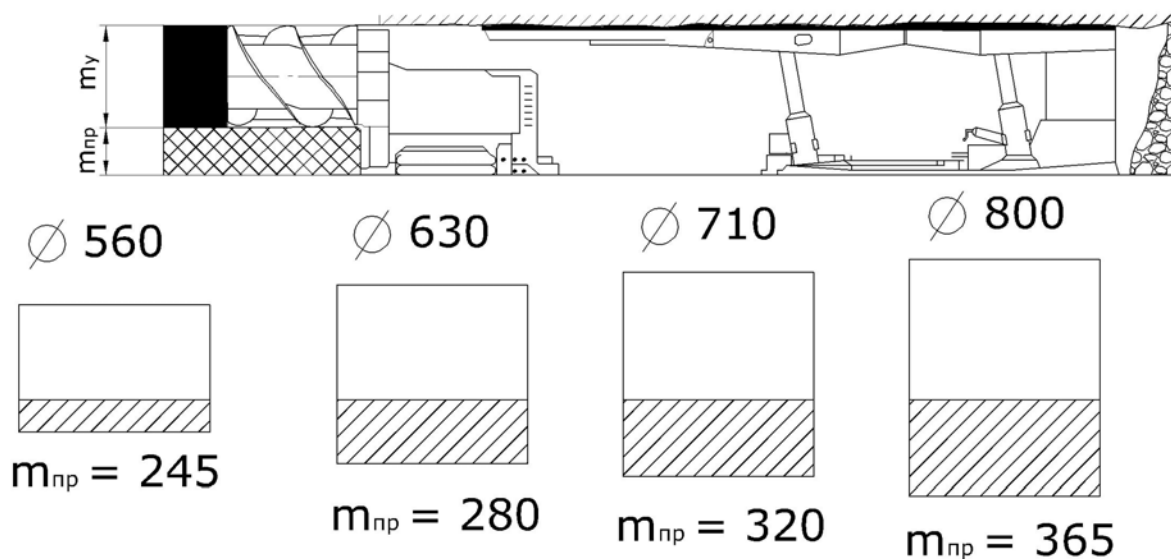
- вынимаемой мощностью угольного пласта и толщиной присечки боковых пород;
- устойчивостью боковых пород и крепостью присекаемых пород;
- экономической целесообразностью.

Нижний предел вынимаемой мощности угольного пласта или, в случае опережающей присечки боковых пород, мощность присечки ограничивается минимальными размерами (диаметром) исполнительных органов комбайна и для рассмотренного выше комбайна 1К103 равен  $m_{\min}=560$  мм. Максимальная высота присечки боковых пород, или в случае последующей отбойки угля, максимальная вынимаемая мощность угольного пласта лимитируется пределами раздвижности исполнительных органов комбайна и составляет (рис. 4.1) для шнеков с диаметром 560; 630; 710 и 800 мм соответственно: и в случае опережающей выемки верхней пачки (угольной или породной) – 555, 510, 470 и 425 мм.

Область применения комплекса КМ103 ограничивается тонкими пластами с породами кровли устойчивыми и средней устойчивости. При новой технологии возможна отработка пластов с ложными кровлями, в частности, для случаев, когда её мощность не превышает максимальных величин присечки (рис. 4.1).

Как показали результаты шахтных исследований и экспериментов, очистной комбайн 1К103 в состоянии обрабатывать пласты с присечками боковых пород крепостью  $f=4-5$ . При этом, как при валовой, так и при раздельной выемке, за один проход комбайна наблюдались следующие негативные явления: неполное разрушение присекаемых пород почвы отстающим исполнительным органом комбайна, недодвижка конвейера и как следствие уменьшение полезной ширины захвата примерно 25%, неустойчивая работа комбайна на повышенных скоростях подачи, вследствие напоздания отстающего шнека на породный уступ в почве, увеличенный расход резцов и повышенный расход электрической энергии.

а) с присечкой пород почвы



б) с присечкой пород кровли

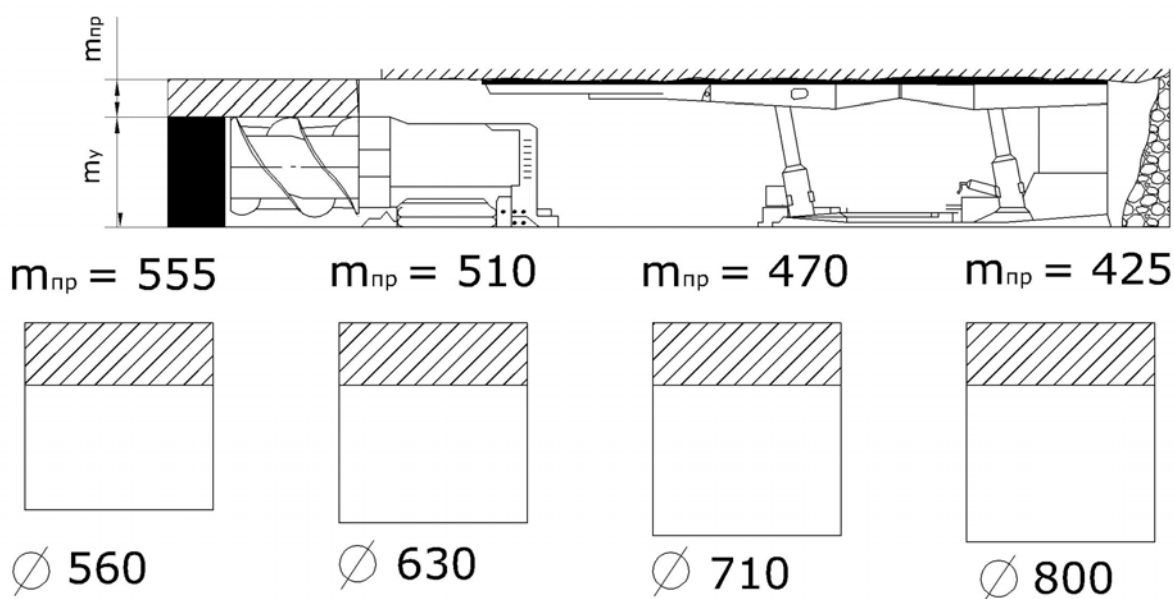


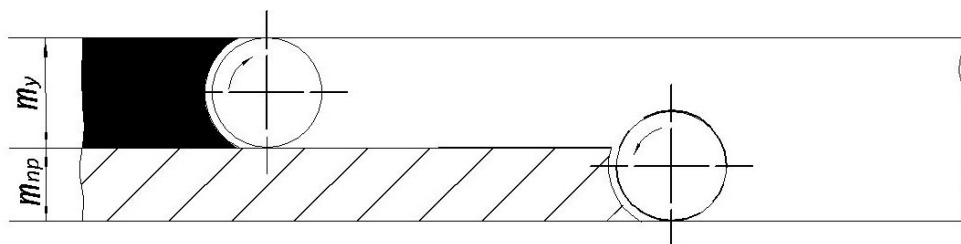
Рисунок 4.1 – Пределы вынимаемой комбайном 1К103 мощности пласта

Технология селективной отработки пластов с присечкой крепких пород почвы  $f=4-5$  за два прохода комбайна, один по углю, другой – по породе, позволяет полностью устранить указанные недостатки. При такой технологии отбойка пород почвы осуществляется при вращении шнека снизу – вверх, в сторону обнажения (рис. 4.2), а не сверху – вниз, в сторону массива (рис. 4.2), как при валовой и раздельной выемке за один проход комбайна. В случае присечки крепких пород кровли или выемки крепкого и вязкого угля (условия шахт Западного Донбасса), отбойка отстающим исполнительным органом комбайна остающейся в кровле пачки (угольной или породной) производится

сверху вниз, в сторону обнажения (рис. 4.2), что позволяет более эффективно вести раздельную выемку за один проход комбайна.

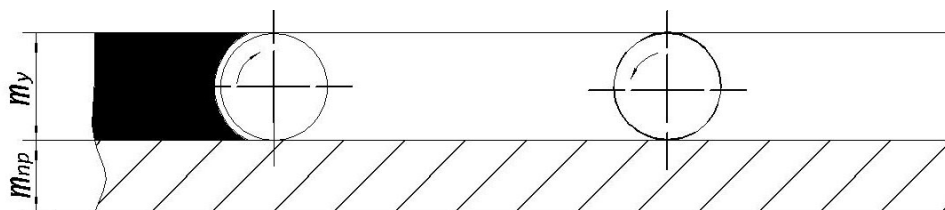
Экономическую целесообразность технология валовой или селективной отработки пластов, а также область и объёмы их применения в конкретных условиях шахт необходимо каждый раз обосновывать и определять на основе экономико-математического моделирования. Качество продукции прежде всего определяет её цену, а следовательно, напрямую влияет на прибыль угледобывающих предприятий.

а) при валовой и раздельной выемке пласта и присекаемых пород почвы за один проход комбайна

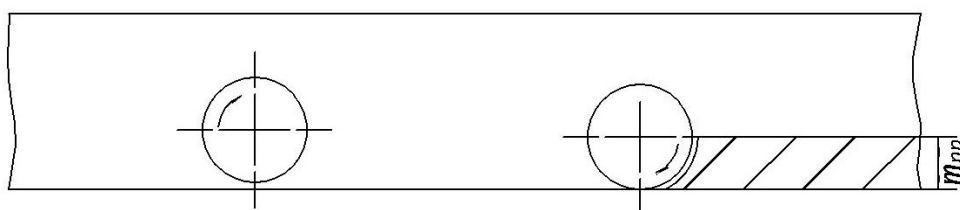


б) при раздельной выемке пласта и присекаемых пород почвы за два прохода комбайна:

-по углу



-по породе



в) при валовой и раздельной выемке пласта и присекаемых пород кровли за один проход комбайна

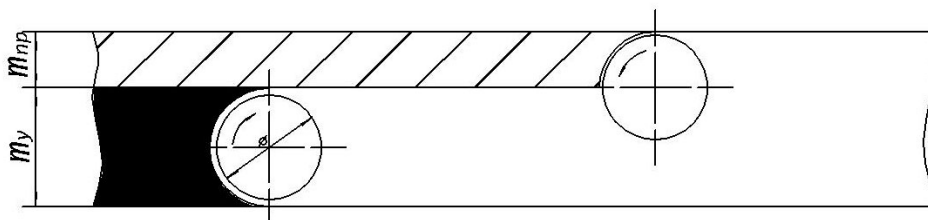


Рисунок 4.2 – Схемы отбойки угля и присекаемых боковых пород исполнительными органами комбайна 1К103

## **4.2. Экономико-математическое моделирование рациональных областей и объемов применения технологии валовой и селективной отработки пластов**

### **4.2.1. Постановка задачи и методика моделирования**

В работе предпринята попытка теоретически, методами экономико-математического моделирования определить экономически целесообразную область и объемы применения технологии селективной отработки пластов для условий конкретной шахты. В общем виде задача сводится к технико-экономическому сравнению расчетных вариантов на основе принятого критерия оптимизации.

Экономико-математическая модель состоит из двух укрупненных блоков: определения экономически целесообразной области применения технологии селективной отработки пластов и расчета рациональных объемов использования новой технологии в пределах шахты. В первом блоке, наряду с выполнением основной задачи, производится выбор лав, параметры которых, удовлетворяют требованиям перехода на селективную отработку пласта и отсеиваются не удовлетворяющих этим требованиям лав. Выбор и моделирование небольшого числа вариантов при определении целесообразных объемов применения новой технологии позволяет существенно упростить модель, сделать ее более управляемой, значительно уменьшить затраты времени на обсчет и последующий анализ результатов расчетов. Вместе с тем, принятый метод отбора исключает опасность того, что оптимальный вариант не будет включен в схему расчетных вариантов. Модель построена для условий отработки тонких и весьма тонких угольных пластов, применительно для шахт Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна.

Критерием оптимизации выбрана годовая прибыль, которая в полной мере учитывает изменения количества и качества выдаваемой продукции, а также позволяет оценить конечные результаты деятельности предприятия. Поставленная задача решена не только для шахты, но и для систем: «шахта – обогатительная фабрика», «шахта – потребитель», «обогатительная фабрика – потребитель» с помощью критерия максимизируемой общей прибыли.

Основным варьируемым параметром является мощность присекаемых боковых пород, которая изменяется от минимальной до максимально возможной при эксплуатации конкретного типа механизированного комплекса в конкретных горно-геологических условиях. Исходя из того, что в работе необходимо получить сравнительные экономические характеристики для оценки расчетных вариантов, а не определить конкретную величину прибыли

при них, к учету приняты только те статьи затрат, которые изменяются в зависимости от способа выемки - валовой или раздельной, а цены – оптовые по прейскуранту. Для приведения к норме зольности (плановой зольности по шахте) используют скидки с горной массы в размере 2% за каждый процент превышения плановой нормы зольности.

Экономико-математическая модель позволяет определить границы экономически целесообразной области применения технологии селективной отработки пластов, а также рациональные объемы ее использования, для условий конкретной шахты.

#### 4.2.2. Экономико-математическая модель

Развернутое выражение целевой функции экономико-математической модели имеет вид:

$$\Pi = \left( \sum_{i=1}^n D_{B_i} n_i + \sum_{j=0}^n D_{C_j} n_j \right) (Ц - C) + \sum_{j=0}^n Q_{nj} n_j C_{ymj} \rightarrow \max, \quad (4.1)$$

где  $i$  – индекс лав, работающих с валовой выемкой пласта;  $j$  - индекс лав, работающих с раздельной выемкой пласта;  $D_{B_i}$  – нагрузка на  $i$ -ую лаву, т/сут;  $D_{C_j}$  – нагрузка на  $j$ -ую лаву, т/сут;  $n_i, n_j$  – количество рабочих дней в году соответственно для  $i$ -й и  $j$ -ой лавы;  $Ц$  – оптовая цена 1 т конечного продукта с учетом его качества, грн/т;  $C$  – затраты на добычу, транспортирование и обогащение 1 т угля (горной массы), грн /т;  $C_{ym}$  – затраты на утилизацию 1 т породы, грн /т;  $Q_{nj}$  – объем породы, вынимаемой в  $j$ -ой лаве, т/сут.

1. Границы варьирования мощностью присечки. Мощность присечки варьируют с заданным шагом от минимальной ( $m_{np\min}$ ) до максимально возможной ( $m_{np\max}$ ), для принятого типа механизированной крепи. Величину  $m_{np\min}$  определяют по выражению:

$$m_{np\min} = \max \left\{ \frac{(h^k + h_3)k_1; (h_{\min}^{np} + h_{nep})k_2; (h_{\min}^{kp} + h_p)k_3}{0,9 - 0,01k_{kp} R \left(1 - \frac{T_{cm} r V k_m}{2Rl}\right)} \right\} - m_y, \quad (4.2)$$

где  $h^k$  – высота комбайна, м;  $h_3$  – зазор между корпусом комбайна и перекрытием крепи, м;  $h_{\min}^{np}$  - минимальная высота прохода в секциях крепи, м;  $h_{nep}$  – суммарная толщина перекрытия и основания крепи, м;  $h_{\min}^{kp}$  – минимальная конструктивная высота крепи (в сложенном виде), м;  $h_p$  – запас гидравлической подвижности для разгрузки стен крепи, м;  $k_{kp}$  – коэффициент, учитывающий сопротивление крепи;  $R$  – расстояние по ширине призабойного пространства от забоя до места замера, м;  $T_{cm}$  – время смены, мин;  $r$  – ширина захвата



исполнительного органа комбайна, м;  $V$  – скорость подачи комбайна, м/мин;  $k_m$  – коэффициент машинного времени;  $l$  – длина лавы, м;  $k_1, k_2, k_3$  – коэффициенты, учитывающие применяемые в расчете параметры;  $m_y$  – мощность угольного пласта, м.

Величину  $m_{np_{max}}$  определяют по формуле:

$$m_{np_{max}} = \frac{h_{max}^{kp}}{1 - 0,01k_{kp}R_n \left(1 - \frac{T_{cm}rVk_m}{2R_n l}\right)} - m_y, \quad (4.3)$$

где  $h_{max}^{kp}$  – максимальная конструктивная высота крепи, м;  $R_n$  – расстояние по ширине призабойного пространства от забоя до переднего ряда стоек, м.

2. Нагрузка на лаву. Расчет среднесуточной нагрузки на лаву ( $D$ ) производят в случае, когда эта величина не определена исходными данными

$$D = \min(D_{н.к.}; D_{г.ф.}) \quad (4.4)$$

где  $D_{н.к.}$  – нагрузка на лаву, ограниченная по скорости подачи комбайна, т/сут; при валовой выемке

$$D_{н.к.} = (m_y \gamma_y + m_{np} \gamma_n) r V k_m T_{cm} n_{cm}, \quad (4.5)$$

при раздельной выемке

$$D_{н.к.} = m_y \gamma_y r V k_m T_{cm} n_{cm}, \quad (4.6)$$

где  $m_{np}$  – мощность присекаемых пород, м;  $\gamma_y, \gamma_n$  – плотность соответственно угля и присекаемых пород, т/м<sup>3</sup>;  $D_{г.ф.}$  – нагрузка на лаву, ограниченная по газовому фактору, т/сут

$$D_{г.ф.} = \frac{3456 S_{O4} l}{0,75 g_{nl} (l + 43,2 r V k_m)}, \quad (4.7)$$

где  $S_{O4}$  – расчетная площадь поперечного сечения призабойного пространства очистной выработки, м<sup>2</sup>;  $g_{nl}$  – относительное метановыделение из разрабатываемого пласта в призабойное пространство очистной выработки, м<sup>3</sup>/т.

3. Скорость подачи комбайна. Расчет скорости подачи комбайна производится в зависимости от принятой схемы выемки пласта:

при валовой и раздельной выемке за один проход комбайна

$$V = \frac{Pt_{рез}}{r(m_1 \bar{A}_1 + k_{ocл} m_2 \bar{A}_2)} - 0,2 V_{рез}, \quad (4.8)$$

где  $P$  – суммарная потребляемая двигателями комбайна мощность, кВт;  $t_{рез}$  – шаг между рабочими линиями резания, см;  $m_1, m_2$  – мощность пласта, вынимаемая соответственно опережающим и отстающим исполнительным

органом, м;  $\bar{A}_1, \bar{A}_2$  – сопротивляемость резанию пласта, вынимаемого собственно опережающим и отстающим исполнительным органом, кН/м;  $k_{осл}$  – коэффициент ослабления массива;  $V_{рез}$  – скорость резания, м/с;

при раздельной выемке за два прохода комбайна (прямой и обратный)

$$V = \frac{V_y + V_n}{V_y V_n}, \quad (4.9)$$

где  $V_y$  – скорость подачи комбайна при выемке угольного пласта, м/мин.

$$V = \frac{Pt_{рез}}{rm_y \bar{A}_y k_{осл}} - 0,2V_{рез}, \quad (4.10)$$

где  $\bar{A}_y$  – сопротивляемость резанию угольного пласта, кН/м;  $V_n$  – скорость подачи комбайна при выемке присекаемых пород, м/мин.

$$V_n = \frac{Pt_{рез}}{rm_{np} \bar{A}_n k_{осл}} - 0,2V_{рез}, \quad (4.11)$$

где  $\bar{A}_n$  – сопротивляемость резанию присекаемых пород, кН/м.

Если  $V_n$ , рассчитанная по приведенному выше выражению больше величины  $0,8V_{гон}$  (максимально возможной скорости подачи комбайна), то она приравнивается к  $0,8V_{гон}$ .

**4. Зольность.** Расчет зольности производят для каждого очистного забоя и шахты в целом:

зольность горной массы в лавах с валовой выемкой пласта ( $A_{зм}$ )

$$A_{зм} = \frac{A_y m_y \gamma_y + A_n \gamma_n (m_{np} + m_{он})}{m_y \gamma_y + \gamma_n (m_{np} + m_{он})}, \quad (4.12)$$

где  $A_y, A_n$  – материнская зольность, соответственно, угольного пласта и присекаемых пород, %;  $m_{он}$  – мощность засорения боковыми породами, м;

зольность угля, добываемого в лавах с раздельной выемкой пласта ( $A_{д.у.}$ ):

$$A_{д.у.} = \frac{A_y m_y \gamma_y + A_n \gamma_n [m_{np} (1 - k_n) + m_{он}]}{m_y \gamma_y + \gamma_n [m_{np} (1 - k_n) + m_{он}]}, \quad (4.13)$$

где  $k_n$  – коэффициент, учитывающий засорение добываемого угля за счет неполной погрузки присекаемых пород,

зольность угля, отгружаемого шахтой ( $A_{III}$ ):

$$A_{III} = \frac{\sum_{i=0}^0 D_{ei} A_{з.м.i} + \sum_{j=0}^n D_{cj} A_{д.у.j}}{\sum_{i=n}^0 D_{ei} + \sum_{j=0}^h D_{cj}}, \quad (4.14)$$

где  $A_{z.m.i}$  – зольность горной массы, добываемой в  $i$ -й лаве, %;  $A_{o.y.j}$  – зольность угля добываемого в  $j$ -й лаве, %.

5. Оптовая цена 1 т конечного продукта. Оптовую цену определяют с учетом поставленной в экономико-математической модели цели. Шахта может производить отгрузку угля на ЦОФ, или непосредственно потребителю. Возможен вариант отгрузки концентрата с ЦОФ потребителю, а также смежные поставки. Общее выражение для определения оптовой цены отгружаемого потребителю конечного продукта труда ( $\Pi$ ) имеет следующий вид:

$$\Pi = k_{on}\Pi_y + k_{of} \cdot k_{ck_u} (k_{zm}\Pi_{zm} + k_k k_{BK}\Pi_k), \quad (4.15)$$

где  $k_{on}$  – коэффициент, учитывающий объем отгрузки непосредственно потребителю:

$$k_{on} = 1 - k_{of}, \quad (4.16)$$

где  $k_{of}$  – коэффициент, учитывающий объем отгрузки на ЦОФ;

$\Pi_y$  – оптовая цена 1 т угля, отгружаемого шахтой непосредственно потребителю, грн/т:

$$\Pi_y = \Pi_{ipy} [1 + 0,025(A_{ipy} - A_{ш})], \quad (4.17)$$

где  $\Pi_{ipy}$  – преysкурантная оптовая цена 1 т угля, грн/т; 0,025 – коэффициент скидок за превышение преysкурантной зольности;  $A_{ipy}$  – зольность угля по преysкуранту, %;  $k_{ck_u}$  – коэффициент скидок по шахте за превышение плановой зольности:

$$k_{ck_u} = 1 - 0,02(A_{ш} - A_{пл.ш}), \quad (4.18)$$

где 0,02 – коэффициент скидок за превышение плановой зольности;  $A_{пл.ш}$  – плановая зольность по шахте, %,  $k_{k_2}, k_{zm}$ , – коэффициенты, учитывающие принимаемый вид конечной продукции;

- при расчете по горной массе, отгружаемой на ЦОФ:

$$k_{zm} = 1; k_k = 0;$$

-при расчете по концентрату, отгружаемому с ЦОФ потребителю

$$k_{zm} = 0; k_k = 1.$$

$\Pi_{zm}$  – оптовая цена 1 т горной массы, отгружаемой на ЦОФ, грн/т:

$$\Pi_{zm} = \Pi_{ipy} [1 + 0,025(A_{ipy} - A_{пл.ш})]; \quad (4.19)$$

$k_{BK}$  – коэффициент, учитывающий выход концентрата из обогащаемой горной массы

$$k_{BK} = 1 - (A_{пл.ш} - A_k)k_{of} - k_{nom}, \quad (4.20)$$

где  $A_k$  – зольность концентрата, %;  $k_{об}$  – коэффициент, учитывающий выход хвостов обогащения;  $k_{ном}$  – коэффициент, учитывающий потери при обогащении.

$Ц_k$  – оптовая цена 1 т отгружаемого потребителю концентрата, грн/т:

$$Ц_k = Ц_{прк} [1 + 0,025(A_{пр.к})], \quad (4.21)$$

где  $Ц_{прк}$  – преysкурантная оптовая цена 1 т концентрата, грн/т;  $A_{пр.к}$  – зольность концентрата по преysкуранту, %.

**6. Затрата на добычу, транспортирование и обогащение 1 т угля (горной массы).** Как и оптовую цену, затраты на добычу, транспортирование и обогащение 1 т угля (горной массы) определяют в зависимости от рассчитываемого варианта отгрузки продукции по формуле:

$$C = k_{он} C_{зм} + k_{оф} (k_{зм} C_{зм} + k_k C_k), \quad (4.22)$$

где  $C_{зм}, C_k$  – себестоимость соответственно 1 т отгружаемой горной массы и концентрата, грн/т.

$$C_{зм} = \frac{\sum_{i=n}^0 C_i D_{ei} + \sum_{j=0}^n C_j D_{cj}}{\sum_{i=n}^0 D_{ei} + \sum_{j=0}^n D_{cj}} + C_{тр}, \quad (4.23)$$

где  $C_i, C_j$  – себестоимость добычи угля (горной массы), соответственно в  $i$ -й и  $j$ -й лаве, грн/т;  $C_{тр}$  – затраты на транспортирование 1 т угля (горной массы), грн/т.

$$C_k = C_{зм} + C_{тр.оф} + C_{об} + (A_{пл.и} - A_k) k_{об} \cdot C_{тр.хв}, \quad (4.24)$$

где  $C_{тр.оф}$  – затраты на транспортирование 1 т горной массы с шахты на ЦОФ, грн/т;  $C_{об}$  – себестоимость обогащения, грн/т;  $C_{тр.хв}$  – затраты на транспортировку и складирование 1 т хвостов обогащения, грн/т.

**7. Затраты на утилизацию породы.** Общую величину затрат на утилизацию породы, получаемой из лав с отдельной выемкой пласта ( $C_{ум.обц}$ ), определяют из выражения:

$$C_{ум.обц} = \sum_{j=0}^n Q_{пj} n_j C_{умj} = \sum_{j=0}^n Q_{пj} n_j \left[ Ц_{пj} - \left( C_{пj} + E_n \frac{K_j}{Q_{пj} n_j} \right) \right] \quad (4.25)$$

где  $Q_{пj}$  – объем породы, вынимаемой в  $j$ -й лаве, т/сут

$$Q_{пj} = D_{cj} \frac{m_{npj} \cdot \gamma_{nj}}{m_{yj} \cdot \gamma_{yj}},$$

$Ц_{пj}$  – эффект от утилизации 1 т породы, вынимаемой в  $j$ -ой лаве, грн/т

$$Ц_{П_j} = \left( \frac{C_{umpj}}{\gamma_{nj} l_j m_{npj} r_j} + C_{mp_{nj}} \right) k_{3j} + C_{mp_{оф}} + C_{об} + (A_{нл-ш} - A_k) k_{об} C_{mp_{св}}, \quad (4.26)$$

где  $C_{umpj}$  – затраты на проведение 1 п.м. откаточного штрека  $j$ -й лавы, грн;  $l_j$  – длина  $j$ -й лавы, м;  $r_j$  – ширина захвата в  $j$ -й лаве, м;  $C_{mp_{nj}}$  – затраты на транспортирование 1 т породы из  $j$ -й лавы, грн /т;  $k_{3j}$  – коэффициент, учитывающий способ утилизации породы, вынимаемой в  $j$ -й лаве: при закладке породы в выработанное пространство лавы  $k_{3j}=1$ , во всех прочих случаях  $k_{3j}=0$ .  $C_{nj}$  – затраты на утилизацию 1 т породы, вынимаемой в  $j$ -й лаве, грн/т;

$$C_{nj} = C_{3nj} k_{3j} + C_{mp_{nj}} k_{mp_j}, \quad (4.27)$$

где  $C_{3nj}$  – затраты на закладку 1 т породы в выработанное пространство  $j$ -й лавы, грн/т;  $k_{mp_j}$  – коэффициент, учитывающий способ утилизации породы, вынимаемой в  $j$ -й лаве: при закладке породы в выработанное пространство лавы  $k_{mp_j}=0$ , во всех прочих случаях  $k_{mp_j}=1$ .

$E_H$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;  $K_j$  – капитальные затраты, связанные с переходом  $j$ -ой лавы на отдельную отработку пласта, тыс. грн.

#### 4.2.3. Алгоритм исследования экономико-математической модели на персональном компьютере

Алгоритм исследования модели на ПК с целью определения рациональной области и объемов применения технологий селективной отработки пласта состоит из последовательных блоков, каждый из которых выполняет свои функции. Алгоритмизация предусматривает наряду с установлением последовательности выполнения расчетов по формулам, приведенным выше (параграфе 2), определение необходимых вспомогательных величин и параметров. Ниже приводится описание работы блоков алгоритма и их взаимодействие.

**Блок подготовки и ввода исходной информации.** В этот блок входят исходные данные, характеризующие горно-геологические, горнотехнические, качественные и стоимостные показатели работы объединения, шахты, очистных забоев и обогатительной фабрики. Некоторые данные вводятся в модель в виде постоянных величин, другие – в виде переменных, которые изменяются в зависимости от конкретных условий и технологий отработки пласта.

**Блок определения экономически целесообразной области применения технологии селективной отработки пластов.** Этот блок является первым активным блоком экономико-математической модели. Помимо решения

основной задачи, на основании полученных в блоке результатов, производится отбор лав, которые целесообразно перевести на раздельную выемку. Как отмечалось выше, в экономико-математической модели и конкретно в этом блоке варьируемым параметром является мощность присекаемых боковых пород. В лавах с присечками менее 5 см указанного варьирования не производят.

Критерием оптимизации, по которому оценивается экономически целесообразная область применения технологии селективной отработки пластов в условиях конкретной шахты, является максимальная прибыль. Расчеты выполняются последовательно для каждой лавы, в которой мощность присечки превышает 5 см, в следующем порядке.

1. Сначала определяются границы и шаг варьирования мощностью присекаемых боковых пород при валовой отработке пласта.

2. После этого с учетом варьируемой мощности присечки находятся расчетные значения скорости подачи комбайна при валовой отработке пласта.

3. Вычисляется расчетная, с учетом присечки и скорости подачи, нагрузка на очистной забой.

4. Определяется величина зольности добываемой в лаве горной массы.

5. Находится нагрузка на шахту с учетом изменения нагрузки на  $i$ -ю лаву и зольности добываемой в ней горной массы.

6. Рассчитывается зольность угля по шахте с учетом изменений зольности в  $i$ -й лаве.

7. Определяется оптовая цена 1 т конечного продукта с учетом рассчитываемого варианта отгрузки.

8. Находится величина удельных затрат на добычу, транспортирование и обогащение 1 т угля (горной массы).

9. Затем для каждого варьируемого значения мощности присечки боковых пород в  $i$ -й лаве определяется величина прибыли (расчетная) от реализации конечного продукта.

После окончания расчета варианта с валовой отработкой пласта по этой лаве производится расчет прибыли при селективной отработке пласта и пустых пород. Причем расчеты выполняются для двух вариантов технологии: за один проход комбайна и за два прохода комбайна. В случае отработки пласта за один проход, расчет прибыли производится в последовательности, аналогичной приведенной выше (для валовой отработки пласта). Единственным отличием является то, что после пункта 8 производится расчет затрат на утилизацию породы. В случае отработки пласта за два прохода комбайна последовательность расчета прибыли несколько изменяется, а именно:

10. Сначала рассчитываются значения скорости подачи комбайна при выемке угольного пласта и присекаемых боковых пород.

11. Затем определяется величина присечки боковых пород при селективной отработке пласта.

12. Вычисляется нагрузка на  $j$ -ю лаву.

13. Находится величина зольности добываемого в  $j$ -й лаве угля.

14. Определяется нагрузка на шахту.

15. Рассчитывается зольность угля по шахте.

16. Определяется оптовая цена 1 т конечного продукта.

17. Находится величина удельных затрат на добычу, транспортирование и обогащение 1 т угля.

18. Определяются затраты на утилизацию породы.

19. Находится величина прибыли по шахте.

20. На основании полученных величин прибыли, производится определение экономически целесообразных областей применения валовой и селективной технологий отработки пласта в зависимости от мощности присекаемых боковых пород в  $j$ -й лаве.

21. Описанный цикл расчетов выполняется для каждой лавы, в которой присечка превышает 5 см.

22. Производится отбор лав, целесообразность перевода которых на селективную отработку пласта подтверждена расчетом.

**Блок расчета рациональных объемов использования технологии селективной отработки пласта.** Расчет производится методом перебора вариантов. Количество рассматриваемых вариантов зависит от числа отобранных лав. Методом сравнения вариантов производится выбор такого соотношения лав с валовой и селективной отработкой пластов, которое обеспечивает максимальную прибыль. Расчеты производятся в следующей последовательности.

1. Определяется объем добычи по шахте.

2. Рассчитывается зольность отгружаемого шахтой угля.

3. Находится оптовая цена 1 т конечного продукта (угля, концентрата).

4. Рассчитываются затраты на добычу, транспортирование и обогащение.

5. Находятся затраты на утилизацию породы.

6. Определяется прибыль по рассчитываемому варианту.

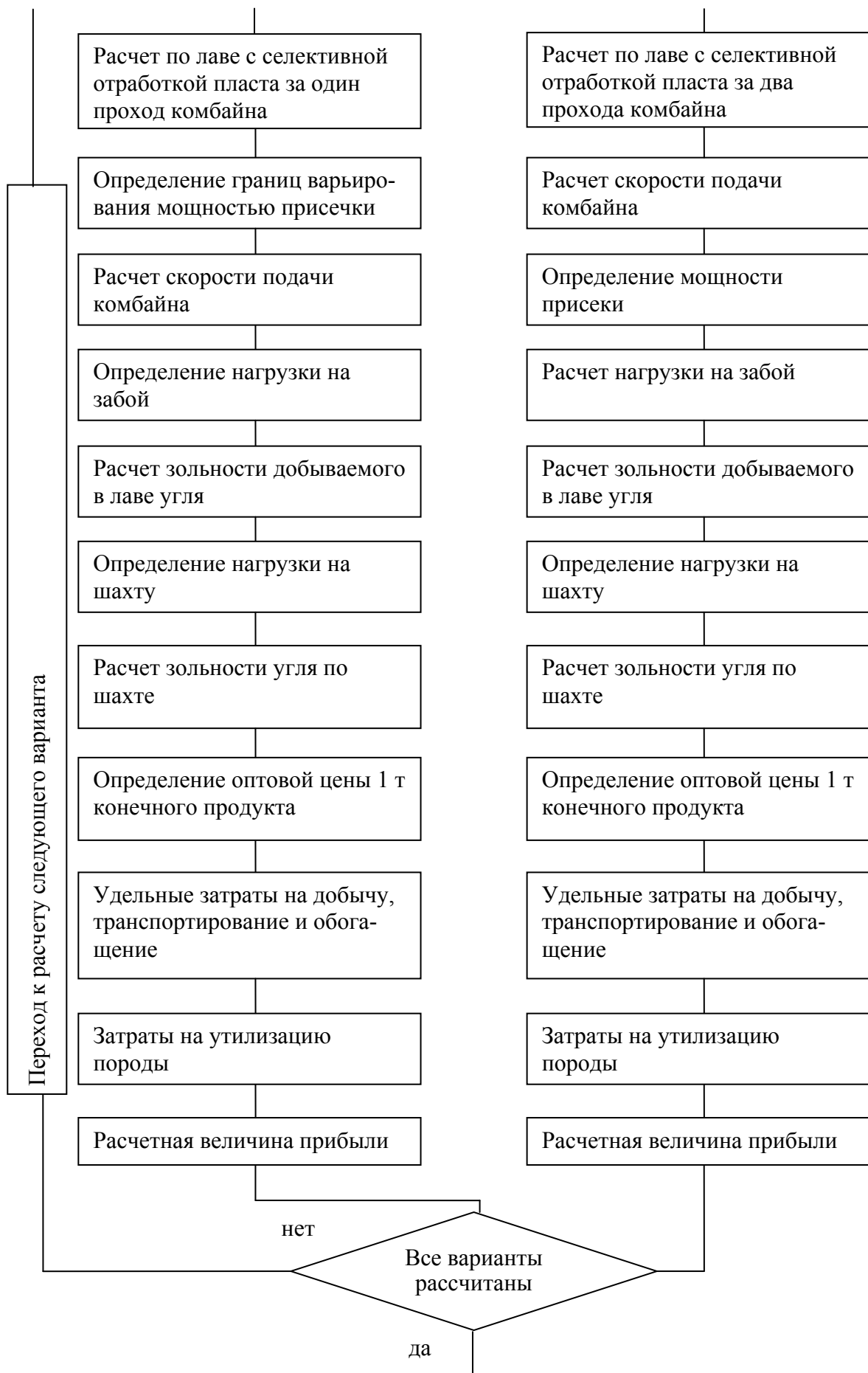
7. Находится оптимальный вариант из всех рассчитываемых.

8. Выходные данные по вариантам выдаются на печать.

На рис. 4.3 приведена укрупненная блок-схема алгоритма исследования на ПК экономико-математической модели определения экономически целесообразной области применения технологии селективной отработки пластов и расчета рациональных объемов ее использования.







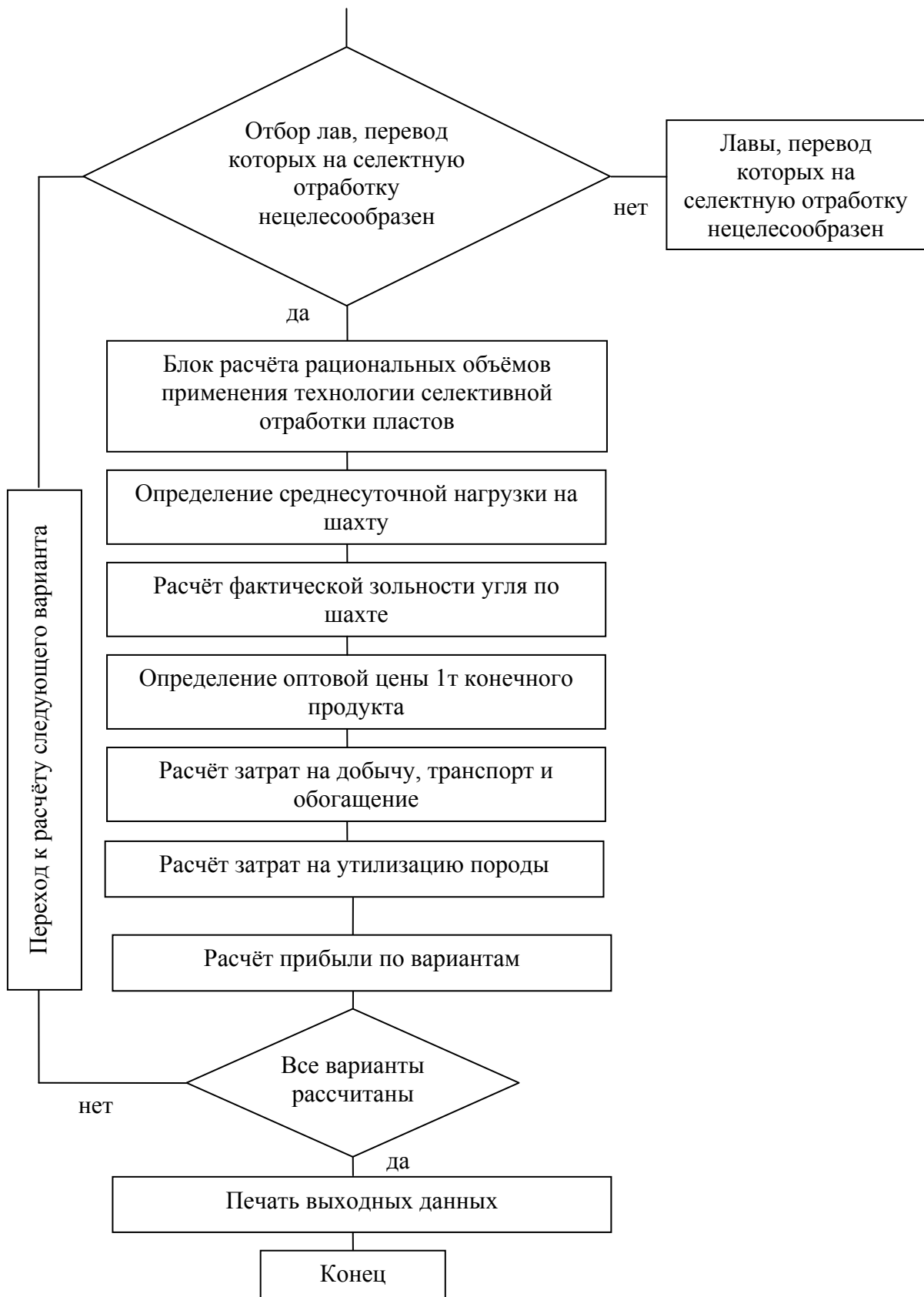


Рисунок 4.3 – Укрупнённая блок-схема алгоритма экономико-математической модели обоснования рациональной области и объёмов применения рациональной и объёмов применения технологии селективной отработки пластов.

#### 4.2.4. Анализ результатов моделирования

Исходные данные, принятые при исследовании на ПК экономико-математической модели обоснования рациональной области и объёмов применения технологии селективной отработки пластов для условий шахт Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна приведены соответственно в табл. 4.1. и 4.2.

Таблица 4.1 – Исходные данные для условий шахт Западного Донбасса

Показатели	Един. изм.	Номер лавы			
		1	2	3	4
1. Мощность угольного пласта	м	0,6	0,7	0,8	0,9
2. Мощность присечки план/факт.	м/м	$\frac{0,10}{0,30}$	$\frac{0}{0,20}$	$\frac{0}{0,10}$	$\frac{0}{0}$
3. Нагрузка на лаву:					
плановая	т/сут	810	660	700	1000
фактическая по горной массе	т/сут	1074	954	840	1000
приведенная	т/сут	720	509	623	1000
4. Зольность досьпаемого угля:					
плановая	%	37,1	20,7	20,0	21,5
фактическая по горной массе	%	53,6	44,0	32,9	21,5
5. Средняя нагрузка на шахту:					
плановая	т/сут		3170		
фактическая по горной массе	т/сут		3968		
приведенная	т/сут		2852		
6. Зольность на шахте:					
плановая	%		25		
фактическая	%		38,4		

Таблица 4.2 – Исходные данные для условий шахт Львовско-Волынского бассейна

Показатели	Един. изм.	Номер лавы			
		1	2	3	4
1. Мощность угольного пласта	м	0,6	0,7	0,8	0,9
2. Мощность присечки план/факт.	м/м	$\frac{0,10}{0,30}$	$\frac{0}{0,20}$	$\frac{0}{0,10}$	$\frac{0}{0}$

Продолжение таблицы 4.2

3. Нагрузка на лаву:					
плановая	т/сут	720	900	940	1000
фактическая по горной массе*	т/сут	$\frac{887}{1182}$	$\frac{842}{1122}$	$\frac{785}{1047}$	1000
Приведенная*	т/сут	$\frac{549}{792}$	$\frac{450}{599}$	$\frac{562}{777}$	1000
4. Зольность досыпаемого угля:					
плановая	%	37,1	20,7	20,0	21,9
фактическая по горной массе	%	53,6	44,0	32,9	21,9
5. Средняя нагрузка на шахту:					
плановая	т/сут		3480		
фактическая по горной массе	т/сут		$\frac{3514}{4351}$		
приведенная	т/сут		$\frac{2626}{3141}$		
6. Зольность на шахте:					
плановая	%		25,0		
фактическая	%		38,9		

\* в числителе – ширина захвата 0,6 м; в знаменателе – 0,8 м.

В табл. 4.1 и 4.2 приведены только основные, принимаемые при моделировании данные, остальные необходимые для выполнения расчётов на ПК горно-геологические, горнотехнические и экономические показатели приняты характерными для условий шахт Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна, некоторые из них были приведены ранее в табл. 2.5 (глава 2).

В обоих случаях расчёты выполнены для угольных пластов мощностью 0,6 м, 0,7 м, 0,8 м и 0,9 м. Рассчитанная по выражению (2.10) высота присечки при отработке пластов указанной мощности механизированным комплексом 1КМ103 составила соответственно 0,3 м, и 0,2 м, 0,1 м и 0 м. То есть минимальная вынимаемая мощность пласта в исследуемых условиях равна 0,9 м, тогда как рекомендуемая по технической характеристике комплекса 1КМ103 величина  $m_{\min}$  равна 0,7 м.

Значения зольности добываемого угля (плановая и фактическая) определялись по выражениям (2,56, 2,57) с учётом мощности присечки принятой соответственно согласно технической характеристике комплекса и расчётов НГУ. Нагрузки на очистные забои рассчитывались по выражениям (2,27, 2,33) с учётом и без учёта зольности добываемого угля. При этом плановая нагрузка рассчитывалась для мощности пластов с учётом минимума,

заданного по технической характеристике комплекса, то есть 0,7 м, а фактическая нагрузка по горной массе рассчитывалась для вынимаемой мощности пластов, определённой согласно расчётов, то есть 0,9 м. Приведенная нагрузка определялась путём приведения фактической зольности горной массы и плановой зольности угля, добываемого комплексом 1КМ103 с минимальной вынимаемой мощностью 0,7 м. Следует отметить, что при расчётах фактической и приведенной нагрузки, для условий отработки пластов Львовско-Волынского угольного бассейна, были учтены выявленные в ходе шахтных исследований негативные явления, связанные с присечкой крепких боковых пород почвы, а именно: снижение скорости подачи комбайна и уменьшение фактической ширины захвата исполнительного органа с 0,8 м до 0,6 м. Как видно из табл. 4.2, это в значительной степени повлияло на величину фактической и приведенной нагрузки.

### **Области экономически целесообразного применения технологии селективной отработки пластов**

Результаты реализации первого блока экономико-математической модели по определению рациональной области применения технологии селективной отработки пласта в зависимости от его мощности и величины присечки боковых пород, для различных вариантов технологии и путей отгрузки добываемого угля с учетом и без учета обогащения, приведены в табл. 4.3. На рис. 4.4, 4.5 приведены некоторые усредненные зависимости, характерные для рассматриваемых угледобывающих районов. Из рис. 4.4 следует, что с экономической точки зрения для принятых условий шахт Западного Донбасса наиболее целесообразной является технология селективной отработки пластов с присечкой пород почвы за один проход комбайна. Такая технология обеспечивает наивысшую прибыль практически во всем рассматриваемом диапазоне мощностей присечки. При этом следует отметить, что при закладке присекаемых пустых пород в выработанном пространстве лав величина прибыли с ростом мощности присечки изменяется незначительно, тогда как при транспортировании этих пород на поверхность прибыль с увеличением присечки довольно резко падает. Это связано с тем, что при селективной отработке пласта за один проход комбайна все же происходит пусть и не значительное засорение добываемого угля отбитой, но не полностью погруженной на конвейер породой, которое снижает прирост прибыли и не позволяет перекрывать затраты на закладку и транспортирование пустых пород. Селективная отработка пластов за два прохода комбайна, как правило, обеспечивает более значительный прирост прибыли достаточный для перекрытия указанных затрат.

Таблица 4.3 – Значения мощности присечки, при которой целесообразен переход с валовой выемки на раздельную

	Селективная выемка и мощность пласта														
	Выемка пласта с присечкой пород почвы							Выемка пласта с присечкой пород кровли							
	За один проход комбайна с закладкой		За два прохода комбайна с закладкой		За два прохода комбайна с транспортировкой на поверхность			За один проход комбайна с закладкой			За один проход комбайна с транспортировкой на поверхность		За один проход комбайна с транспортировкой на поверхность		
Пути отгрузки	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8
Шахта-потребитель	0,07	0,10	0,06	0,08	0,11	0,09	0,10	0,06	0,03	0,07	0,04	0,15	0,11	0,13	0,12
Шахта-ЦОВ	0,1	0,11	0,11	0,13	0,13	0,16	0,12	0,12	0,12	0,15	0,15	0,14	0,18	0,16	0,23
Шахта-ЦОФ-потребитель	0,1	0,13	0,11	0,13	0,18	0,16	0,12	0,08	0,05	0,14	0,06	0,16	0,18	0,16	0,23

\*Значения мощности присечки, при которой целесообразен переход с валовой выемки на раздельную за два прохода комбайна

\*\*Значения мощности присечки, при которой целесообразен переход с раздельной выемки за один проход комбайна на раздельную выемку за два прохода комбайна.

При такой технологии с увеличением мощности присечки прибыль резко возрастает, особенно при закладке породы в выработанные пространства лав. Однако, в рассматриваемых условиях, эта технология не позволяет достигать таких величин прибыли как технология селективной отработки пласта за один проход комбайна, и только при величинах присечки, близких к максимально принятым ( $m_{np} = 0,35$ ) значения достигаемой прибыли несколько выравниваются. Это позволяет говорить о том, что при значительных мощностях присечки равных 0,35 м и более, возможны случаи, когда селективная отработка пласта за два прохода комбайна в условиях Западного Донбасса будет экономически целесообразнее, чем за один проход комбайна. Нижняя граница целесообразности такой технологии согласно рис. 4.4 находится в пределах 0,15 м при закладке и 0,2 м – при транспортировании присекаемых пород на поверхность.

В условиях шахт Львовско-Волынского бассейна, где возможно применение схем отработки пластов как с присечкой почвы, так и кровли, наиболее эффективна присечка кровли. При этом достигается относительно большая прибыль, как при валовой, так и при селективной отработке пластов, что показано на рис. 4, где приведены зависимости прибыли шахты от принятой схемы выемки и расположения присечки. Граница целесообразности перехода с валовой выемки на раздельную, оценивается в пределах 0,19-0,25 м и зависит от способа утилизации породы (рис. 4.5 б). То есть, можно со всей определенностью сказать, что для условий Львовско-Волынского бассейна наиболее целесообразны: валовая (при  $m_{np} \leq 0,19-0,25$  м), либо селективная (при  $m_{np} \geq 0,19 - 0,25$  м) отработка пластов с присечкой пород кровли за один проход комбайна. Эти схемы выемки позволяют избежать недостатков, присущих отработке пластов с присечками крепких пород почвы и за счет этого достичь более высоких технико-экономических показателей. Однако они имеют ограниченную область применения, так как присечка кровли может нарушить ее сплошность и привести к негативным последствиям.

Наиболее широко распространены схемы с присечкой пород почвы. В этом случае возможно применение трех схем выемки: валовая, раздельная за один проход комбайна и раздельная за два прохода комбайна. Строительную эффективность применения той или иной схемы выемки или границы целесообразности перехода с одной технологии на другую можно оценить из рис. 4.5 а. Здесь наглядно показано, что валовая отработка эффективна при мощностях присечки не более 0,09-0,12 м.

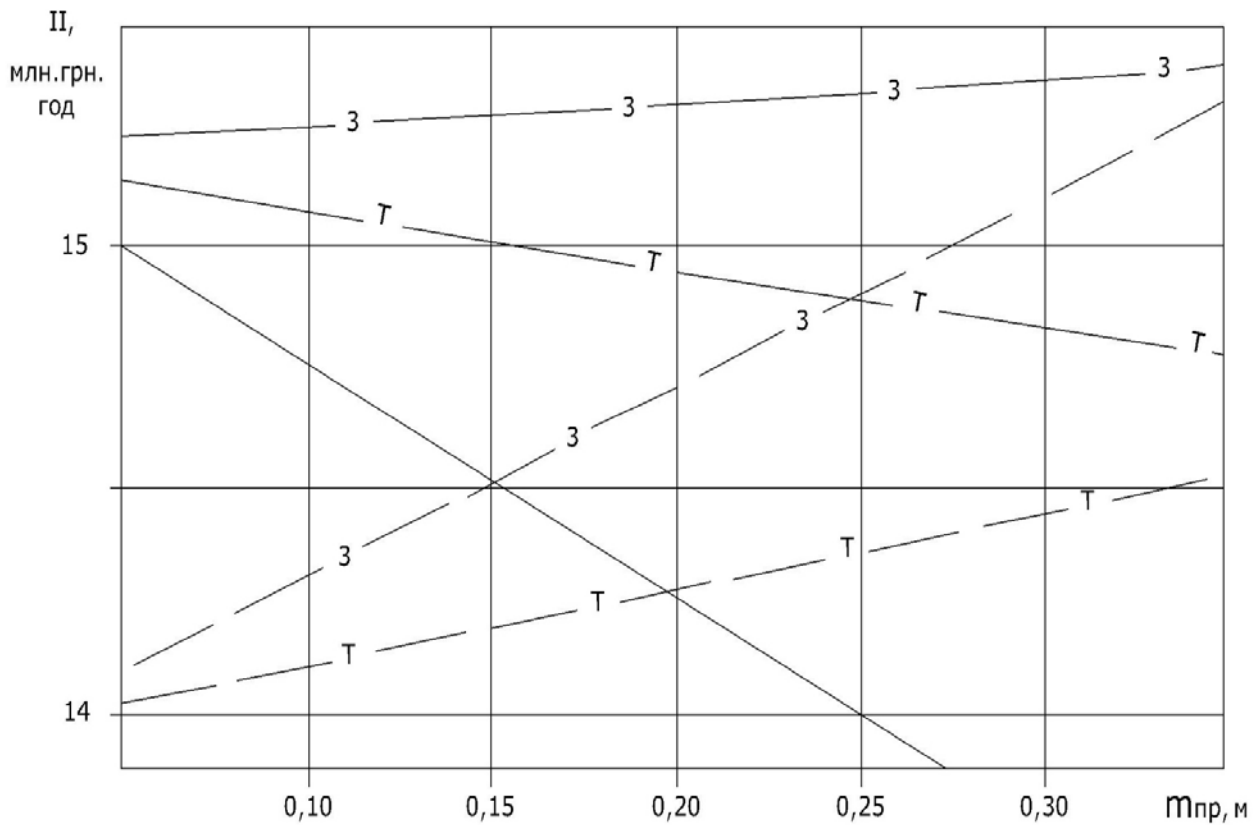


Рисунок 4.4 – Экономически целесообразные области применения технологии валовой и селективной отработки пластов Западного Донбасса с присечкой пород почвы: \_\_\_\_\_ - валовая выемка пласта; - 3 - 3 - раздельная выемка пласта, соответственно за один и за два прохода комбайна с закладкой породы в выработанное пространство лавы; - Т - Т - с транспортированием породы на поверхность



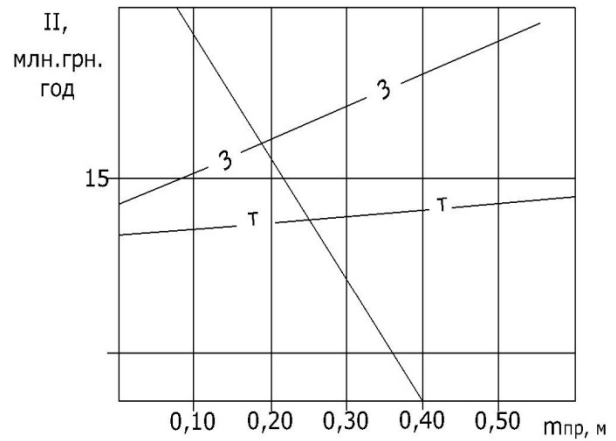
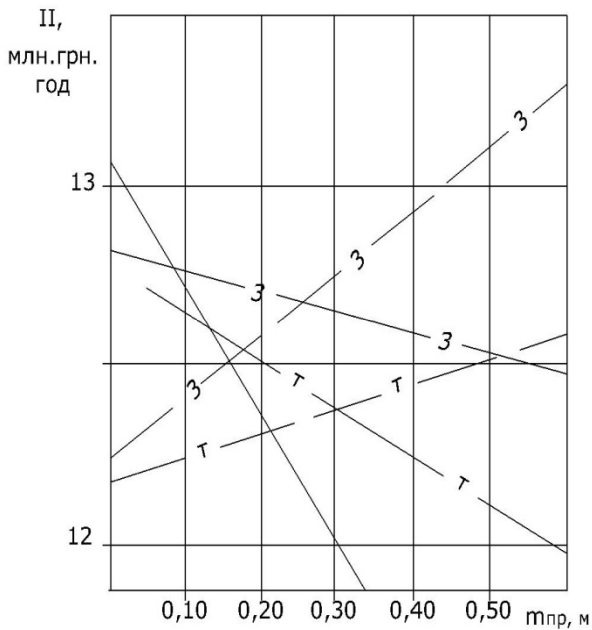


Рисунок 4.5 – Экономически целесообразные области применения технологии валовой и селективной отработки пластов Львовско-Волынского бассейна с присечкой пород почвы (а) и кровли (б): — -валовая выемка пласта; – З – З – раздельная выемка пласта, соответственно, за один и за два прохода комбайна с закладкой породы в выработанное пространство лавы; – Т – Т – с транспортированием породы на поверхность

На пластах с присечками большей мощности, целесообразен переход на их селективную отработку, причем в лавах с присечками мощностью от 0,09-0,12 м до 0,17-0,20 м более эффективна выемка за один проход комбайна, тогда как в лавах с присечками большей мощности ( $m_{пр} \geq 0,17 - 0,20 м$ ) - за два прохода комбайна.

Во всех рассмотренных случаях меньшая граничная величина мощности присечки соответствует вариантам с закладкой присекаемых пустых пород в выработанные пространства лав, а большая – с их транспортированием на поверхность.

Для обоих объединений наиболее эффективна работа с закладкой присекаемых пустых пород в выработанные пространства лав.

Следует отметить, что во всех случаях необходимо обосновывать технологическую целесообразность применения той или иной технологии в конкретных условиях шахты.

Рациональные объемы использования технологии селективной отработки пластов.

Результаты реализации второго блока экономико-математической модели по определению рациональных объемов использования технологий валовой и селективной отработки пластов на условно принятой шахте приведены в табл. 4.4 и на рис. 4.6.

Таблица 4.4 – Результаты реализации второго блока экономико-математической модели по определению рациональных объёмов использования технологий валовой и селективной отработки пластов

Показатели	Един. изм.	Расчётные варианты																	
		1 вал.	1 вал.	1 вал.	1 вал.	1 вал.	1 вал.	1 вал.	1 вал.	1 вал.									
		2 вал.	2 вал.	2 вал.	2 вал.	2 вал.	2 вал.	2 вал.	2 вал.	2 вал.									
		3 вал.	3 вал.	3 вал.	3 вал.	3 вал.	3 вал.	3 вал.	3 вал.	3 вал.									
1. Нагрузка на шахту																			
- фактическая по г.м.	т/сут.	3868	3394	3563	3722	3089	3417	3248	2943										
- приведённая	т/сут.	2831	2946	2856	2866	3015	2932	2975	2943										
2. Зольность по шахте																			
- фактическая	%	38,4	31,6	34,3	36,5	26,2	32,1	29,2	23,3										
- плановая	%	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0										
3. Оптовая цена 1 т отгружаемого угля	руб/т	14,27	16,89	16,45	15,28	20,77	17,63	19,17	22,31										
4. Себестоимость 1т																			
- горной массы (г.м.)	руб/т	5,93	6,75	6,51	6,31	7,81	7,00	7,40	9,03										
- угля с приведенной зольностью	руб/т	8,11	7,75	7,95	8,13	8,00	8,16	8,08	9,03										
- концентрата	руб/т	13,46	13,10	13,30	13,48	13,35	13,51	13,43	14,38										
5. Прибыль																			
- при отгрузке потребителю	млн. руб.	11,59	14,00 14,54	12,99 13,31	12,11 12,24	15,04 16,16	13,84 14,84	14,52 15,52	14,83 15,82										
- при отгрузке на ЦОФ	млн. руб.	13,45	14,84 15,38	14,23 14,56	13,82 13,85	15,31 16,30	14,74 15,74	15,03 16,03	14,83 15,82										
- с учётом обогащения	млн. руб.	12,85	14,06 14,60	13,52 13,85	13,07 13,20	14,64 15,64	14,14 15,13	14,40 15,39	14,20 15,19										

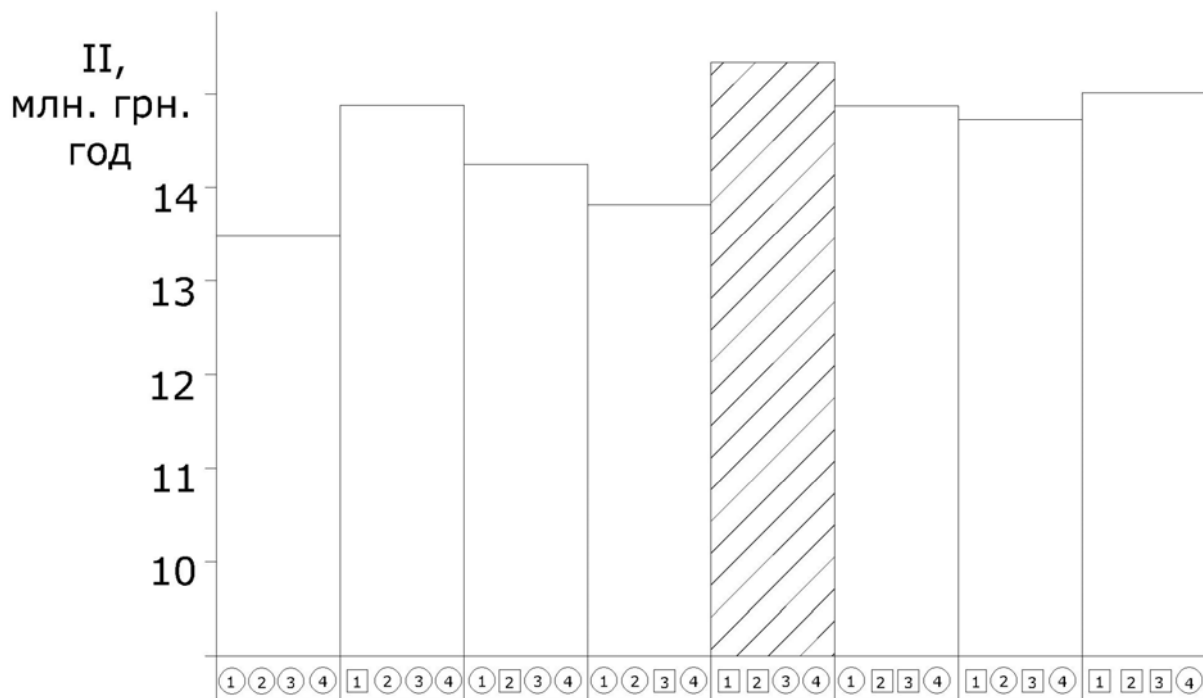


Рисунок 4.6 – Рациональные объемы применения валовой и селективной отработки пластов, мощностью 0,6м-1, 0,7м-2, 0,8м-3 и 0,9м-4, на условно принятой шахте: ○ – валовая выемка; □ – раздельная выемка угля и присекаемых пустых пород.

Из приведенных данных следует, что наиболее целесообразным является вариант, при котором две лавы производят селективную отработку пластов мощностью 0,6 и 0,7 м, а две другие соответственно валовую отработку пласта мощностью 0,8 м и чисто по углю мощностью 0,9 м. При этом варианте отмечен наивысший прирост прибыли по шахте по сравнению с базовым, а именно: около 3,5 млн. грн. в год.

Таким образом, для условий каждой конкретной шахты может быть найден вариант набора технологий по лавам, который бы обеспечивал наибольшую возможную прибыль.

### 4.3. Потенциальные возможности применения технологии селективной отработки пластов

В Донецком бассейне в границах Украины запасы угля на пластах мощностью менее 0,6 м составляют 51,4% всех балансовых запасов пологих и наклонных пластов [94]. Распределение запасов по углам падения пластов следующие: до 18° - 68,6%, а в пределах 19-35° - 31,4%.

В запасах пологих и наклонных пластов мощностью до 0,8 м наибольший удельный вес занимают коксующиеся угли – 56,1%, затем энергетические

28,8% и антрацит 15,1%. Распределение запасов в пластах мощностью до 0,8 м по маркам углей приведено в табл. 4.5.

Удельный вес балансовых запасов с боковыми породами не ниже средней устойчивости составляет 72,4% (на пластах  $m=0,51-0,6$  м 75,9%;  $0,61-0,70$  м и  $0,71-0,80$  м соответственно 71,4 и 71,7%). Более устойчивые породы характерны преимущественно для пластов с коксующимися углями, 75,2% их запасов содержится в пластах с породами не ниже средней устойчивости, а в пластах с энергетическими углями и антрацитами соответственно 74,5 и 58,3%.

Таблица 4.5 – Распределение балансовых запасов угля по мощности пласта, маркам угля и устойчивости боковых пород, %

Угли	Устойчивость боковых пород	Мощность пласта, м			Всего
		0,51-0,60	0,61-0,7	0,71-0,80	
Коксующиеся	Устойчивые и средней устойчивости	9,8	15,8	16,6	42,2
	Неустойчивые	4,2	4,3	5,4	13,9
	Устойчивые и средней устойчивости	3,9	7,0	10,5	21,4
Энергетические	Неустойчивые	0,2	3,4	3,8	7,4
	Устойчивые и средней устойчивости	0,2	2,7	5,8	8,8
Антрациты	Неустойчивые	-	2,5	3,8	6,3
	Устойчивые и средней устойчивости	13,9	25,5	33,0	72,4
	Неустойчивые	4,4	10,2	13,0	27,6

Такое же положение наблюдается во Львовско-Волынском бассейне, где промышленные запасы угля в пластах мощностью менее 1 м составляли 77,5 %, из них в пластах 0,51 – 0,70 м 22,8%. Общий удельный вес коксующихся углей в промышленных запасах составлял 43,7%, из них 44,7% в пластах мощностью менее 1 м и 58,4% в пластах мощностью 0,51 – 0,70 м.

Все запасы сосредоточены в пологих пластах с углами падения 0 – 8°. Устойчивость кровли тонких пластов в основном средняя и выше средней, что способствует применению механизированных комбайнов и, в частности, комплекса 1КМ103 с технологией селективной отработки пластов. Пока же на шахтах Украины и, в частности, Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна широкое распространение получила технология валовой выемки с присечками боковых пород (около 150 лав в год).

Однако, как показали приведенные выше результаты исследований, во всех лавах, работающих сегодня с присечками боковых пород, возможно применение технологии селективной отработки пластов.

### **Выводы**

1. Область применения технологии отдельной отработки пластов механизированным комплексом 1КМ103 ограничивается:

- вынимаемой мощностью угольного пласта и толщиной присечки боковых пород;

- устойчивостью боковых пород и крепостью присекаемых пород;

2. Нижний предел вынимаемой мощности угольного пласта или, в случае опережающей присечки боковых пород, мощность присечки ограничивается минимальными размерами (диаметром) исполнительных органов комбайна 1К103 и равен  $m_{\min}=560$  мм.

3. Максимальная величина присечки боковых пород или, в случае последующей отбойки угля, максимальная вынимаемая мощность угольного пласта лимитируется пределами раздвижности исполнительных органов комбайна и составляет для шнеков диаметром 560, 630, 710 и 800 мм соответственно:

- в случае опережающей выемки верхней пачки (угольной или породной) – 245; 280; 320 и 365 мм;

- в случае опережающей выемки нижней пачки (угольной или породной) – 555; 510; 470 и 425 мм.

4. Область применения комплекса 1КМ103 ограничивается тонкими и весьма тонкими пологонаклонными пластами с породами кровли устойчивыми и средней устойчивости. В ряде случаев при новой технологии появляется

возможность отработки пластов с ложными кровлями, в частности, когда её мощность не превышает максимально возможных величин присечки.

5. Очистной комбайн 1К103 в состоянии обрабатывать пласты с присечками боковых пород почвы и кровли с крепостью до  $f=4\dots5$ . Причём, в случае присечки крепких пород почвы следует применять раздельную выемку пласта за два прохода комбайна, а в случае присечки крепких пород кровли – за один проход комбайна.

6. Механизированный комплекс 1КМ103 в состоянии обрабатывать весьма тонкие пласты Западного Донбасса, отнесённые к забалансовым запасам (мощностью 0,1-0,55 м).

7. При значительных мощностях присекаемых пород почвы и высокой крепости присекаемых пород технология раздельной выемки за два прохода комбайна экономически целесообразнее, чем за один проход комбайна. Это относится в основном к пластам Львовско-Волынского бассейна.

8. Рациональная область применения валовой и раздельной выемки зависит не только от мощности пласта и присекаемых боковых пород, но и от потребителя добываемого угля. Так, при отгрузке непосредственно потребителю, валовая технология (в условиях шахт Западного Донбасса) эффективна при величинах присечек не более 0,08-0,11 м, тогда как при отгрузке на ЦОФ соответственно 0,13-0,19 м.

9. С экономической точки зрения для условий шахт Западного Донбасса наиболее целесообразной является технология раздельной отработки пластов с присечками боковых пород почвы более 0,1-0,19 м (в зависимости от конкретных условий) за один проход комбайна:

а) на пластах с мощностью угля от 0,6 до 0,8 м с опережающей выемкой угольного пласта;

б) на пластах с мощностью угля менее 0,6 м – с опережающей выемкой мягких присекаемых пород.

10. С экономической точки зрения, для условий шахт Львовско-Волынского бассейна, наиболее целесообразной является технология раздельной, за один проход комбайна отработки угольных пластов мощностью 0,5-0,8 м с присечкой крепких пород кровли более 0,27-0,11 м. В случае, когда присечка кровли невозможна, или нежелательна, целесообразно применение технологии раздельной отработки пластов указанной мощности с присечками пород почвы более 0,15-0,09 м – за два прохода комбайна.

11. Для достижения максимальных величин прибыли, нет необходимости переводить все лавы с присечками на раздельную отработку, для этого достаточно бывает одной-двух лав на шахту.

12. Для каждого отдельного случая величины мощности присечки, при которых целесообразен переход с валовой выемки на раздельную и наоборот, имеют различные значения. Поэтому расчёты рациональных областей и объёмов применения различных технологий необходимо производить отдельно для условий каждой конкретной лавы и шахты в целом.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Монография является законченной работой, в которой поставлена и решена актуальная научная и практическая задача обоснования основных параметров и области применения технологии селективной отработки тонких и весьма тонких угольных пластов.

В ходе исследований получены следующие, наиболее существенные результаты.

1. Научно обоснованы основные параметры технологии селективной отработки тонких угольных пластов.

- зависимость минимальной, вынимаемой механизированными комплексами мощности от конструктивных параметров оборудования очистного забоя и горно-геологических условий отработки пласта, отличается тем, что в ней одновременно учтены физиологические параметры, необходимые для обеспечения высокой производительности труда, технологические и временные параметры, характеризующие особенности применяемой технологии, а также максимальные сближения боковых пород в лаве;

- зависимость скорости подачи комбайна  $\bar{v}$ , коэффициента машинного времени  $k_m$ , удельных энергозатрат  $H_0$  и зольности добываемого угля  $A$  от горно-геологических и конструктивных параметров, отличающихся тем, что в них учтены особенности отдельной выемки угольного пласта и присекаемых пустых пород, в частности, ослабления пласта за счёт опережающего вруба, порядок выемки пачек пласта, полнота погрузки угля и породы на конвейер и др.;

- производительность очистного комбайна при отработке угольных пластов с присечками боковых пород должна определяться с учётом её зависимости от качества добываемого угля.

Анализ результатов расчётов, выполненных с использованием полученных зависимостей, в частности, показал, что:

- для рассматриваемых условий отработки тонких угольных пластов вынимаемая мощность должна быть не ниже 0,90 – 0,95 м для комбайнов КМК97 и КМК98; 1,02 – 1,05 м для комплекса КД80 и 0,87 – 0,90 м для КМ103, выемка пластов меньшей мощности невозможна без присечки пустых боковых пород;

- увеличение присечки на 0,01 м при валовой выемки пластов различной мощности приводит к дополнительному засорению добываемого угля на 0,04 – 1,2 %, при отдельной выемке за один подход комбайна – на 0,1 – 0,2 %, а за два подхода комбайна практически не влияет на качество добываемого угля;



- скорость подачи комбайна при выемке, имеющей две плоскости обнажения присекаемой почвы, практически не зависит от её крепости и мощности (при  $m_{пр} \leq 0,35$ ) и может достигать максимально возможных величин ( $\bar{v} \leq \bar{v}_{дон}$ ).

Фактические значения параметров валовой и отдельной выемки пластов с присечками боковых пород с достаточной степенью точности описываются зависимостями, полученными аналитически. Сходимость результатов находится в пределах точности  $\pm 10\%$ , что вполне приемлемо для выполненных расчётов.

2. Разработаны методические положения и соответствующая программа решения на ПК, по установлению рациональных областей и объёма применения валовой и селективной отработки пластов в условиях конкретной шахты, позволяющая определить также наиболее целесообразные технологические схемы селективной отработки пластов и способы утилизации присекаемых боковых пород, рациональные пути отгрузки добываемого шахтой угля в зависимости от его качества. Реализация модели позволила установить наиболее целесообразные схемы отработки тонких и весьма тонких угольных пластов Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна.

3. Разработаны принципиальные схемы технологии селективной отработки пластов с присечками боковых пород, базирующейся на использовании существующей выемочной технологии. Некоторые из них опробированы на шахтах Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна, в частности, реализована с помощью комплекса 1КМ103, технология селективной отработки пластов мощностью 0,6 – 0,8 м с присечками боковых пород крепостью до  $f=4 \div 5$  по шкале проф. М. М. Протодряконова, которая позволяет значительно снизить зольность добываемого угля. Впервые предложен способ механизированной отработки пластов мощностью 0,6 м с мягкими боковыми породами ( $f \leq 3$ ).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Адилов К.Н. Исследование надежности технологии уступной и селективной выемки // Изв.вузов. Горный журнал. - 1978.- №2. - С. 3-8.
2. Адлина Л.Л. Обоснование области применения валовой и раздельной выемки угольных пластов сложного строения // Сб. науч. тр. / ИГД им. А. А. Скочинского.- 1980.- Вып. 188. - С. 30-37.
3. Адлина Л.Л. Рациональные области применения валовой и раздельной выемки угольных пластов с породными прослойками // Сб. науч. тр. / ИГД им. А.А. Скочинского. - 1981.- Вып. 196.- С. 144-148.
4. Андерсон Ф.С. Техника выемки в каменноугольной промышленности Великобритании // Глюкауф. - 1980. - № 10.- С. 3-7.
5. Астахов А.С., Гитин Е. М. Экономическая оценка использования отходов производства при добыче угля // Уголь Украины.- 1982. - №6.- С. 14-16.
6. Бацанов М. Л., Кошарный Л.К., Чефранов В.В. Комплексная механизация выемки тонких пластов // Уголь. - 1983.- №3.- С. 24-25.
7. Безлюдная выемка тонких пологих пластов при управлении кровлей частичной закладкой / К.Ф. Сапицкий, Ю.В. Бондаренко, С.Н. Александров, А.Ф. Стифеев // Разработка месторождений полезных ископаемых. - Киев, 1981. - Вып. 60. - С. 91-93.
8. Беляев Б. В. Охрана окружающей среды при разработке угольных месторождений Донбасса // Уголь Украины. - 1978. - №8.- С. 36-39.
9. Бентхаус Ф., Кунцель Х., Пфанненштиль Ф. К. Состояние и тенденции разработки пластов в экстремальных горно-геологических условиях // Глюкауф. - 1980. - № 19.- С. 5 - 11.
10. Бергман М., Кундель Х. Границы комбайновой выемки на тонких пластах // Глюкауф.- 1980. - № 7.- С. 17 – 22.
11. Бергман М., Кундель Х. Деятельность рабочей группы "маломощные пласты" в 1978-1982 гг. // Глюкауф.- 1983.- № 6. - С. 41-46.
12. Бодрунов Л.Д., Топорков А. А. Механизация выемки тонких пластов в СССР и за рубежом.- М., 1983.- 68 с. - (Обзор / ЦНИЭИуголь)
13. Борисенко Л. Д., Занина Л.Н. Статистическое моделирование шахтных производственных процессов. – М.: Наука, - 1982.- 101 с.
14. Братченко Б. Ф. Рост производительности труда и улучшение качества угля - важнейшие задачи развития угольной промышленности Карагандинского экономического района // Уголь. - 1960.- № 7.- С. 9 - 13.
15. Бушуев Н. П. Выбор типоразмеров механизированных крепей для конкретных горно-геологических условий // Технология добычи угля подземным способом. - 1968.- №5.- С. 86-89.
16. Бенцель В., Клибек К.-Х. Опыт разработки пластов малой мощности шнековыми комбайнами на шахтах компании "БАГ Нидеррейн" // Глюкауф. - 1983. - № 5.- С. 13 - 22.
17. Волощенко Н. И. Экономия энергоресурсов в угольной промышлен-

ности // Уголь.- 1985.- №10.- С. 18 - 20.

18. Выбор типа и типоразмера механизированного комплекса для конкретных горно-геологических условий / Д.Л. Вожик, К.Д. Дубов, Г.И. Голубев, Б.К. Крамаренко // Технология подземной разработки тонких угольных пластов на шахтах Украинской ССР. - Донецк, 1984. - С. 149 – 157.

19. Гейер В. В. Модульный принцип построения секции – основа унификации механизированных крепей // Уголь Украины.- 1985. - №10. - С. 27-28.

20. Голод С. Ц. Анализ состояния и пути совершенствования управления качеством угля. - М., 1982.- 48 с. - (Обзор/ ЦНИЭИуголь).

21. Горное давление и вопросы повышения качества добываемого угля  
И. А. Кияшко, Г. Д. Темченко, В. П. Сердюк, А.Г. Кошка // Исследование, прогноз и контроль проявления горного давления: Тез. докл. / Всесоюз. науч.-техн. конф., г. Ленинград, 17-19 ноября 1982 г.- Л., 1982.- С. 21 - 22.

22. Грачишин Ф. Г. Быстрее решать задачи комплексной механизации очистных работ // Уголь Украины.-1968.-№8-С. 35-36.

23. Гридин А. Д., Парамонов В. И., Падохина Т. С. К выбору основных параметров механизированных крепей для лав пологих пластов // Уголь.-1969.-№12.-С. 17-19.

24. Гротовский У. Возможности, пределы и альтернативы воздействия на технико-экономические показатели добычных участков // Глюкауф.- 1983.-№23.-С. 15-23.

25. Гротовский У. Опыт модернизации каменноугольных шахт ФРГ // Уголь.-1982.-№10.-С. 24-29.

26. Давидяш В. Т. Совершенствование способов и средств управления кровлей на шахтах Донбасса.-М.: Недра, 1969.-277 с.

27. Доброгорский Н. А. Качество угольной золы и её промышленное использование.-Киев-Донецк: Вища школа, 1981.-118 с.

28. Лубов К. Д., Спицын Ю. Г., Поляков М. В. Установление нижнего предела мощности пласта для применения механизированных крепей // Уголь Украины.-1974.-№12.-С. 14-15.

29. Дубровский Е. М. Развитие каменноугольной промышленности ФРГ в 1970-1980 гг. // Новости зарубежной угольной промышленности.-М., 1982.-Вып. 13.-С. 4-18.

30. Дубровский Е. М. Средства механизации разработки тонких (менее 1,2 м.) и пологих (0-35°) пластов в ЧССР // Новости зарубежной угольной промышленности.-М., 1980.-Вып. 19-20.-С. 37-39.

31. Боенков В. М., Клопченко Г. С. Влияние механизации очистных работ на качество горной массы // Уголь.-1979.-№6.-С. 53-56.

32. Жуков В. Е., Кузнецов Н. В., Иофис М. А. Выемка запасов угля с использованием отходов угольной промышленности для закладки // Уголь Украины.-1976.-№7.-С. 31-33.

33. Карбелашвили О.Д., Сологашвили Г. Г. Определение оптимальной величины разубоживания руды при разработке тонких жил // Горный журнал.- 1960.-№8.-С. 32-35.

34. К вопросу раздельной выемки угля и породных прослоев./ Е. А. Сударинов, М. М. Вохор, Б. К. Айсанов, Ю. А. Дворницкий // Технология и механизация разработки мощных пологих пластов.-Караганда, 1978.-Вып. 55.-С. 43-48.- (Науч.тр. КНИУИ).
35. Кияшко И. А., Кошка А. Г. Селективная отработка весьма тонких пологих пластов и вопросы повышения качества добываемых углей // Тез. Докл. Всесоюз. науч.конф. БУЗов СССР с участ. Науч.- исслед. Институтов, г. Москва, 2-3 февр. 1982 г. –М., 1982.-С. 92.
36. Клер В. Р. Изучение сопутствующих полезных ископаемых при разведке угольных месторождений.-М.: Недра, 1979.-272 с.
37. Кузьменко В. Ф., Вискин В. М., Стаценко А. И. Повышение нагрузки на очистные забои маломощных пластов // Уголь Украины.-1983.-№9.-С. 8-10.
38. Колодий К. К., Жидко А. С., Кабанов М. А. Об опережающем развитии обогащения углей // Уголь.-1983.-№4.-С. 59-61.
39. Коломийцев М. Д. Механизация селективной выемки горючих сланцев // Науч. Тр./ ЛГИ.-1967.-Т., вып. I.-С. 36-40.
40. Косенко Л. Л. Классификация способов валовой и раздельной выемки пласта // Совершенствование технологии и средств комплексной механизации пр подземной добыче угля. М., 1977.-Вып. 149.-С. 12-17. (тр. ИГД им. Скочинского).
41. Котнин А. М., Золотко А. А., Сабельников Г. Ф. Влияние зольности угля на качество продуктов обогащения // Уголь Украины.-1983.-№4.-С. 33-35.
42. Кошка А. Г. Принципиальные схемы селективной отработки тонких и весьма тонких пластов // Вопросы совершенствования технологии и комплексной механизации добычи и переработки горючих сланцев: Тез. Довл. Уш. Республ. науч.-техн. конф. молод. спец. и учен., г. Кохтла-Ярве, 5-6 июня 1986 г.- Кохтла-Ярве, 1986.-С. 50.
43. Кравцов В. И., Спорыхин В. Я., Ткаченко П. П. Расширение области применения механизированных крепей добычных комплексов // Уголь Украины.-1983.-№6.-С. 35.
44. Крапчин И. П. Эффективность использования углей.-М.: Недра, 1976,-246 с.
45. Крашкин И. С. Разработка пологих угольных пластов в неустойчивых породах.-М.: Недра. 1985.-205 с.
46. Кривченко А. А., Синюгин В. М., Турченко А. В. Пути снижения засорения угля в очистных забоях вмещающими породами // Уголь Украины.-1979.-№12.-С. 37-38.
47. Кузнецов Г. И., Кораблёв А. А. Техника и технология разработки тонких угольных пластов на зарубежных шахтах.- М., 1980.-36 с.- (обзор/КНИЭИуголь).
48. Кузьмич А. С., Красносельский М. М., Видулин А. Е. О направлениях работ ИГД им. А. А. Скочинского по технологии и комплексной механизации выемки угля на тонких и весьма тонких пологих пластах // Комплексная механизация и автоматизация подземной добычи угля.-М., 1975.-С. 92-98.

49. Кундель Х. Механизация очистных работ в каменноугольной промышленности ФРГ в 1981 г. // Глюкауф.-1982.-№18.-С. 21-32.
50. Кундель Х. Механизация очистных работ в каменноугольной промышленности ФРГ в 1982 г. // Глюкауф.-1983.-№11.-С. 15-28.
51. Лебиович П. Б., Дьяченко Т. Б. Оценка направления создания средств механизации безлюдной выемки угля из весьма тонких пологих и наклонных пластов// Науч. тр./ДонУГИ.-1977.-вып.68.- С.10-11.
52. Лелека В.И. Результаты шахтных исследований режимов работы выемочного оборудования при раздельной выемки угля и породы// Механизация производственных процессов на шахтах, разрабатывающих тонкие угольные пласты.- Донецк, 1983.- С. 72-84.
53. Лобнин В.М., Козелев Г.Л. Влияние роста добычи угля на его засорение// Совершенствование управления экономикой угольной промышленности Украинской ССР.- Донецк.- 1985.- С. 139-145.
54. Малоотходная технология добычи угля/ В.Е. Жуков, В.В. Выстороп, А.М. Колчин, Е.В. Григорин.- К: Техника, 1984.- 144с.
55. Мехин П.А. Влияние разубоживания руды на экономику предприятия при разработке весьма тонких жил// Науч.тр./ Новочер.полехн. пн-та.- 1959.- вып. 49.- С. 135-159.
56. Метод определения нижнего предела мощности пласта для комплексов с механизированными крепями/ Е.Д. Дубов, Д.Л. Вожин, Г.К. Голубев, Н.М. Киреев// Механизация производственных процессов на угольных шахтах Украины.- Донецк, 1978.- С. 84-93.
57. Мукушев М.М. Учение КНИУИ – производству // Уголь.- 1983.- №2.- С. 5-9.
58. Научное исследование и конструирующие работы в области обогащения каменного угля в ФРГ / К.Х. Кубица, Д.Ляйнигей, Ф.И. Моносторий, Т.Шидер// Глюкауф.- 1974.- №3.- С.- 14-21.
59. Нейсбург В.Е., Шишкова В.С. Экономическая оценка целесообразности применения селективной выемки угля и породы из тонких и весьма тонких пластов с закладкой породы в выработанное пространство// Экономика и организация на угольных предприятиях Украинской ССР.- Донецк, 1982.-С. 73-77.
60. Нуждихин Г. И. Пути повышения производительности труда в угольной промышленности // Уголь.-1964.-№1.-С.-36-39.
61. О зольности добываемых углей на шахтах Минуглепрома УССР / А. А. Кривченко, А. И. Смирнов, М. К. Палагута, А. В. Турченко // Уголь Украины.-1980.-№7.-С. 35-37.
62. Область и рациональный объём 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.
63. Обоснование санкций за отклонение от средних расчётных норм по качеству при поставке Донецких энергетических углей / Д. Я. Толнацер, Н. Н.

Козлова, В. В. Коноплицкий, И. А. Левина // Науч. тр./ ДонУГИ,-1977. Вып. 67.-С. 68-76.

64. Ордов А. А., Самков В. М., Шаталов В. Н. Регламентация основных параметров механизированных крепей // Уголь.-1984.-№4.-С. 30-33.

65. Отработка пластов с присечками пород в местах утонений и тектонических нарушений / А. Г. Лепихов, И. Ф. Иванов, Е. А. Бережной и др. // Науч. тр. / ДонУГИ.-1975.-Вып. 56.-С. 40-46.

66. Пархоменко А. И. К проблеме создания выемочной техники для сложных горно-геологических условий Донбасса // Уголь Украины.-1983.-№5.-С. 6-8.

67. Пивнев В. С., Головин В. П. Методика определения экономической эффективности организационно-технических мероприятий по улучшению качества добываемого угля / Ворошиловгр. машиностр. шн-т.-Ворошиловград, 1984,-16 с.-Деп. в УкрНИИТИ 23.10.84. № 2691.

68. Проявкин Е. Т., Левкович П. Е., Чаленко Н. Е. О направлениях технологии выемки весьма тонких пологих пластов // Совершенствование техники и технологии очистных работ на угольных шахтах Украины.-Донецк, 1976.-С. 3-12.- (тр. ДонУГИ; №63).

69. Проявкин Е. Т., Левкович П. Е., Челенко Н. Е. Технко-экономическая оценка выемки тонких пластов с присечкой боковых пород // Уголь Украины.-1974.-№7.-С. 13-16.

70. 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.

71. Пучков В. М., Филобок А. И., Федоренко Л. И. Технология и параметры безлюдной выемки весьма тонкого пологого пласта // Уголь Украины.-1981.-№12.-С. 13-15.

72. Разработка и внедрение технологии на базе комплексной механизации очистных работ для отработки пласта сланца мощностью 1,4-1,8 м в условиях шахты «Кашпирская» ПО «Ленинградсланец»: Отчёт о НИР/ИГД им. А. А. Скочинского. Эстонский филиал; Руководитель Н. И. Павлов № ГР 01860098181: Инв. № 0287.0005362.-Кохтла-Ярве, 1986.-48 с.

73. Райцын М. Д. Экономическая эффективность применения механизированных комплексов на тонких пластах // Уголь Украины.-1982.-№1.-С. 25-26.

74. Расчёт производительности горных комбайнов / А. В. Топчиев, Б. И. Солод, В. Н. Готопанов и др.-М.: Недра, 1965.-68 с.

75. Расширение объёмов применения механизированных крепей за счёт присечки боковых пород / А. Г. Лепиков, Б. А. Бережной, Е. Д. Кудлой, И. Ф. Иванов// Науч. тр./ ДонУГИ.-1975.-Вмп. 56.- С. 47-51.

76. Рудницкий Ю. И., Задорожный В. А. Применение новой технологической схемы очистной выемки в сложных горно-геологических условиях // Уголь Украины.-1978.-№4.-С. 20-21.

77. Рудь А. М. О создании средств безлюдной выемки угля // Уголь.-1982.-№8.-С. 55-56.

78. Салли В. И. Обдула Н. И. Оптимизация объёмов добычи по очистным забоям шахты при вовлечении в отработку некондиционных запасов / Днепропетр. горн. ин-т.-Днепропетровск, 1984.-6 с.-Деп. в УкрНИИНТИ 18.10.84. №1736.

79. Салли В. И. Обдула Н. И. Особенности критерия экономической эффективности новой техники при отработке некондиционных пластов/Днепропетр. горн. ин-т.-Днепропетровск, 1984,-6 с.-Деп. в УкрНИИНТИ 18.10.84, №1737.

80. Сапицкий К. Ф., Бондаренко Ю. В., Гомаль И. И. Безлюдная скрепероструговая выемка пологих пластов с частичной закладкой//Уголь Украины.-1983.-№3.-С. 10-11.

81. Саратинянец С. А., Дубов Е. Д., Вожин Д. Л. Установление нижнего предела мощности пласта для применения комплексов с механизированными крепями//Уголь.-1979.-№7.-С. 11-14.

82. Саратинянец С. А. Совершенствование техники и технологии на шахтах Донбасса / Уголь.-1982.-№11.-С. 14-16.

83. Симанов В. А., Трыкин В. Н. Условия применения раздельной разработки месторождений // Изв. вузов. Горный журнал.-190.-№7.-С. 14-16.

84. Симцонов Ю. Ф., Беляев В. К., Бабенко В. П. Пути расширения сырьевой базы коксующихся углей в Донбассе // Уголь.-1982.-№7.-С. 24-36.

85. Соловьёва Р. И., Стариченко В. К. Анализ рентабельности конечной продукции отрасли // Совершенствование управления экономикой угольной промышленности Украинской ССР.-Донецк, 1985.-С. 74-78.

86. Сулаев В. И., Кошка А. Г. Селективная отработка тонких пологих пластов с закладкой присекаемых пород в выработанное пространство // Вопросы совершенствования технологии и комплексной механизации добычи и переработки горючих сланцев: Тез. докл. УШ республ. науч.-техн. конф. молод. спец. и учен., г. Кохтла-Ярве, 5-6 июня 1986 г.-Кохтла-Ярве, 1986.-С. 87. Тарасенко В. В. Основные направления решения проблемы оставления породы в шахтах Донбасса // Уголь Украины.-1984.-№4.-С.5-7.

88. Тон Б. В. Анализ показателей работы комбайнов при выемке пластов сложного строения // Науч. тр./ ИГД им. А. А. Скочинского.-1980.-Вып. 189.-С. 52-57.

89. Топчиев А. В., Солод В. И. Расчёт производительности выемочных комплексов и агрегатов.-М.: Недра, 1966.- 101 с.

90. Усан-Подгориев Б. М., Баранецкий Э. Е. Крепление выработок, проводимых по пологим маломощным пластам без подрывки боковых пород.- М., 1981.-19 с. – (Обзор/ЦНИЭИуголь: Вып. 28).

91. Фисун А. П. Отработка маломощных пластов в Макеевском горно-промышленном районе// Уголь Украины.-1981.-№5.-С. 7-8.

92. Фон Гатен Р. Улучшение качества продуктов углеобогащения// Глюкауф.-1983.-№23.-С. 36-40.

93. Хорин В. Н. Состояние, перспективы разработки и внедрения высокопроизводительного автоматизированного оборудования для очистных работ // Комплексная механизация и автоматизация подземной добычи угля.- М., 1975.-С. 36-40.

94. Шишкова В. С. Горно-геологические условия – состояние разработки весьма тонких пологих и наклонных пластов Донбасса // Науч. тр. / ДонУГИ.- 1977.-Вып. 67.-С. 20-27.

95. Штабибах Г. Возможности дальнейшего развития выемки угля длинными очистными забоями // Глюкауф.-1981.-№16.-С. 37-45.

96. Экономическая оценка эффективности отработки тонких пластов с присечкой боковых пород серийными механизированными комплексами на шахтах Донецкого бассейна / Е. Т. Проянкин, В. Е. Вейенбург, З. С. Бокдарь и др. // Экономика и организация производства на угольных предприятиях украинской ССР.-Донецк, 1975.-С. 3-20.

97. Якунин В. П., Агроскин А. А. Использование отходов обогащения углей.-М.: Недра. 1978.-168 с.

98. Яцких В. Г., Спектор Л. А., Кучерявый А. Г. Горные машины и комплексы.-М.: Недра, 1984.-400 с.

99. А.с. 640028 СССР, МКИ К21С 41/04. Способ выемки тонких пологих пластов угля/А. С. Кузмич, К. Н. Естенели, М. М. Красносельский, К. К. Жук (СССР).-№ 2446994/22-03; заявлено 26.01.77; Опубликовано 30.12.78 Бюл. №48.

100. Buzylko V.I., Koshka A.G., Serdyk V.P., Morozova T.I. Improvement of Equipment and Methods for Thin Coal Strata Mining in Western Donbass / Materialy Szkoły Eksploatacyj Podzemnej 2008. – Krakow: Wydawnictwo IGSMiE PAN. – P. 617-621.

101. Бузило В.И., Кошка А.Г., Сердюк В.П., Наливайко Я.М., Дяченко А.П. Формирование качества добываемого угля при отработке пласта сложного строения // Матер. междуна. научн.-практ. конф. «Школа подземной разработки». – Д.: НГУ, 2009.

102. Разработка сближенных угольных пластов механизированными комплексами в условиях шахт Львовско-Волынского бассейна [Текст]: моногр./ В.И. Бузило, Я.М. Наливайко, А.Г. Кошка, А.В. Яворский, В.П. Сердюк, Е.А. Яворская – Д.: Национальный горный университет, 2012. – 132 с.



## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ..	4
1.1 Состояние вопроса .....	4
1.2 Анализ работ, посвященных отработке тонких пластов с присечками боковых пород .....	8
1.3 Актуальность вопроса .....	15
Выводы .....	18
ГЛАВА 2. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОЙ ОТРАБОТКИ ПЛАСТОВ.....	20
2.1 Общие положения .....	20
2.2 Назначение и основные особенности технологии .....	23
2.3 Обоснование основных параметров технологии отработки тонких и весьма тонких угольных пластов с присечками боковых пород .....	23
2.3.1 Минимальная и максимальная величины присечек боковых пород.....	23
2.3.2 Скорость подачи очистного комбайна.....	30
2.3.3 Коэффициент машинного времени.....	33
2.3.4 Качество добываемого угля.....	37
2.3.5 Производительность очистного комбайна.....	41
2.3.6 Удельные энергозатраты.....	48
2.4. Принципиальные схемы селективной отработки тонких и весьма тонких пологих пластов.....	54
Выводы .....	57
ГЛАВА 3. ШАХТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОЙ ОТРАБОТКИ ПЛАСТОВ.....	60
3.1 Общие положения.....	60
3.2 Характеристика условий и места испытаний.....	60
3.3 Выбор технологической схемы.....	63
3.4 Основные положения методики проведения натурных исследований....	74
3.5 Результаты шахтных исследований.....	75
3.5.1 Величины сближений боковых пород.....	75
3.5.2 Основные параметры процессов валовой и селективной отработки пластов.....	80
3.6 Анализ и оценка результатов исследований.....	95
Выводы.....	98
ГЛАВА 4.ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ И ОБЪЕМОВ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОЙ ОТРАБОТКИ ПЛАСТОВ.....	100

4.1 Ограничения в применении новой технологии.....	100
4.2 Экономико-математическое моделирование рациональных областей и объемов применения технологии валовой и селективной отработки пластов.....	103
4.2.1 Постановка задач и методика моделирования.....	103
4.2.2 Экономико-математическая модель.....	104
4.2.3 Алгоритм исследования экономико-математической модели на персональном компьютере.....	109
4.2.4 Анализ результатов моделирования.....	115
4.3 Потенциальные возможности применения технологии селективной отработки пластов.....	123
Выводы.....	125
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	128
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	130

Наукове видання

**Бузило** Володимир Іванович  
**Кошка** Олександр Григорович  
**Сердюк** Володимир Петрович  
**Сулаєв** Віктор Іванович  
**Яворський** Андрій Васильович  
**Яворська** Олена Олександрівна

**ТЕХНОЛОГІЯ СЕЛЕКТИВНОГО ВІДПРАЦЮВАННЯ ТОНКИХ  
ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ**

Монографія

(Російською мовою)

Друкується в редакційній обробці авторів.

Підписано до друку 31.05.2012. Формат 30x42/4.  
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 7,6.  
Обл.-вид. арк. 7,6. Тираж 300 пр. Зам. №

Підготовлено до друку та видруковано  
у Державному ВНЗ «Національний гірничий університет».  
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842 від 11.06.2004.

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