

На правах рукописи

ЛУЩИК АЛЕКСАНДР ГРИГОРЬЕВИЧ

УДК 622. 232. 75

**РАЗРАБОТКА ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО
ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРУГОВОЙ ВЫЕМКИ УГЛЯ ПО
ВОССТАНИЮ ПЛАСТОВ**

Специальность 25.00.22 – «Геотехнология
(подземная, открытая и строительная)»

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени кандидата
технических наук

Москва 2005

Работа выполнена в Шахтинском научно-исследовательском и проектно-конструкторском угольном институте (ШахтНИУИ) и Московском государственном горном университете (МГТУ)

Научный руководитель – доктор технических наук,

Луганцев Борис Борисович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Постников Владимир Иванович,

кандидат технических наук Тучков Евгений Николаевич

Ведущая организация: Шахтинский институт – филиал Южно-Российского
технического университета (г. Шахты)

Защита диссертации состоится «23» ноября 2005г.

в 13⁰⁰ час. на заседании диссертационного совета Д-212.128.03 Московского государственного горного университета по адресу: 119991, ГСП. Москва, В-49, Ленинский проспект, 6.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан «21» октября 2005г.

Учёный секретарь диссертационного совета



кандидат технических наук, доцент МЕЛЬНИК В.В.

2006-4
17360

118 8379

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. На современном этапе реструктуризации угольной отрасли, характеризующемся возрастающими объёмами строительства новых и реконструкции действующих шахт, весьма важной задачей является техническое и технологическое обеспечение широкого применения погоризонтной подготовки запасов угольных пластов с отработкой их лавами по восстанию, при которой достигается значительное снижение первоначальных капитальных затрат и срока строительства, значительно удешевляются и упрощаются схемы транспорта, вентиляции и водоотлива, уменьшается объём охранных угольных целиков.

Область применения погоризонтной подготовки и отработки запасов угольных пластов выемочными столбами по восстанию ограничивается по углу их залегания, так как при этом имеет место ряд существенных отличий по сравнению с отработкой запасов выемочных столбов по простиранию, обусловленных, в частности, необходимостью обеспечения поперечной устойчивости выемочных машин, производительностью забойного конвейера, удержанием работающего комбайна в забое и смазкой редукторов.

В то же время отличительные особенности струговой технологии в сравнении с комбайновой и опыт эксплуатации струговых установок убедительно показали большие перспективы использования их при выемке лавами по восстанию. Недостаточная изученность вопроса обоснования возможности эффективной эксплуатации струговых механизированных комплексов в лавах, движущихся по восстанию, позволяет с должной объективностью квалифицировать исследования, направленные на решение этой важной задачи, как весьма актуальные.

Целью диссертации является установление закономерностей взаимодействия функциональных элементов механизированных комплексов с породами кровли и угольным массивом для разработки прогрессивных технологических решений по повышению эффективности струговой выемки угля по восстанию пологих пластов.



Идея работы заключается в реализации комплексного подхода к разработке геотехнологических моделей взаимодействия функциональных элементов механизированных комплексов с углевещающим массивом, адекватно отображающих специфику проявлений внешней среды и характеристик изменений пространственной ориентации их при отработке запасов выемочных столбов по восстанию.

Основные научные положения, разработанные лично соискателем:

– обеспечение высокопроизводительных и безопасных условий эксплуатации струговых комплексов в очистных забоях выемочных столбов по восстанию достигается за счёт направления потока угля на конвейерный став или в призабойное пространство между конвейером и лавою при любом варианте характера обрушения верхней пачки угольного пласта;

– негативное влияние поперечного наклона струговой установки на работу механизированного комплекса может компенсироваться регулированием высоты завального борта става конвейера без потери его производительности;

– предотвращение сползания нижних слоёв непосредственной кровли в выработанное пространство лавы при выемке по восстанию обеспечивается за счёт превышения начальным распором крепи величины, определяемой в соответствии с геотехнологической моделью механизма взаимодействия механизированной крепи с кровлей пласта;

– выбор схем подготовки пластов и параметров технологии струговой выемки угля в лаве по критериям эффективности и безопасности работ следует производить с учётом приоритета технологии струговой выемки по восстанию пластов с углами падения до 18° .

Научная новизна работы заключается в следующем:

– установлено, что при любом варианте характера обрушения верхней пачки угольного пласта возможно обеспечение высокопроизводительных и безопасных условий эксплуатации струговых комплексов в очистных забоях выемочных столбов по восстанию до 18° ;

– доказано, что при поперечном наклоне конвейеров серийных струговых установок до 18° не происходит потери их расчётной производительности;

– обоснована возможность исключения разрушения кровли и образования породных блоков, склонных к сдвигению в выработанное пространство, при превышении уровня распора гидростоек в зависимости от типа крепи 0,65 – 0,85 от величины сопротивления в конце цикла.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждаются:

– представительным объёмом шахтных исследований технологии струговой выемки угля на шахтах Восточного Донбасса;

– удовлетворительной сходимостью результатов теоретических исследований и стендовых испытаний с данными практики (расхождение не превышает 15%);

– положительными результатами промышленной апробации технологии струговой выемки угля лавами по восстанию.

Научное значение работы состоит в установлении закономерностей взаимодействия функциональных элементов струговых механизированных комплексов с боковыми породами и угольным массивом для разработки прогрессивных технологических решений при отработке запасов тонких пологих пластов по восстанию.

Практическое значение работы состоит: в разработке рекомендаций по эффективной эксплуатации струговых механизированных комплексов в лавах, разрабатывающих по угольные пласты восстанию с углами падения до 18° (при местных увеличениях угла падения до 24°), при рациональном регулировании механизма взаимодействия функциональных элементов комплексов с боковыми породами и угольным массивом.

Реализация работы в промышленности. Результаты исследований автора использованы при проектировании струговых механизированных комплексов 2МКС125 и 2МКС 216.

Апробация работы. Основные результаты диссертации были доложены и получили одобрение на "Всесоюзной конференции молодых учёных и специалистов угольной промышленности" (Москва, 1990); Всесоюзной конференции "Системный подход в горном деле: Проблемы, теория, методы". (Москва, 1991); «На-

учно-практической конференции Шахтинского института НГТУ» (Шахты, 2005); на заседаниях учёного совета Шахтинского научно-исследовательского и проектно-конструкторского угольного института (Шахты, 1985-2004); на международных симпозиумах «Неделя горняка» МГУ (Москва, 2004 – 2005), на научном семинаре кафедры подземной разработки пластовых месторождений МГГУ.

Публикации. По теме диссертации автором опубликовано 16 работ, в том числе 8 научных статей и 8 авторских свидетельств на изобретения.

Объём и структура работы. Диссертация состоит из введения, 5 разделов, заключения и содержит 21 рисунок, 28 таблиц, список литературы из 188 наименований и 4 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Погоризонтный способ подготовки угольных пластов имеет ряд существенных преимуществ перед панельным и этажным. Это прежде всего – возможность значительно сократить срок строительства и реконструкции шахты или горизонта, уменьшив при этом необходимые финансовые затраты, к тому же погоризонтная подготовка позволяет значительно упростить и удешевить схемы транспорта, вентиляции и водоотлива, уменьшить объём охранных угольных целиков.

Анализ работ Бахтина А.Ф., Бурчакова А.С., Воронова В.И., Дубова Е.Д., Зельвянского А.М., Квон С.С., Кукулина Б.К., Курносова А.М., Малова В.И., Мукушева М.М., Некрасова В.В., Новикова А.И., Остапенко А.Р., Проявкина Е.Т., Сребного М.А., Ходжаева Р.Ш., Худина Ю.Л. и других показал, что ни обводненность, ни газообильность, ни мощность или глубина залегания пласта не могут быть ограничивающими факторами применения погоризонтной подготовки. Разработаны эффективные технические и технологические решения обеспечения работы транспорта, вентиляции и водоотлива, достаточно полно решены вопросы проведения и охраны горных выработок. Практически единственным, но очень существенным фактором, ограничивающим применение погоризонтной подготовки, является отсутствие выемочной техники, способной эффективно обрабатывать угольные пласты по восстанию или падению при углах более 5-8°.

Наибольшие осложнения вызваны более низкой поперечной в сравнении с продольной устойчивостью комбайна и значительной потерей производительности лавного конвейера при его работе с поперечным углом наклона.

При отработке угольных пластов по падению значительно снижается производительность комбайнов по погрузке угля, а при работе по восстанию возникают проблемы с удержанием работающего комбайна в забое и управлением им. В лавах, движущихся по восстанию, повышаются проявления отжима пласта, и снижается устойчивость угольного забоя, которая так же осложняет условия эксплуатации комбайновых комплексов.

Работа механизированных крепей в очистных забоях, отрабатывающих угольные пласты по восстанию (падению), хотя и имеет ряд своих особенностей, но серийные механизированные крепи способны сохранять работоспособность на углах до 35° и выше, так как крепи по восстанию работают не с поперечным, как при работе по простиранию, а с продольным наклоном, а продольная устойчивость их, как правило, значительно выше. К тому же, при передвижке крепи по восстанию отсутствуют разворот и боковое сползание их по падению пласта, свойственные передвижке по простиранию. Поэтому в лавах, движущихся по восстанию, допустимо применять крепи с самыми упрощенными и облегченными системами устойчивости и направленности движения.

Струговая технология выемки угля имеет ряд существенных отличий от комбайновой, однако её особенности по восстанию ни в отечественной практике, ни за рубежом не изучены, и предельные условия применения не определялись.

Отработка угольных пластов по падению для струговых установок малоперспективна, так как в лавах, движущихся по падению, как правило, значительно снижается отжим угля, ухудшаются условия погрузки угля стругом. Уменьшение требуемого усилия подачи может сказаться на эффективности управления стругом в плоскости пласта, также могут возникнуть сложности с водоотливом по лаве и проветриванием выработанного пространства.

В связи с вышеизложенным в диссертационной работе поставлены и решены следующие задачи исследования струговой выемки по восстанию угольного пла-

ста:

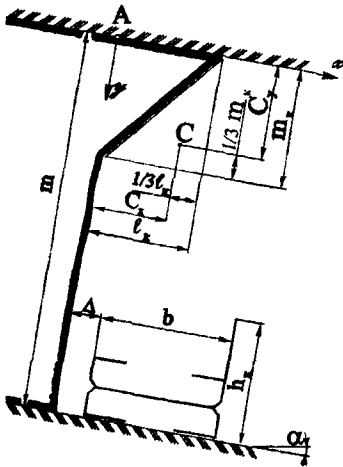
- исследование изменения формы и параметров очистного забоя при огрботке его стругами по восстанию;
- исследование параметров системы подачи, устойчивости базы и исполнительного органа струга;
- исследование условий работы приводных станций струговых установок;
- исследование поведения вмещающих пород, проявлений горного давления и особенностей взаимодействия крепи с боковыми породами;
- разработка мероприятий и технико-технологических решений, обеспечивающих эффективную работу струговых комплексов;
- промышленные испытания разработанных мероприятий и технико-технологических решений;
- определение экономической эффективности варианта выемки струговыми лавами по восстанию.

В лавах, движущихся по восстанию, как правило, значительно снижается устойчивость угольного забоя. При этом струг разрушает только нижнюю часть пласта, а верхняя пачка угля самообрушается. Поэтому необходимо определить параметры безопасного обрушения верхней угольной пачки пласта, отрабатываемого струговыми комплексами по восстанию.

На основании опыта работы по восстанию были выделены три возможных варианта обрушения верхней пачки угля. Первый вариант предполагает движение отделившегося от массива угля вертикально вниз под действием силы тяжести. По второму варианту предполагается, что отжимом разрушается верхняя часть пласта, а на неразрушенном массиве угля образуется наклонная плоскость, по поверхности которой может скользить или катиться уголь. Его падение происходит по параболе, потому что при движении по откосу была приобретена горизонтальная составляющая скорости. Третий вариант предполагает движение по окружности вокруг точки, служащей опорой отделившемуся от массива углю.

Использование для исследования обрушаемости верхней пачки пласта фрак-

тальной модели С. Солла с определением вероятности обрушения по формуле:



$$P = 1 - e^{-\left(\frac{G}{F}\right)^2} \quad (1)$$

где G – разрушающая сила, кН,

F – сила, противодействующая разрушению, кН, – позволило получить следующие результаты: вероятность обрушения верхней пачки по первому варианту на 23% выше, чем по второму; на 33% выше, чем по третьему.

При этом было подтверждено, что существует вероятность образования зависания консоли угля на величину до 0,83 м.

Обрушение верхней пачки угля по первому варианту (по схеме, показанной на рис. 1) будет

Рис. 1. Расчётная схема первого варианта обрушения верхней пачки угля

безопасным при выполнении условия:

$$b + \Delta > 2/3 l_k + (m - h_k - 2/3 m_k) \operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

где b и h_k – ширина и высота конвейерной установки с бортом, м;

Δ – величина неподвижки конвейера до забоя, м;

l_k и m_k – соответственно длина и высота консоли угля, м;

m и α – мощность и угол падения пласта.

Обрушение по второму варианту будет безопасным при выполнении неравенства:

$$H < L \operatorname{tg} \beta_1 + g L^2 / 2 V^2 \operatorname{Cos}^2 \beta_1, \quad (3)$$

где H и L – расстояние по вертикали и горизонтали от точки А откоса (рис. 2) до верхней точки борта конвейера, м;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

β_1 и V – угол и скорость в момент отрыва угля от откоса в точке А.

Безопасность при третьем варианте обрушения будет соблюдаться при выполне-

нии условия:

$$(m - h_p - m_0)^2 < (h_k - h_p)^2 - b^2, \quad (4)$$

где h_p – высота конвейера по борту, м;

m_0 – высота решетки конвейера.

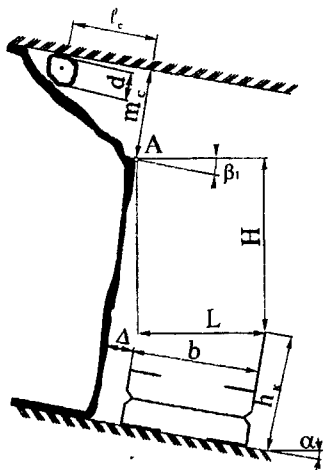


Рис 2. Расчётная схема второго варианта обрушения верхней пачки угля

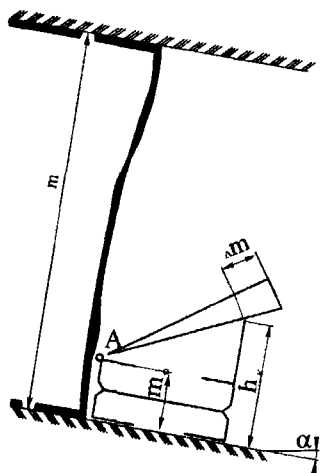


Рис 3. Расчётная схема третьего варианта обрушения верхней пачки угля

Установлено, что для третьего варианта обрушения ограничивающим фактором является только мощность пласта. Независимо от направления движения лавы по простиранию или по восстанию на пластах (или в отдельных зонах пластов), способных таким образом обрушаться, безопасность соблюдается только при $m < 1,45$ м для УСВ2; при $m < 1,66$ м – СО90У; при $m < 1,75$ м – СН02 и при $m < 1,41$ м – 1СН99 независимо от угла падения пласта. При этом достигается полная безопасность от обрушающегося угля по двум первым расчётным схемам при отработке по восстанию на углах до $19,3^\circ$ – для УСВ2, до $30,1^\circ$ – для СО90У, до $41,3^\circ$ – для СН02, и до $20,6^\circ$ – для 1СН99.

Для определения возможности работы струговых установок по восстанию определялись: влияние поперечного наклона на условия смазки редукторов; производительность конвейера при его поперечном наклоне и влияние наклона на па-

раметры струговой установки.

Анализ показал, что нормальные условия смазки картерным способом для редукторов струговой установки УСВ2 обеспечиваются по восстанию на углах до

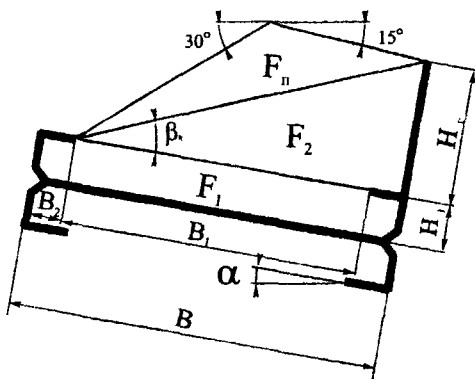


Рис. 4 Расчётная схема определения площади поперечного сечения грузопотока конвейера

22°, а СО75 и СН75 – до 10°.

Производительность конвейера при постоянной скорости в основном определяется площадью поперечного сечения грузопотока. Расчетная допустимая площадь поперечного сечения грузопотока конвейера определяется по схеме, представленной на рис. 4. При этом площади F_1 и F_2 – постоянны для конвейера и не зависят от угла наклона решетки α_n , а F_n – переменная, зави-

сшая от него и рассчитываемая по формуле:

$$F_n = [(B - B_2)^2 + H_r^2] \sin(15^\circ + \beta_k - \alpha_n) \sin(30^\circ - \beta_k + \alpha_n) / \sqrt{2}, \quad (5)$$

$$\text{где } \beta_k = \arctg[H_r / (B - B_2)], \quad (6)$$

B и B_2 – ширина решетки и его полки, м;

H_r – высота грузопотока у борта конвейера, м.

Расчёты показывают, что для струговых конвейеров при их работе по восстанию на углах до 25° практически не происходит снижения расчётной допустимой площади поперечного сечения грузопотока.

Расчёты по действующим в отрасли руководящим техническим материалам (РТМ 12.14.001-78 и РТМ 12.14.-80) не учитывают возможности работы струговых установок с поперечным наклоном, поэтому возникла необходимость изменения части формул для того, чтобы была возможность определить основные параметры струговых установок при отработке пластов по восстанию. Для сравнения условий устойчивости струговых установок при их работе по восстанию и простиранию

были взяты исходные данные и расчёты, приведенные в техническом задании на СО75 и СН75. Из полученных результатов следует, что струговые установки могут сохранять устойчивость при работе по восстанию на углах до 25°, при этом возникает необходимость увеличить усилие подачи на 19% для СО75 и на 51,7% для СН75.

Как отмечалось выше, при работе механизированных крепей по восстанию повышается их устойчивость, отсутствует боковое сползание и развороты, но при этом требуется увеличить усилия передвижки крепи и подачи струговой установки на забой. Расчет показал, что все серийные струговые механизированные крепи создают достаточные усилия для их передвижки по восстанию на углах до 25°, а величина начального распора обеспечивает при этом надёжную опору для передвижки соседних секций и подачи струговой установки на забой.

Для определения возможности сползания пород непосредственной кровли к выработанному пространству были разработаны расчётные схемы (рис. 5). Первая схема характеризуется тем, что вектор силы центра тяжести породного блока проходит перед, а вторая – за последним рядом стоек крепи.

Сползание породного блока будет исключено при выполнении условия

$$R_1 + R_2 > G_6 (\sin \alpha + \mu_{пн} \cos \alpha) / (\mu_{стп} + \mu_{пн}), \quad (7)$$

где R_1 и R_2 – усилие, развиваемое стойками первого и второго ряда крепи, кН;
 G_6 – вес породного блока, кН;

$\mu_{пн}$ и $\mu_{стп}$ – коэффициенты трения порода-порода и сталь-порода.

Если для первой схемы взаимодействия крепи с кровлей принять R_2 равным усилию распора гидростойки P_p , то R_1 будет равно:

$$R_1 = [G_6 (l_{ц} \cos \alpha - h_{ц} \sin \alpha) - P_p (l_6 - l_2)] / (l_6 - l_1), \quad (8)$$

где $l_{ц}$ и $h_{ц}$ – координаты центра тяжести породного блока, м,

l_6 – длина породного блока, м.

Если R_1 в результате вычислений получится меньше величины распора P_p , то R_1 принимается равным P_p , а если R_1 будет больше номинального сопротивления

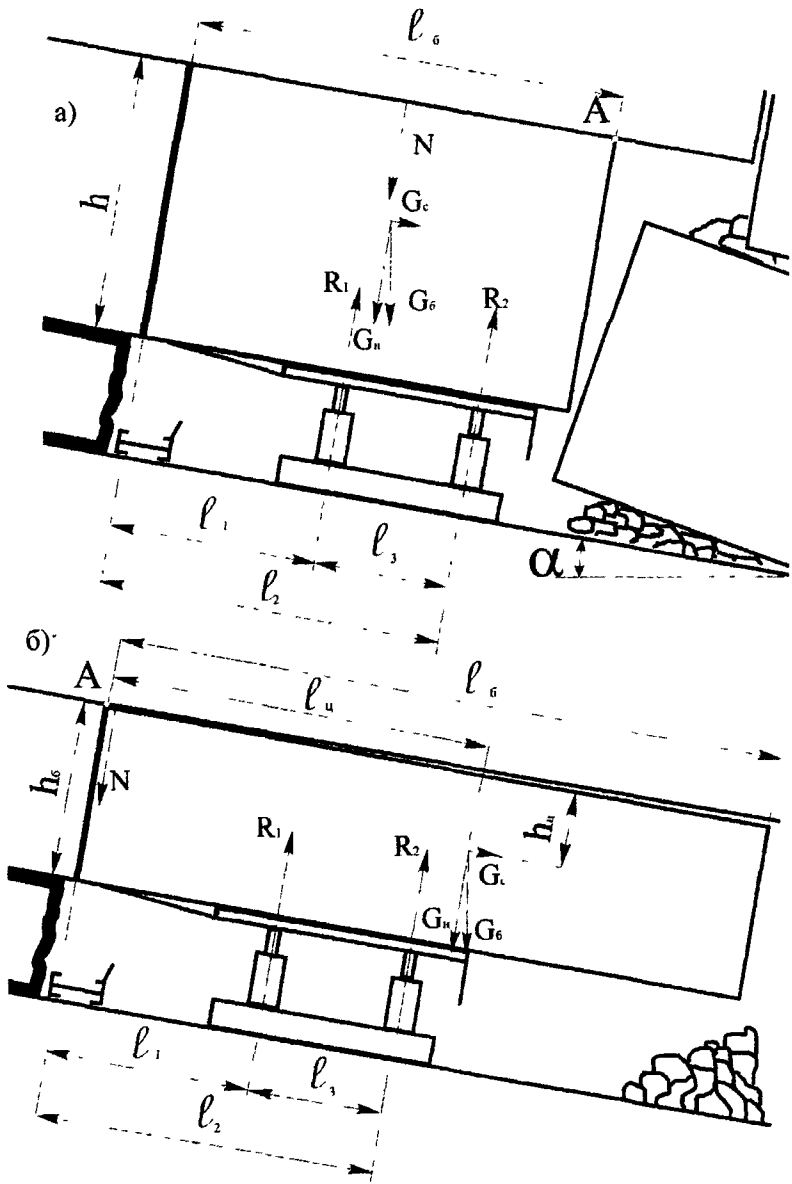


Рис. 5. Схемы взаимодействия отделившегося породного блока с крепью и вышележащей кровлей

гидростойки P_{II} , то R_1 принимается равным P_{II} , а R_2 определяется по формуле:

$$R_2 = [G_6 (l_{II} \cos \alpha - h_{II} \sin \alpha) - P_p (l_6 - l_1)] / (l_6 - l_2). \quad (9)$$

Аналогично определяется нагрузка на гидростойки крепи для второй схемы по формулам:

$$R_2 = [G_6 (l_{II} \cos \alpha - h_{II} \sin \alpha) - P_p l_1] / l_2, \quad (10)$$

$$R_1 = [G_6 (l_{II} \cos \alpha - h_{II} \sin \alpha) - P_{II} l_2] / l_1. \quad (11)$$

Для определения вероятности разлома пород непосредственной кровли, отслоившихся от вышележащего массива, воспользуемся основами теории фактального моделирования по формуле (1).

При этом максимальное разрушающее усилие от веса породного блока и усилий крепи, действующее на единицу площади, в нормальной плоскости пласта над линией очистных работ определяются по формуле:

$$F_{pn} = \gamma_n l_6 \sin \alpha + 3 \gamma_n l_6^2 \cos \alpha / h_6 - 6 (R_1 l_1 + R_2 l_2) / b_{кр} h_6^2. \quad (12)$$

Расчёты, выполненные по формулам (1 и 10), показали, что усилия распора гидростоек крепи практически исключают возможность разлома непосредственной кровли от собственного веса над линией очистного забоя при первой схеме их взаимодействия. Поэтому по первой схеме образование породных блоков возможно только, если разлом кровли был вызван геологическими или технологическими (например, подработкой) причинами.

Для второй схемы взаимодействия важно сравнить вероятность разлома нижнего слоя непосредственной кровли над очистным забоем и на границе с выработанным пространством. На границе с выработанным пространством будет действовать разрушающее усилие, которое определяется по формуле:

$$F_{pв} = \gamma_n (l_6 - l_2) \sin \alpha + 3 \gamma_n (l_6 - l_2)^2 \cos \alpha / h_6. \quad (13)$$

При выполнении условия $F_{pв} > F_{po}$ вероятность разлома нижнего слоя непосредственной кровли на границе с выработанным пространством будет выше,

чем над очистным забоем.

На рис. 6 показаны графики зависимости критической длины породной консоли от мощности нижнего породного слоя. На этом рисунке показаны графики для различных углов залегания пласта, при этом влияние углов падения в пределах от 0 до 25° незначительно. Значения мощности непосредственной кровли и длины консоли, находящиеся в зоне под графиками, соответствуют условиям, при которых вероятность разлома пород в выработанном пространстве будет больше, чем над очистным забоем. Следовательно, породные блоки, способные сдвигаться к выработанному пространству, образовываться не будут. Если зависания будут превышать значения, приведенные на графиках рис. 6, а следовательно, и недопустимые, то для исключения сдвижения породных блоков необходимо преду-

смотреть мероприятия по упрочнению кровли.

Расчеты, выполненные по формулам (1, 7 – 14) показали, что если уровень распора гидростоек в зависимости от типа крепи превышает 0,65 – 0,85 от величины сопротивления в конце цикла перед передвижкой, то вероятность разрушения кровли и образования породных блоков не увеличивается.

Главным выводом аналитических исследований является то, что серийными струговыми комплексами при использовании разработанных технико-технологических решений можно обрабатывать

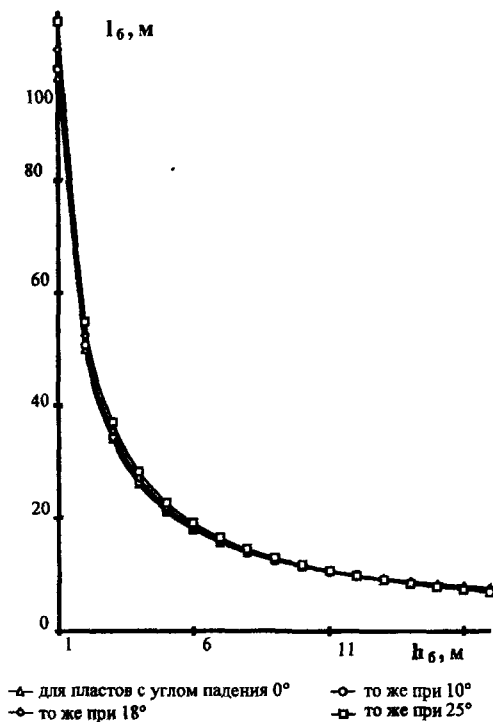


Рис. 6 Графики предельной длины зависающей породной консоли, исключающей образование породных блоков

угольные пласты по восстанию на углах до 18-25°.

Стендовые исследования условий картерной смазки редуктора УСВ2 были проведены в мехцехе шахты "Южная" ПО "Ростовуголь". Объем масла в редукторе в горизонтальном положении при нормальном уровне составил 90 л. Нормальные условия смазки сохранялись при наклонах до 24°, а необходимый объем масла не изменялся.

Шахтные исследования работы стругового комплекса по восстанию проводились в лавах номер 5 и 7 шахты "Южная" ПО "Ростовуголь", оборудованных струговыми механизированными комплексами. Лавы обрабатывали пласт I^b "Степановский", геологической мощностью от 1,15 до 1,75 м, в среднем 1,34 м. Угол падения пласта изменялся в широких пределах от 0 до 24°. Непосредственная кровля – песчаный сланец мощностью 0,5-2 м, крепостью $f = 7-9$ по шкале М.М. Протодяконова. Основная кровля – песчаник крепкий $f = 10-14$, мощностью 8,0-14,0 м. В выемочных участках периодически встречались зоны неустойчивой кровли мощностью до 1,0-1,5 м и нижний слой непосредственной кровли иногда замещался глинистым сланцем 0,2-0,3 м, обрушающимся сразу после выемки угля. В почве пласта залегал песчаник мощностью 10 м и крепостью $f = 10$. Почва волнистая из-за наличия мелких взбросов с амплитудой 0,05-0,6 м, через каждые 2-5 м, с углом встречи с линией очистного забоя 5-30°.

Исследования работоспособности крепи включали: определение возможности эффективно выполнять свои функции по управлению кровлей и креплению лавы; определение влияния угла падения пласта на устойчивость и направленность перемещения секций; определение влияния угла на трудоёмкость и скорость крепления лавы. Проводилась оценка состояния кровли по методике ДонУГИ, измерялась конвергенция и относительное смещение кровли в плоскости пласта. Отмечались наличие зависающей верхней пачки угля, её размеры, характер обрушения её непосредственной и основной кровли.

Работоспособность струговой установки оценивалась по: устойчивости исполнительного органа и его базы; выходу штыва и угля в рабочее пространство

лавы; величине стружки и параметрам системы подачи; трудоёмкости управления; режиму охлаждения и смазки редукторов струговой установки. Проводилась оценка влияния угла падения пласта на технологию и трудоёмкость работ на концевых участках лавы, движущейся по восстанию.

Наблюдения за формой и геометрическими размерами угольного забоя, а также за характером разрушения угольного массива стругом и обрушения угля под действием собственного веса и при проявлениях отжима производились непрерывно, одновременно с проведением всех других исследований.

Случаев падения угля при его обрушении под собственным весом или при отжиме в рабочее пространство лавы не было выявлено. Обрушающийся уголь падал на конвейер или в пространство у забоя между конвейером и угольным массивом и не представлял опасности для оборудования лавы и обслуживающих его рабочих.

Величина угла падения пласта за период испытаний изменялась от 1 до 24°. Обработка полученных при исследованиях значений величин углов методами математической статистики показала, что их распределение подчиняется нормальному закону. Поэтому можно считать, что из обследованных 577 м подвигания лавы № 5, не менее чем на 421 м комплекс работал на углах более 8°, из них 87 м на углах более 12°. Из 426 м подвигания лавы № 7 – на 379 м комплекс эксплуатировался на углах более 8°, и из них 170 м на углах более 12°.

В целом за период шахтных исследований состояние кровли можно оценить как удовлетворительное, хотя в отдельные периоды в зонах нарушений площадь вывалов достигала 20%, а удельный объём – 0,21 м³/м² лавы. Параметры конвергенции определялись на нескольких участках лавы при углах падения пласта от 5 до 16°. Влияние угла падения на поведение кровли и скорость конвергенции в процессе исследований не выявлено. Если исходить из состава, мощности и прочности пород кровли, можно было ожидать очень высоких нагрузок на крепь, однако за время исследований крепь до 80-90% времени работала в режиме нарастающего сопротивления, лишь в среднем в одном из пяти циклов выходила на уровень но-

минального сопротивления.

Для изучения продольной устойчивости крепи был произведен корреляционный и регрессионный анализ зависимости угла наклона гидростоек от угла падения пласта, который показал, что отклонение гидростоек от нормали не зависит от угла падения пласта.

Для исследования направленности движения секций крепи определялся угол разворота секции за одну передвижку и её шаг. Статистический анализ распределения углов разворота показал, что он подчиняется нормальному закону, но корреляционной зависимости ни с углом падения, ни с величиной шага передвижки не установлено. Большое влияние оказывали трудно поддающиеся учету причины: наличие в почве пласта выступов, порогов, штыба и так далее. Поэтому для активного управления направленностью движения желательно использовать специальные устройства, например, разработанные нами и защищённые авторским свидетельством № 1441074.

Хронометражные наблюдения показали, что нет разницы между составом и объёмом работ по креплению лавы и управлением крепью и технологическими операциями на концевых участках в лавах движущихся по восстанию и по простиранию.

Струговой комплекс в лавах № 5 и 7 был оснащён "бездомкратной" системой подачи установки (СПК), в которой функцию линейных домкратов выполнял механизм передвижки крепи. Система СПК надёжно работала на углах до 24° .

За весь период исследований в лавах не наблюдалось появления "земника", обусловленного неустойчивостью исполнительного органа струговой установки. Образование "земника" было связано с наличием в почве пласта порогов более 0,2 м по высоте (встречались до 0,6 м). Пороги менее 0,15 м проходились стругом без образования "земника", а при высоте порога от 0,15 до 0,2 м "земник" представлял собой разрыхленный, разрушенный стругом уголь. Необходимо отметить, что после образования "земника" дальнейшего его увеличения при строгании не происходило, а при уменьшении высоты порога до 0,15 м и менее, струг без до-

полнительных мероприятий начинал вынимать пласт без оставления "земника".

На объём выхода штыба из-под конвейера также наибольшее влияние оказывало наличие порогов в почве пласта, причём зависимости от угла падения не установлено. Уголь, транспортирующийся лавным конвейером, как правило, не просыпался в рабочее пространство лавы за борт конвейерной установки. Шахтными исследованиями не было установлено изменения производительности конвейера при увеличении угла падения пласта.

За время эксплуатации струговых установок все их узлы и сборочные единицы находились в рабочем состоянии. Наклонное положение базы струговой установки не оказывало влияния на интенсивность износа скребковой цепи, решеток и бортов конвейера.

Анализ показал, что в сравнимых горно-геологических условиях пласта шахты № 13 "Южная" АО "Ростовуголь" в струговых лавах, работающих по восстанию, нагрузка на забой была выше на 49,2%, производительность труда по добыче выше на 33,9%, а себестоимость ниже на 23,9%, поэтому годовой экономический эффект от применения технологии отработки угольного пласта по восстанию на шахте "Южная" составил 76,3 тыс. руб. в год на одну лаву в ценах 1986 года, а с учётом индекса инфляции на начало 2005 года 1716 тыс. руб.

Для определения зависимости основных показателей лав: среднесуточной нагрузки – A , т/сут. и производительности труда – P , т/вых., от длины лавы – l , м, мощности – m , м, и угла падения пласта – α , град, удельной площади – E , %, и высоты вывалов пород кровли – h , м, – были собраны данные за 1085 месяцев работы 82 лав, в том числе 55 струговых (520 месяцев работы по восстанию и 170 месяцев работы по простиранию) и 27 комбайновых лав (соответственно 208 и 187 месяцев). Комбайновые лавы были отобраны с горно-геологическими условиями, соответствующими технической характеристике стругового комплекса.

В целом высоко достоверных зависимостей не получилось (индекс корреляции колебался от 0,2 до 0,89). Это объясняется тем, что на технико-экономические показатели влияют не только учтённые пять факторов, а значительно большее их

число: организационные, технические и многие другие факторы и причины. Полученные зависимости отражают реальную взаимосвязь, подтверждённую многочисленными предыдущими исследованиями, поэтому вполне допустимо сделать определённые выводы. Струговые комплексы при работе по восстанию на пластах с углами падения более $8-10^\circ$ обеспечивают более высокие нагрузки на очистной забой, чем при работе по простиранию пласта в связи с тем, что при отработке лав по простиранию с ростом угла падения пласта интенсивно проявляются сползание конвейера и механизированной крепи, потеря боковой устойчивости, и направленности движения секций крепи.

Выполненный анализ проводившихся исследований позволяет сделать вывод, что погоризонтная подготовка шахтных полей с выемкой лавами по восстанию является более эффективной, чем выемка пластов лавами по простиранию.

Устойчивость угольного забоя в лавах, движущихся по восстанию, значительно снижается, поэтому верхняя, не разрушаемая стругом угольная пачка при самообрушении может представлять опасность для оборудования очистного забоя и обслуживающих его рабочих. Для исключения этого нами было предложено перекрытие секции механизированной крепи (авторское свидетельство №1446334).

Применение разработанного перекрытия секции крепи позволит исключить зависание верхней, не разрушаемой стругом пачки угля, которая при самообрушении могла бы представлять опасность для рабочих и оборудования в лаве. Наличие выдвинутой консоли в перекрытии крепи даёт возможность расширить область применения струговых комплексов на пласты с зонами малоустойчивой и нарушенной кровли, так как позволит осуществлять крепление непосредственно вслед за выемкой угля.

Анализ особенностей работы механизированных крепей в лавах, отрабатывающих угольные пласты по восстанию, показал, что к уровню распора стоек предъявляются повышенные требования. Поэтому были предложены технические решения, которые позволяют осуществлять распор стоек давлением, напрямую зависящим от давления в стойке в конце предыдущего цикла её работы. Это, с одной

стороны, позволяет повысить уровень начального сопротивления крепи без дополнительного расхода энергии и износа гидромагистралей, запорной арматуры и маслостанций, а с другой стороны, в лавах с лёгкими кровлями в периоды со слабыми проявлениями горного давления снизить нагрузку на гидростойки, тем самым увеличить ресурс их и их блоков.

Главной идеей предлагаемых решений было использовать запасённую в предыдущем цикле работы стоек энергию в поршневой полости гидростойки (авторские свидетельства №1652601 и №1735594) или в специальном гидроаккумуляторе (авторские свидетельства №1461979, №1564354 и №1684517).

В комплектных струговых крепях для создания направленности движения секций связи по задней части оснований имеют зазоры больше, чем в передней части. Поэтому при движении по простиранию задняя часть, сползая на большую величину, разворачивает секцию вверх по падению. В лавах, движущихся по восстанию, отсутствует боковое сползание секций, поэтому нами было предложено для управления направленностью движения комплектных струговых крепей использовать съёмный клин, выполненный в виде треугольной призмы с выступом, устанавливаемый в паз на задней боковой поверхности основания со стороны балки механизма передвижки (авторское свидетельство №1441074).

Анализ условий работы стругового конвейера по восстанию показал, что при этом возможно неравномерное нагружение забойной и завальной цепей. К этому же приводит искривление конвейерного става вдоль очистного забоя. Кроме того, при этом увеличивается нагрузка на привод конвейерной и струговой установок, повышается их износ и износ цепей и направляющих, увеличивается расход электроэнергии. Поэтому для повышения эффективности струговой выемки нами было предложено техническое решение, обеспечивающее передвижку секций с одинаковым, механически регламентированным шагом, благодаря чему обеспечивается прямолинейность фронта лавокомплекта крепи (авторское свидетельство №1754897).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации, являющейся научно-квалификационной работой, на основании выполненных автором исследований изложены научно обоснованные технологические разработки по повышению эффективности струговой выемки угольных пластов по восстанию, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие угольной промышленности России.

Основные научные и практические результаты сводятся к следующему:

1. Предложены расчётные схемы трёх возможных вариантов обрушения верхней неразрушаемой стругом угольной пачки в очистных забоях, работающих по восстанию, и установлено, что при любом варианте обрушения возможно обеспечение высокопроизводительных и безопасных условий эксплуатации струговых комплексов в очистных забоях выемочных столбов по восстанию до 18° .
2. Разработан безопасный и эффективный способ ликвидации зависаний верхней пачки при выемке угля струговыми механизированными комплексами по восстанию пластов.
3. Разработаны геотехнологические модели взаимодействия механизированной крепи с породами непосредственной кровли и струговой установки с угольным забоем. Обоснована возможность исключения разрушения кровли и образования породных блоков, склонных к сдвигению в выработанное пространство, при превышении уровня распора гидростоек в зависимости от типа крепи $0,65 - 0,85$ от величины сопротивления в конце цикла.
4. Разработаны пять способов управления уровнем распора секций механизированной крепи в зависимости от характера проявлений горного давления, а также способ управления направленностью движения крепи и способ поддержания прямолинейности очистного забоя.
5. Предложены методики расчетов параметров струговых установок при их эксплуатации по восстанию в функции поперечного угла наклона и установлено,

что серийные струговые комплексы могут сохранять устойчивость при отработке угольных пластов по восстанию на углах до 25° , при этом усилие подачи установок на забой возрастают на 19 – 51,7%. Доказано, что при поперечном наклоне конвейеров серийных струговых установок до 18° не происходит потери их расчётной производительности.

6. В результате проведенных стендовых и шахтных исследований доказана возможность эффективной эксплуатации струговых механизированных комплексов в лавах, отработывающих угольные пласты по восстанию с углами падения 18° (при местных увеличениях углов до 24°).
7. Установлено, что в диапазоне углов падения пласта от 8 до 24° эффективность работы лав, оборудованных струговыми механизированными комплексами, при выемке угольных пластов по восстанию выше, чем при отработке по простиранию. В условиях ш. «Южная» в струговых лавах, работающих по восстанию, нагрузка на забой была выше на 49,2%, производительность труда по добыче выше на 33,9%, а себестоимость ниже на 23,9%. С увеличением угла падения пласта разница в эффективности работы лав по восстанию и простиранию возрастала.
8. Результаты исследований использованы ШахтНИУИ при проектировании струговых механизированных комплексов 2МКС125 и 2МКС 216.

Основные положения диссертации изложены в следующих публикациях:

1. Кузнецов В.В., Пилипенко В.М., Лущик А.Г. Исследование работы струговых механизированных крепей со стойками двойной гидравлической подвижности в шахтных условиях // Комплексная механизация очистных работ с применением стругов: Сб. науч. тр. – Шахты: ИГД им. А.А. Скочинского, ШахтНИУИ, 1984.– С. 26-30.
2. Литвяк Ю.А., Лущик А.Г., Чавкин А.И. Эксплуатация стругового комплекса КМ87УМС по восстанию на углах более 8° // Струговая выемка тонких пластов: Сб. науч. тр. – Шахты: ИГД им. А.А. Скочинского, ШахтНИУИ, 1985.

– С. 57-65.

3. Литвяк Ю.А., Лущик А.Г., Воробьёва С.К. Исследование работы комплекса КМ87УМС при выемке пласта по восстанию//Уголь Украины.–1986.- №1.– С.24 - 26.
4. Матвеев В.А., Лущик А.Г. Вопросы техники безопасности в струговых лавах, работающих по восстанию // Струговая техника и технология: Сб. науч. тр. – Шахты: ИГД им. А.А. Скочинского, ШахтНИУИ, 1988. – С. 57-70.
5. А. с. 1441074 (СССР). Механизированная крепь / Лущик А.Г., Матвеев В.А., Литвяк Ю.А., Литвиненко С.С. – Оpubл. 30.11.88. Бюл. № 44.
6. А. с. 1446334 (СССР). Перекрытие секции механизированной крепи / Матвеев В.А., Литвиненко С.С., Файнбурд Л.И., Лущик А.Г. – Оpubл. 23.12.88. Бюл. № 47.
7. А. с. 1461979 (СССР). Гидравлическая стойка / Лущик А.Г., Матвеев В.А. – Оpubл. 28.07.89. Бюл. № 8.
8. А. с. 1564354 (СССР). Гидравлическая стойка / Лущик А.Г., Матвеев В.А., Титаренко Г.А. Оpubл. 15.05.90. Бюл. № 18.
9. А. с. 1652601 (СССР). Гидросистема механизированной крепи / Лущик А.Г., Матвеев В.А., Титаренко Г.А. – Оpubл. 30.05.91. Бюл. № 20.
10. А. с. 1684517 (СССР). Гидравлическая стойка / Лущик А.Г., Матвеев В.А., Титаренко Г.А. – Оpubл. 15.10.91. Бюл. № 38.
11. А. с. 1735594 (СССР). Гидравлическая система / Лущик А.Г., Матвеев В.А., Титаренко Г.А. – Оpubл. 23.05.92. Бюл. № 19.
12. А. с. 1754897 (СССР). Устройство для поддержания прямолинейности фронта струговой механизированной крепи / Кузнецов В.В., Лохов Ю.Б., Дегтярёв В.В., Магрицкий С.В., Бондаренко В.Н., Лущик А.Г. – Оpubл. 15.08.92. Бюл. № 30.
13. Лущик А.Г., Матвеев В.А. Система авторегулирования начального распора гидростоек крепи – новая перспектива в управлении горным давлением // Система "Человек – машина – среда" в горном деле. Настоящее и будущее:

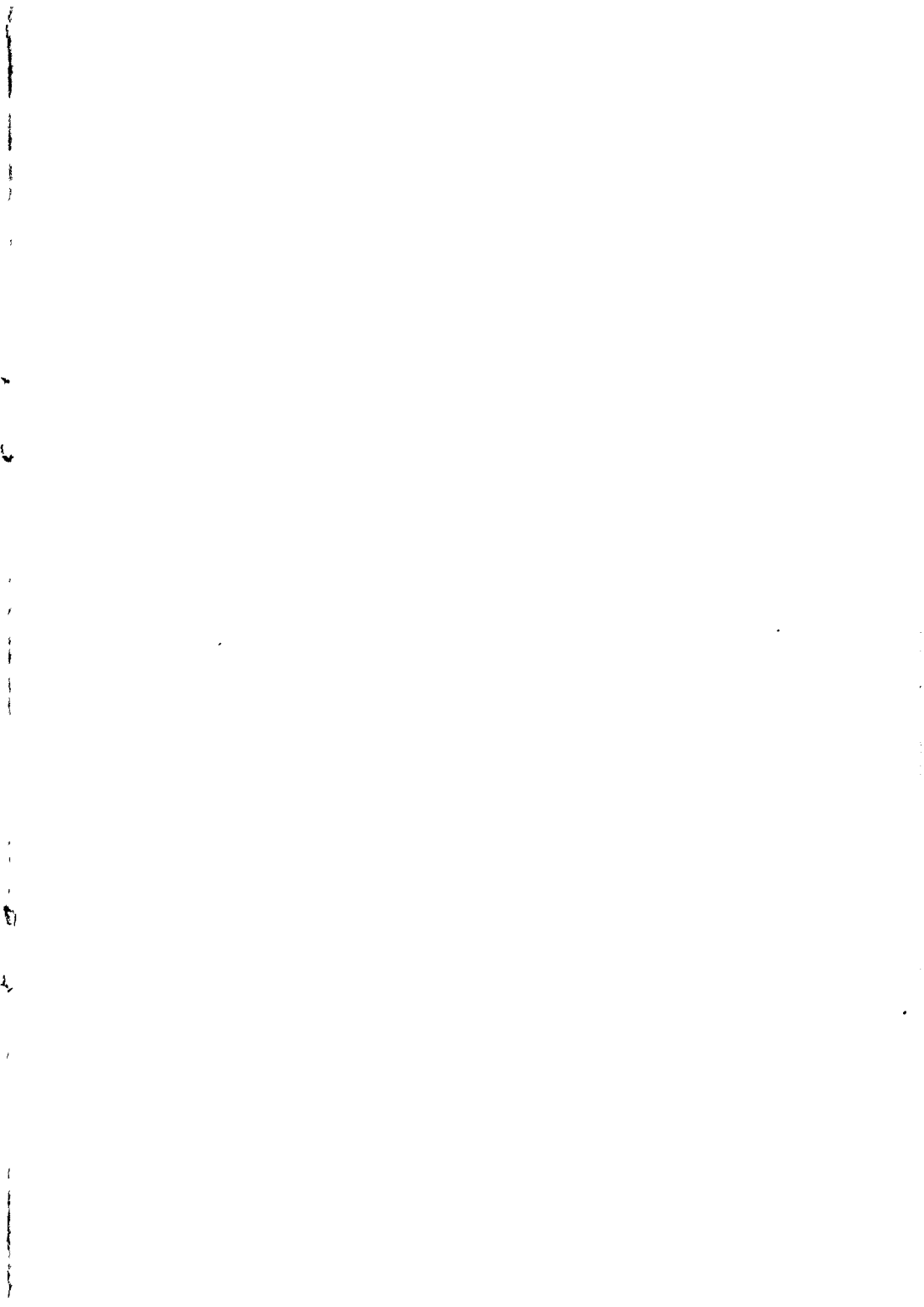
Тез. докл. Всесоюзной научно-технической конференции молодых учёных и специалистов угольной промышленности 26-28 октября 1990 г. - М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1990. - С. 56-57.

14. Лущик А.Г., Матвеев В.А. Комплексное решение вопросов струговой технологии при отработке угольных пластов по восстанию // Системный подход в горном деле. Проблемы, теория, методы: Тез. докл. Всесоюзной научно-технической конференции молодых учёных и специалистов угольной промышленности 22-24 ноября 1991 г. - М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1991. - С. 36-37.
15. Лущик А. Г. Преимущества струговой технологии перед комбайновой при отработке угольных пластов по восстанию // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. Науки. - 2004. - Приложение № 7 - С. 20 - 23.
16. Луганцев Б. Б., Лущик А. Г., Кулешов Е. С. Имитационные модели разрушения пород и угля в подземных горных выработках // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. Науки. - 2004. - Приложение № 7 - С. 23 - 25.

Подписано в печать 18.10.05.
Тираж 100 экз. Объем 1 н.л.

Формат 60X90/16
Заказ № *435*

Типография, Московского государственного горного университета
119991, Москва, ленинский пр-т, 6



№ 19030

РНБ Русский фонд

2006-4

17360