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

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ СИСТЕМЫ СЛОЕВОГО ОБРУШЕНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ГИБКОГО ПЕРЕКРЫТИЯ

Е. Я. МАХНО

Разработка слоевым обрушением во многих случаях является единственно приемлемой, поэтому вопросы повышения эффективности ее имеют большое практическое значение для рудной промышленности. Однако для этой системы характерны малая производительность забоев и высокая трудоемкость работ, в частности, крепления очистных забоев. Поэтому весьма заманчивым и перспективным является изучение возможности производить отработку слоев с применением только одного гибкого перекрытия (рис. 1, разрез по *IV—IV*). В этом случае рабочее пространство очистного забоя будет находиться между провисающей частью *аб* гибкого перекрытия и стенкой забоя *ав*. Успешное решение задачи дало бы возможность отрабатывать слои весьма простым и дешевым способом и тем значительно повысить эффективность системы слоевого обрушения.

В настоящей статье выдвигается один из вариантов решения этой задачи. Перекрытие в данном случае будет выполнять функции гибкого щита, как мы и будем именовать его в дальнейшем. Такой метод отработки слоев может быть применен как при отработке целиков между камерами (при комбинированной системе), так и при разработке рудных тел только слоевым обрушением. Возможный вариант отработки слоевым обрушением междукамерных целиков показан на рис. 1. У почвы и кровли залежи проходятся восстающие *1* и *2*. В пределах слоя у лежачего бока проходится рассечка *3* и слоевые орты *4*. Отработка слоя предлагается в направлении от висячего к лежачему боку под прикрытием гибкого щита *5*. Основные условия, определяющие возможность такой отработки слоев следующие: 1) наличие достаточно прочного и гибкого перекрытия (гибкого щита) и исключение возможности его значительного растягивания; 2) освоение надежного управления гибким щитом; 3) относительно правильная форма рудного целика; 4) создание условий, обеспечивающих возможность ведения работ по отбойке и доставке руды в очистном забое.

1. Управление гибким щитом

Обеспечение нормальной работы в забое в большой степени зависит от правильного выбора способа управления гибким щитом. Отсутствие опыта такого рода работ затрудняет решение этой задачи, поэтому в первый период следует отдавать предпочтение вариантам,

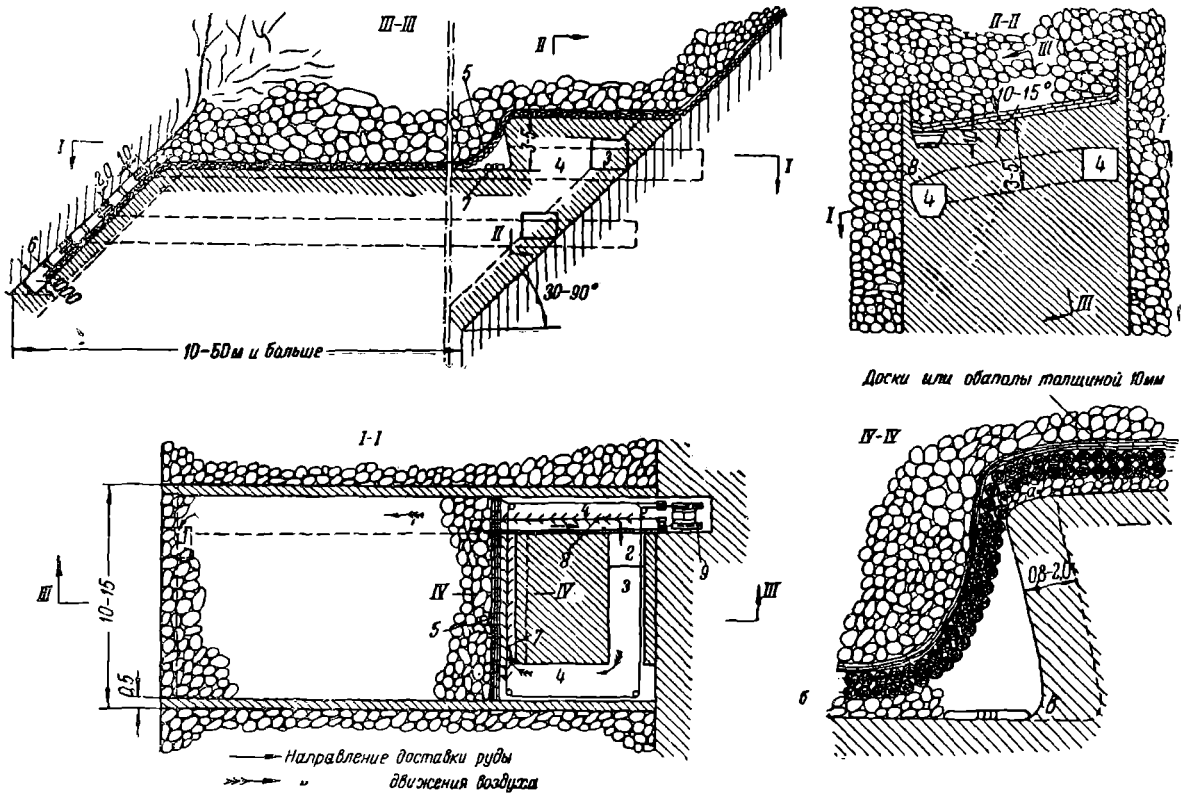


Рис. 1. Отработка междукамерного целика системой слоевого обрушения с применением гибкого щита:
1 — восстающий у висячего бока; *2* — восстающий у лежачего бока; *3* — рассечка; *4* — слоевой орт; *5* — гибкий щит; *6* — монтажная щель; *7* — забойный конвейер; *8* — конвейер в орте; *9* — привод конвейера

обеспечивающим максимальную степень надежности. Этому условию в наибольшей мере удовлетворяет способ управления, показанный на рис. 1 (разрез по *III—III*). В процессе отработки пласта гибкий щит перемещается от висячего к лежачему боку, образуя плавный перегиб у очистного забоя. Направление перемещения гибкого щита в основном совпадает с направлением перемещения вышележащих обрушенных пород, что является благоприятным фактором, снижающим до минимума истирающее действие пород.

Укладка щита производится в специальной монтажной щели *6* у висячего бока, проходимой взрывными работами сверху вниз по мере отработки залежи. Отбитая взрывом руда в монтажной щели доставляется скрепером в ближайший восстающий *1*. Сверху щита устанавливаются ряды деревянных стоек и костров, которые препятствуют отслаиванию пород кровли и исключают возможность скатывания кусков породы в забой монтажной щели. С этой же целью ряды костров

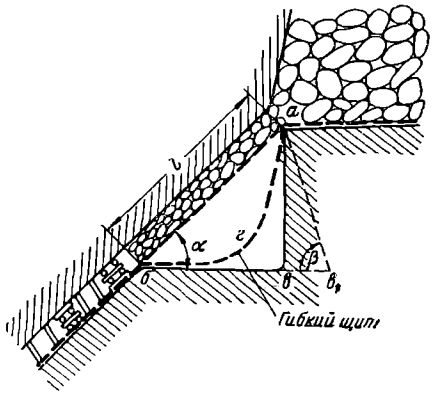


Рис. 2. Расположение гибкого щита в начальный период отработки слоя

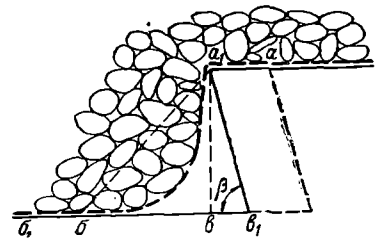


Рис. 3. Перемещение гибкого щита во время отработки слоя

перекрываются проволочной сеткой (на рис. 1 показана пунктиром). С целью снижения расходов на проходку и повышения надежности крепления гибкого щита ширина монтажной щели должна приниматься возможно меньшей (1,0—1,2 *м*).

Расположение гибкого щита в начальный период отработки слоя показано на рис. 2. Правее пункта *а* и левее пункта *б* гибкий щит будет защемлен. При выемке объема *абв* часть гибкого щита *аб* провиснет и примет форму *агб*. Величина этого провисания в основном будет определяться растягивающейся способностью щита.

Очевидно, для обеспечения возможно большего сечения рабочего пространства желательно, чтобы отношение k' — полупериметра этого сечения ($аб + вб$) — к длине пролета l гибкого щита было возможно большим. Как видно из рис. 1, величина k' зависит от угла падения пласта α. Зависимость значений k' от угла падения пласта α следующая:

α°	30	45	60	75	80	90
k'	1,366	1,414	1,366	1,225	1,16	1,0

Таким образом, наибольшее сечение рабочего пространства будет при угле падения пласта, равном 45°.

Наклонив стенку у очистного забоя под углом β, можно значительно увеличить величину k':

α°	30	45	60	75	80	90
Значение k' при $\beta = 75°$	1,52	1,63	1,63	1,52	1,46	1,30

В процессе отработки слоя при выемке каждой очередной заходки aa_1 (рис. 3) будет освобождаться полоска гибкого щита шириной aa_1 и одновременно такая же полоска $бб_1$ гибкого щита будет укладываться на почву забоя и зажиматься опустившейся породой.

Таким образом, при неизменной механической характеристике и постоянном натяжении гибкого щита форма провисающей части его будет одинакова в течение всего периода отработки слоя.

2. Конструкция гибкого щита

В рассматриваемых условиях рациональная конструкция гибкого щита, кроме обычных требований (прочности, плотности, гибкости, небольшой стоимости и простоты устройства), должна еще исключать возможность сколько-нибудь заметного растягивания его, так как в противном случае под влиянием давления породы он заполнит все рабочее пространство и отработка слоев будет затруднена.

Указанным требованиям удовлетворяет гибкое перекрытие, изображенное на рис. 4. Такой гибкий щит состоит из коротких деревянных стоек, связанных между собой нагельным соединением. В качестве нагелей приняты стальные стержни длиной 2050 *мм* каждый. Один их конец нарезан, а ко второму приварена головка с внутренней резьбой. Стержни соединяются посредством ввинчивания одного в другой.

Для предохранения от действия кислых вод применяется клеевое покрытие поверхности стержней резиной Д-10-Н * С этой же целью предусматривается шайба, которая зажимает резиновое кольцо, исключающее попадание кислых вод на нарезанную часть стержней (рис. 4). Винтовое соединение нагелей исключает растягивание гибкого щита в направлении, перпендикулярном расположению оси стоек и при этом сохраняет достаточную гибкость. Поэтому при монтаже щита необходимо располагать нагели перпендикулярно очистному забою. В рассматриваемом случае нагели должны располагаться по падению пласта (рис. 1).

Сборка щита производится в монтажной щели, для этого по мере продвигания забоя ввинчиваются новые нагели и на них в шахматном порядке надеваются стойки. Для монтажа гибкого щита необходима свободная площадка шириной 2,3 *м*. Чтобы исключить выдергивание нагелей при натяжении щита, они должны быть снабжены шайбами, упирающимися в стойки. Поверхность щита покрывается настилом из тонких досок или обаполов, расположенных параллельно нагелям и прибитых гвоздями к стойкам. Настил служит для увеличения плотности щита, смягчения истирающего действия опускающейся породы на участке перегиба щита и более равномерной передачи давления больших глыб породы на его элементы. Общая толщина настила должна составлять 0,05—0,2 *м* в зависимости от крупности расположенной выше породы. Чем больше размеры кусков породы, тем толще должен быть настил.

Техническая характеристика гибкого щита

Разрывная прочность щита, *т/м*:	
в направлении нагелей	75
в направлении стоек . .	30—50
Вес металла в 1 $м^2$ щита, *кг/м²*	15,70
Объем деревянных стоек на 1 $м^2$ щита, $м^3/м^2$	0,20
Объем досок на 1 $м^2$ настила при толщине его 0,1 *м*, $м^3/м^2$ . . .	0,10
Общий расход леса, $м^3/м^2$	0,30

* Этот способ предохранения от кислых вод предложен Г. В. Иллювиевой.

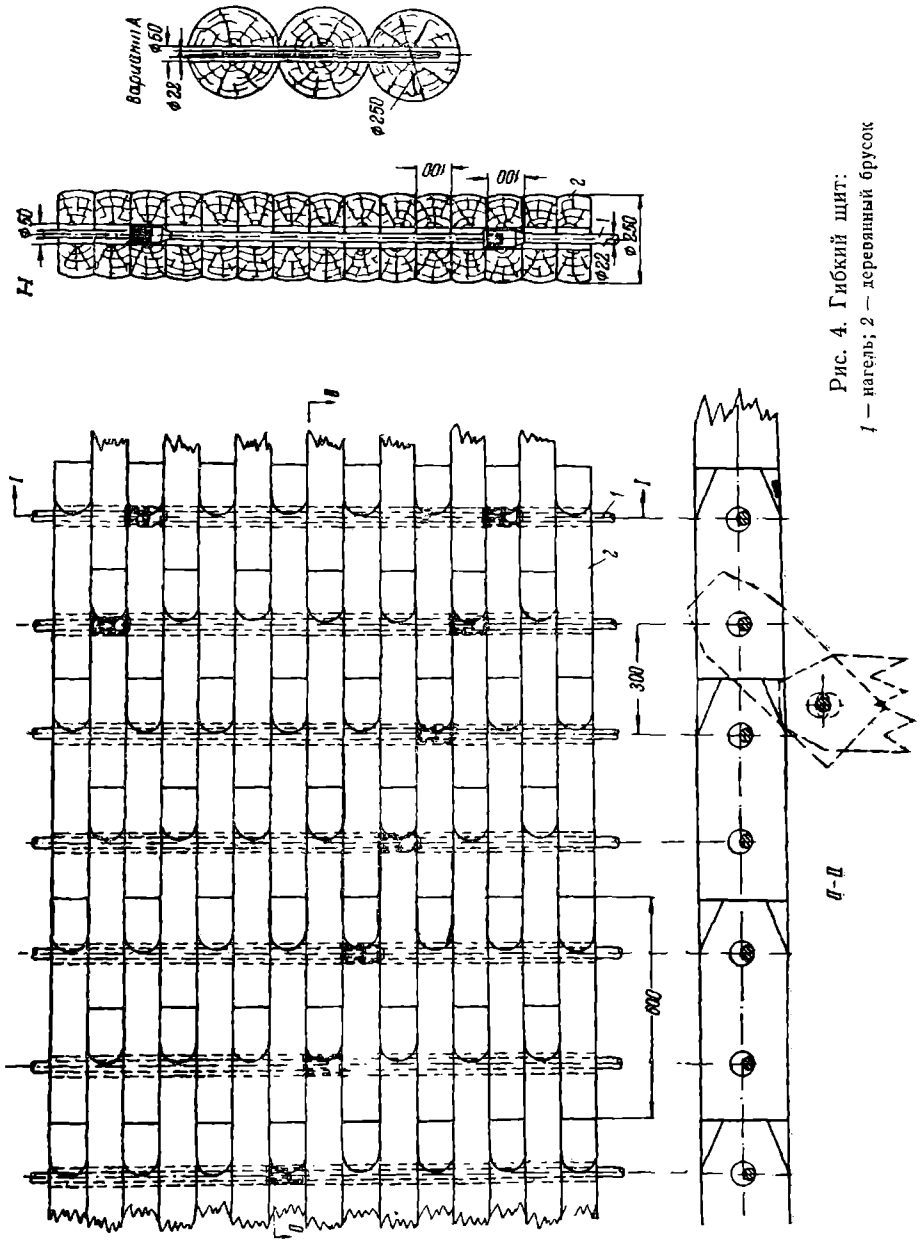


Рис. 4. Гибкий щит:
1 — нагель; 2 — деревянный брусок

3. Определение нагрузки на гибкий щит

Гибкий щит находится под действием разрыхленной породы, пред ставляющей собой различной крупности куски с незначительной связь друг с другом. В процессе отработки слоев и перемещения щита нач нает перемещаться и расположенная выше порода, при этом нагрузк на щит будет непрерывно и значительно меняться в пространст и времени. Указанное усугубляется наличием гибкого щита, которы под действием неравномерной нагрузки будет непрерывно менять сво форму.

В этих условиях точное определение величины давления на щи теряет практический смысл. Поэтому ограничимся приближенным ре шением этой задачи с допустимой для такого рода расчетов точ ностью.

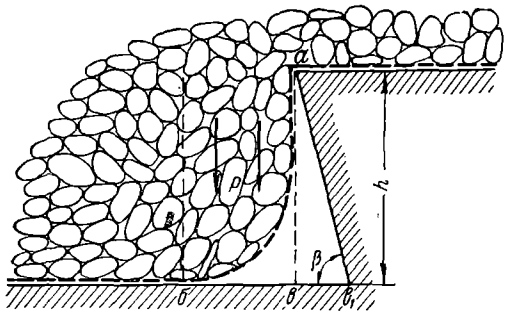


Рис. 5. К определению нагрузки на гибкий щит

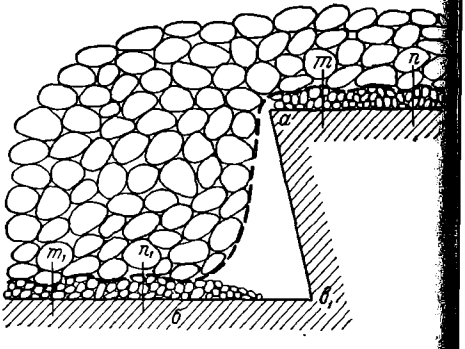


Рис. 6. Расположение гибкого щита пр неровной почве забоя

Экспериментальные работы показывают [4, 7], что минимально давление на щит будет во время его перемещения. При длительно остановке щита давление сыпучей породы на него возрастает. На рис. показано наиболее характерное положение гибкого щита в процесс отработки слоя. Очевидно, при перемещении щита в движение приде какой-то столб породы с основанием *бв,* в пределах которого направле ние перемещения породы с допустимой точностью может быть принят по вертикали. Величина *бв* определится величиной провисания гибког щита в пределах пролета *аб,* который, в свою очередь, зависит о величины напряжения щита. Чем меньше натяжение гибкого щита, тем меньше будет ширина столба *бв,* тем меньше давление породы на щит.

В процессе отработки столба натяжение гибкого щита не будет постоянным и его изменение определится целым рядом факторов: изме нением ширины и формы отбиваемого за один взрыв объема руды изменением длины нагелей при неоднократном изгибании и выпрямле нии их во время перегибания щита; оставлением слоя разрыхленной руды с неровной поверхностью на почве очистного забоя под щитом (рис. 6), что определяет различие в длине частей щита, укладываю щихся на одинаковых по ширине полосах *mn* и m_1n_1; качеством изго товления гибкого щита и др. Очевидно, для установления действитель ной величины провисания гибкого щита необходимо провести экспери ментальные работы в шахтных условиях. Наблюдения на моделях показывают, что наиболее вероятную амплитуду изменения отношения

$\frac{бв}{h}$ (рис. 5) следует ожидать в пределах от $^1/_2$ до 1. При отношении $\frac{бв}{h} \cong {}^1/_2$ поддерживаемый гибким щитом объем породы с основанием *вб* (рис. 5) будет иметь со стороны забоя опорную стенку *ав*. Поэтому с допустимым приближением давление P породы на щит может быть определено по следующей формуле [4]

$$P = 0{,}5\left(\frac{k\gamma a^2}{f} + \frac{\gamma (2a)^2}{4 f_1 \xi}\right),\ т/м,$$

где γ — объемный вес давящей породы, $т/м^3$;
a — половина ширины площадки *бв*, *м*;
f — коэффициент внутреннего трения разрыхленной породы;
f_1 — коэффициент трения породы о стенку *ав* (щит);
ξ — коэффициент бокового распора давящей породы;
k — коэффициент, зависящий от состояния движения или покоя давящей породы.

Как показывают наблюдения, значение коэффициента бокового распора ξ зависит от степени разрыхления сыпучей породы. При перемещении наиболее разрыхленной породы значение ξ может достичь 0,8—1,0. При неподвижном состоянии, когда сыпучая порода наиболее уплотнена ξ уменьшается до 0,3—0,25.

Специальные экспериментальные работы [7] показали, что для кусковой породы (щебень) значение k изменяется в среднем от 0,7 при состоянии движения породы до 2,3 при длительной остановке щита.

Учитывая указанное, определим величину давления породы на гибкий щит при его перемещении и при длительной остановке.

Принимаем $\gamma = 2\ т/м^3$, $h = 3{,}5\ м$, $a = 0{,}88\ м$, $f_1 = 0{,}6$, $f = 0{,}85$.

Давление породы на перемещающийся щит

$$P_{дв} = 0{,}5\left(\frac{0{,}7 \quad 2 \cdot 0{,}88^2}{0{,}85} + \frac{2 \quad 1{,}75^2}{4 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}8}\right) = 2{,}2\ т/м.$$

Давление породы на щит при длительной остановке забоя

$$P_{ост} = 0{,}5\left(\frac{2{,}3 \quad 2 \cdot 0{,}88^2}{0{,}85} + \frac{2 \quad 1{,}75^2}{4 \cdot 0{,}6 \quad 0{,}3}\right) = 6{,}3\ т/м.$$

При вытягивании щита, когда $\frac{бв}{h} = 1$, давящий объем породы фактически будет лишен боковой опоры. Поэтому давление породы на провисающую часть гибкого щита *аб* можно представить как давление неограниченно широкого объема сыпучей породы на узкую площадку.

В этом случае давление породы на перемещающийся щит может быть определено по формуле [7]

$$P'_{дв} = \frac{k\gamma a^2}{f} = \frac{0{,}7 \cdot 2{,}0 \cdot 1{,}75^2}{0{,}85} = 5\ т/м,$$

а давление породы при длительной остановке щита

$$P'_{ост} = \frac{2{,}3 \cdot 2{,}0 \cdot 1{,}75^2}{0{,}85} = 16{,}6\ т/м.$$

Указанные величины давления породы, очевидно, будут полностью восприниматься щитом в точке *а* (рис. 5).

Следует отметить, что определение натяжения гибкого щита по методу расчета тяжелой гибкой нити дает приблизительно такие же результаты при движении щита и меньшие значения натяжения при длительной его остановке.

Как видно из сравнения вычисленных значений давления породы с разрывной прочностью щита, запас прочности последнего соответственно составит 34, 12, 15 и 4,5. Давление породы 16,6 *т/м* определено для вытянутого щита, находящегося длительное время в покое. Это является исключительным случаем, вряд ли возможным на практике. Учитывая гибкость щита и податливость опор (разрыхленная руда), перемещение породы будет иметь место в течение многих суток после остановки забоя, поэтому практически вряд ли можно ожидать увеличения k больше 1,2—1,5. Это соответствует $P_{ост}$, равному 8—10 *т/м* и запасу прочности 7,5—8,5.

При необходимости минимальное значение запаса прочности можно довести до 10—12 путем увеличения диаметра нагелей или их числа. Следует учитывать, что наличие предохранительного слоя из досок, обладающего значительной прочностью, также способствует повышению несущей способности всего перекрытия. Можно также, подрывая кровлю во время отработки верхнего слоя и монтажа щита, создавать породную подушку.

4. Отбойка руды в очистном забое

Отбойка руды в очистном забое производится взрывными работами. *При хрупкой, хорошо разрыхляющейся руде шпуры целесообразно располагать* параллельно очистному забою (рис. 7). В этом случае, применяя колонковые перфораторы, можно бурить шпуры с нижнего слоевого штрека *4* (рис. 1) длиной до 12—15 *м* и даже больше. Для облегчения работ можно с верхнего слоевого штрека навстречу им бурить короткие шпуры (2—3 *м*), которые должны взрываться в первую очередь.

Как указано ниже, доставка руды в очистном забое производится скребковой цепью *7*, куда руда загружается взрывонавалкой (рис. 1). Поэтому определение максимального количества руды, допустимого к обрушению за один взрыв, должно быть произведено в процессе работы. До накопления опыта работы длинные шпуры необходимо заряжать рассредоточенными зарядами с последовательным взрыванием их электродетонаторами замедленного действия или заряжать и взрывать шпуры по частям. Первый вариант требует меньше времени на заряжение и взрывание шпуров, поэтому более производителен. Второй вариант более надежен, но трудоемок. Расстояние между шпурами выбирается в зависимости от существующих условий с учетом хорошего дробления руды и минимального ее выноса.

Предлагаемое расположение шпуров и последовательность взрывания их (рис. 7) позволяют направить действие взрывной волны главным образом вниз, что является весьма важным для предохранения от разрушения деревянных элементов гибкого щита.

При расположении шпуров перпендикулярно стенке забоя или под значительным углом к ней энергия взрыва в основном затрачивается на преодоление сопротивления сдвигу частиц руды. При расположении шпуров параллельно стенке забоя (рис. 7) энергия взрыва затрачивается, главным образом, на преодоление сопротивления отрыва куска руды от массива. Работы ИГД АН СССР показали, что сопротивление твердых хрупких тел сдвигу в несколько раз больше сопротивления отрыву. Так, сопротивление сдвигу каменного угля в 7 раз больше его сопротивления отрыву.

Таким образом, расположение шпуров параллельно забою наиболее целесообразно — оно значительно повышает эффективность взрывных работ.

К существенным преимуществам описанного расположения шпуров следует также отнести обеспечение высокой степени безопасности работ вследствие исключения необходимости присутствия людей в очистном забое. Все работы, связанные с бурением шпуров, взрыванием их и доставкой руды, выполняются рабочими, находящимися в штреках.

При крепкой руде и значительной толщине слоя возможен другой вариант расположения шпуров (рис. 8), когда в нижней части забоя шпуры располагаются аналогично первому варианту — параллельно стенке забоя. Эта часть забоя взрывается в первую очередь и в образованную нишу передвигается скребковая цепь.

Второй вариант расположения шпуров удобно применять при длинных забоях и большой толщине слоя. В этом случае, при наличии достаточно прочного гибкого щита и освоении управления им, толщина слоя

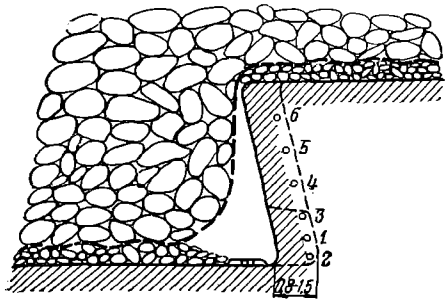


Рис. 7. Расположение шпуров в очистном забое

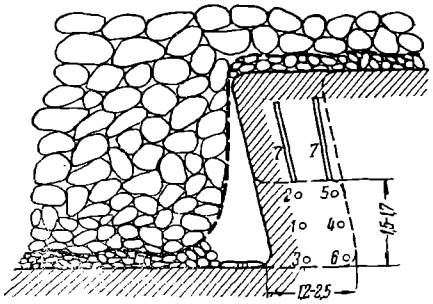


Рис. 8. Расположение шпуров при крепкой руде

может быть доведена до 6—8 *м* и даже больше. Недостатком этого варианта расположения шпуров является необходимость нахождения бурильщиков и взрывников в очистном забое.

5. Доставка руды

Ограниченное сечение очистного забоя определяет необходимость применения механического способа доставки руды. В рудной промышленности доминирующее распространение получила скреперная доставка, которая может быть применена и в рассматриваемом случае. Существенным недостатком скреперной доставки является цикличность действия, что определяет ее небольшую производительность, зависящую от расстояния транспортирования. Между тем, вышеописанная система разработки позволяет обеспечить весьма интенсивную отработку слоя. Это указывает на целесообразность применения более производительных способов механической доставки руды.

Из известных способов механической доставки угля наиболее рациональным для существующих условий было бы применение конвейера типа КСКО, разработанного Кузнецким научно-исследовательским угольным институтом по предложению Б. Г Одуло и испытанного в тресте Ленинуголь (Кузбасс) [1]. Конвейер КСКО состоит из желобов, каната со складывающимися скребками и привода. Привод обеспечивает канату поступательно-возвратное движение по желобу. При движении вперед скребки автоматически раскрываются и перемещают материал. При обратном движении они складываются, что исключает перемещение материала.

Учитывая условия рассматриваемого очистного забоя, целесообразно произвести следующие изменения конструкции конвейера.

1. На участке, где непосредственно производится доставка руды, канат следует заменить тяжелой цепью (или цепями корабельного типа), к которой аналогичным образом шарнирно прикрепляются более массивные скребки. Оси шарниров могут быть расположены вертикально или горизонтально, что должно устанавливаться на основе экспериментальных работ в зависимости от существующих условий. Тяжелая цепь будет содействовать лучшему внедрению скребков в более тяжелую по сравнению с углем руду.

2. Необходимо удалить желоб, а скребковую цепь расположить непосредственно на почве забоя. Это, наряду с существенным упрощением и удешевлением конструкции, обеспечит более надежную работу конвейера и значительное снижение трудовых затрат на доставку руды.

3. К приводу конвейера следует прикрепить второе цепное устройство для преобразования вращательного движения в поступательно-возвратное. Это позволит использовать один привод для доставки угля и по лаве, и по нижнему слоевому штреку (рис. 1). Привод конвейера *9* расположен в специальной нише, пройденной в лежачем боку и являющейся продолжением нижнего слоевого орта *4*. Правое цепное устройство привода двумя канатами присоединяется к скребковой цепи *7*, расположенной в лаве. Левое цепное устройство привода также посредством двух канатов приводит в действие скребковую цепь *8*, расположенную в нижнем слоевом орте *4*. Конвейер *7* доставляет руду по лаве на нижний слоевой орт, где конвейер *8* доставляет ее до восстающего *2*.

С целью облегчения доставки руды целесообразно придать почве лавы наклон в сторону транспортирования. В каждом отдельном случае всегда можно экспериментальным методом подобрать оптимальный угол наклона почвы лавы (15—25°), при котором будет обеспечена высокая производительность и надежная работа конвейера и в то же время исключено самоскатывание кусков руды. Это исключит элементы стихийности и обеспечит управляемость технологического процесса работ в очистном забое.

Почва нижнего слоевого орта *4* расположена несколько ниже почвы лавы, что облегчает перегрузку руды с конвейера *7* на конвейер *8*.

Производительность конвейера *8* должна быть немного больше производительности конвейера *7*. Этого можно достигнуть увеличением длины скребков и уменьшением расстояния между ними. При необходимости в нижнем слоевом орте *4* можно использовать также и любой другой конвейер, например ЛКТ-2, СКП-11, конструкция которого предусматривает возможность транспортирования тяжелого кускового материала. Погрузка руды на скребковую цепь *7* в лаве осуществляется самым простым и дешевым способом — взрывонавалкой. Для этого взрывание руды следует производить небольшими порциями на работающий конвейер. По мере отработки слоя скребковая цепь *7* переносится ближе к забою, для чего необходимо соответственно передвинуть два блока и подтянуть канаты. Скребковая цепь *8* укорачивается отсоединением отдельных ее кусков длиной 2—3 *м*. Задний блок конвейера *8* расположен в отработанной части нижнего слоевого орта *4*, который для этого перекрывается деревянными стойками (рис. 1). Последние убираются при отработке расположенного ниже слоя.

Применение видоизмененного конвейера КСКО имеет следующие преимущества: 1) обеспечивает резкое повышение производительности очистного забоя (участка), а следовательно, и технико-экономических показателей работы участка; 2) обеспечивает полную механизацию

навалки и доставки руды в пределах участка с минимальными трудовыми затратами на обслуживание, переноску и монтаж оборудования; 3) конструкция конвейера проста и надежна в эксплуатации.

Эти преимущества указывают на перспективность такого рода конвейеров, которые могут найти широкое распространение в рудной промышленности. Для доставки руды в лаве возможно применение и других машин — канатно-дисковых или скребковых конвейеров с нижними рабочими ветвями, скреперов и гидравлического транспорта.

6. Проветривание участка и техника безопасности

Применение взрывонавалки руды на конвейер требует в течение длительного времени производства взрывных работ в лаве и поэтому необходимо деятельное проветривание забоев. Один из возможных вариантов проветривания участка показан на рис. 1. Свежая струя воздуха по восстающему *2*, сбойке *3* и верхнему слоевому орту *4* поступает в лаву, омывает ее и по нижнему слоевому орту *4* отводится в восстающий *1*. В нижнем слоевом орте *4* между лавой и сбойкой *3* навешивается парус. Весьма эффективным мероприятием по обеспечению интенсивного проветривания при взрывных работах является установка в пределах участка небольшого вентилятора — «толкача».

При разработке слоевым обрушением обычно наибольшее число случаев травматизма имеет место в очистных забоях и связано с падением кусков руды и породы. Поэтому отработка слоев без присутствия людей в очистном забое уже сама по себе представляет большое достижение в повышении безопасности работ.

Вследствие отсутствия опыта применения гибких щитов имеется много неясностей как в вопросах управления ими, так и в установлении величины нагрузок на щит. Поэтому в первый период освоения целесообразно применять двойной гибкий щит (рис. 1). Это значительно увеличит запас прочности гибкого щита и тем повысит степень безопасности работ. При наличии двойного щита вряд ли можно ожидать внезапного прорыва породы даже при весьма больших экстренных нагрузках.

При нормальном режиме отработки слоя суммарный запас прочности гибкого щита будет значительно превышать запас прочности, предусматриваемый правилами безопасности, например, для подъемных канатов.

7. Организация работ и технико-экономические показатели

В качестве примера рассмотрен случай отработки междукамерного целика шириной 13—14 *м* и длиной 50 *м*. Толщина слоя принята 3,5 *м*.

При длине лавы 12 *м* запасы руды в одном слое составят 2100 $м^3$ или 8400 *т*. В пределах одного слоя отрабатываются нарезными работами 465 $м^3$ руды или 22% от промышленных запасов, а очистными работами 78% запасов.

Один погонный метр нарезных работ приходится на 70 *т* добычи руды или 14,3 *пог. м* выработок на 1000 *т* добычи. Производительность лавы в основном будет определяться возможностями транспорта. При использовании конвейера типа КСКО с взрывонавалкой для доставки руды и при 4-часовой работе конвейера в смену добыча руды из лавы составит 240 *т* в смену. При двухсменной работе по добыче руды суточная производительность участка составит 615 *т*, в том числе из очистного забоя 480 *т* и из нарезных забоев 135 *т*. Среднесуточное продвигание лавы будет 3,66 *м*.

Система определяет возможность одновременного производства всех основных процессов. В добычные смены бурение шпуров может производиться с нижнего слоевого орта, а в третью смену — с обоих ортов.

Полученные расчетом основные технико-экономические показатели системы приведены в таблице, где для сравнения представлены типичные показатели отработки слоевым обрушением с деревянной крепью. В обоих случаях крепость руды принималась 6—8 по классификации М. М. Протодьяконова.

Можно отработку слоев производить только на один орт, располагая последний посередине целика. В этом случае участкам забоя по бокам слоевого орта придается уклон в сторону последнего равный 34—40° Это обеспечит скатывание отбитой руды в слоевой орт, по которому она будет доставляться цепным конвейером в восстающий. Указанный вариант позволяет еще больше упростить и повысить эффективность отработки целиков.

Технико-экономические показатели

Наименование показателя	Показатели при системе слоевого обрушения с применением		
	гибкого щита и отработке		деревянной крепи
	целиков	всего рудного тела*	
Толщина слоя, *м*	3,5	3,5	2,5
Добыча руды на участке за сутки, *т*:	615	1000	100—200
из очистного забоя, %	78	90—94	70—80
из нарезных забоев, %	22	6—10	20—30
Число рабочих по забою, *чел.-смена*	44	—	—
Производительность рабочего по забою, *т/смена* .	14	15—20	4—8
Расход леса, $м^3$/1000 *т*	4—5	4—5	30—40
Расход металла, *кг/т*	0,08	0,08	—
Расход ВВ, *кг/т*	0,3	0,3	0,3
Потери руды, %	10—12**	2—3	5—10
Проходка выработок на 1000 *т* добытой руды, *м*/1000 *т* .	14,3	2—5	—

* Подсчитано по приведенному ниже рис. 10.

** Учитывая запасы, отработанные в камерах, потери руды составят 5—6%.

8. Применение гибкого щита при разработке слоевым обрушением всего рудного тела

Гибкий щит и приведенная на рис. 1 схема управления им могут быть применены и при отработке всего рудного тела слоевым обрушением. В этом случае отработка слоев может осуществляться по простиранию рудного тела или вкрест простирания — от висячего к лежачему боку.

Примерная схема отработки слоев по простиранию показана на рис. 9. Расположение нарезных выработок в основном такое же, как и в ранее описанном варианте, с той лишь разницей, что слоевые штреки проходятся у почвы и кровли рудного тела. При значительной мощности залежи слоевые штреки могут располагаться и в промежуточной части рудного тела. Добыча и транспортировка руды в пределах участка производится так же, как и в предыдущем случае. Направления грузопотока руды и движения воздуха также показаны на рис. 9.

Несмотря на кажущееся упрощение работ, отработка слоев по простиранию рудного тела имеет существенные недостатки: 1) со стороны висячего бока гибкое перекрытие будет перегибаться сразу в двух направлениях, что затруднит управление им и значительно повысит требования к его качеству изготовления; 2) управление гибким щитом путем постепенного перепуска его с висячего на лежачий бок рудного тела чрезвычайно затруднено (рис. 1 и 9).

Действительно, в процессе отработки очистного забоя каждый элемент гибкого щита под влиянием собственного веса и веса вышележащих пород будет стремиться к опусканию по вертикали вниз. Это

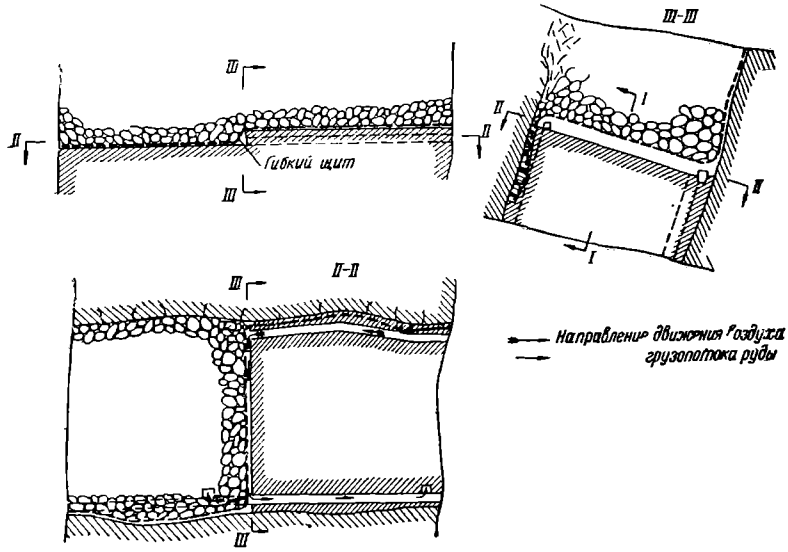


Рис. 9. Отработка рудного тела слоевым обрушением

приведет к вытягиванию гибкого щита у лежачего бока и образованию складок у висячего бока рудного тела. Указанное будет возрастать с увеличением толщины слоя и угла падения залежи. Эти недостатки существенно затрудняют ведение горных работ и тем снижают практическую ценность описанного варианта разработки. Поэтому следует предпочитать второй вариант системы разработки слоевым обрушением, приведенный на рис. 10. В этом случае отработка слоев производится полосами вкрест простирания от висячего к лежачему боку рудного тела. Ширина полос принимается 30—40 *м*. С целью уменьшения объема подготовительных работ и повышения производительности разработки полосы целесообразно отрабатывать спаренными лавами. Подготовка участка производится следующим образом. У почвы и кровли через каждые 30—40 *м* проводятся восстающие *1*, расположенные посредине отрабатываемых полос и *2* — по их краям. От восстающих *1* по почве слоя проходятся орты *3*, которые играют роль сборных штреков при отработке полос. У висячего бока проходится монтажная щель *4*, в которой укладывается гибкий щит (на рис. 10 показан пунктиром). Проходка щели *4* опережает отработку слоев, при этом используются восстающие *2*. В пределах подготавливаемой полосы между восстающими *2* производится разрезка спаренных лав *5*. По мере отработки полосы открепляется бортовой орт *6* (рис. 10, разрез по *IV—IV*). Это исключает необходимость специальной проходки бортовых ортов и тем уменьшает объем нарезных работ.

Добыча руды в лавах осуществляется, как указывалось выше, буровзрывными работами с применением взрывонавалки на цепной конвейер. Для обеспечения надежной работы цепного конвейера почва каждой пары лав имеет наклон к сборному орту *3*, который проходится несколько ниже (рис. 10, разрез по *II—II*). Добытая руда поступает на сборный орт *3* и по нему транспортируется конвейером к восстающему *1*. Привод конвейера расположен в специально пройденной для этого нише *7*

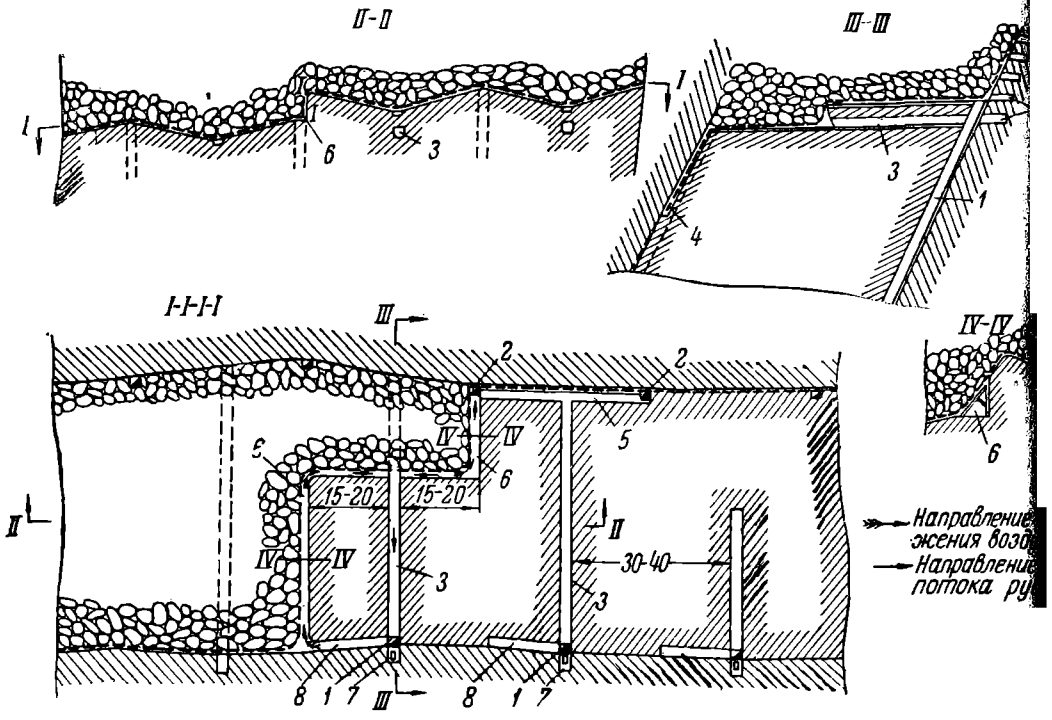


Рис. 10. Отработка слоя спаренными лавами:
1 — восстающий у лежачего бока; *2* — восстающий у висячего бока; *3* — сборный орт; *4* — монтажная щель; *5* — разрезная сбойка; *6* — бортовой орт; *7* — камера для привода конвейера; 8 — вентиляционная сбойка

В рассматриваемых условиях возможно также применение гидравлической доставки руды. Гидромониторы располагаются в бортовых ортах *6* и струя воды смывает отбитую взрывом руду вниз по наклонной почве лавы к сборному орту *3*, а по нему при помощи бустеров руда направляется в восстающий *1*. Для облегчения доставки руды сборный орт *3* должен проходиться с уклоном в сторону восстающего *1* и на почве его необходимо расположить желоб, изготовленный из листового железа. Обезвоживание производится на участке, на месте погрузки руды в вагонетки. Вода стекает в зумпф и насосом может вновь подаваться в забой. Наличие наклона почвы лавы и действие струи воды в направлении доставки руды обеспечивают оптимальные условия для производства уборки отбитой руды без присутствия людей в очистном забое. Струю воды можно направить в любой участок лавы, а совмещение направления струи воды из монитора с направлением доставки руды позволяет в максимальной степени использовать энергию воды и определяет наиболее надежную и производительную работу. Так, при давлении 15—20 *атм* и диаметре насадки 25—30 *мм* динамическое действие струи воды на расстоянии 15 *м* составит около 100—150 *кг*, что

достаточно для перемещения по наклонной почве лавы кусков руды размером в поперечнике до 0,6—0,8 *м* и весом до 0,5—0,7 *т*.

Учитывая, что динамическое действие струи воды уменьшается с увеличением расстояния, необходимо выбор длины лавы увязывать со степенью трудности перемещения руды. В этих условиях длина лавы может быть принята в пределах 10—20 *м*.

Существенными достоинствами применения гидравлического транспорта руды в пределах отрабатываемого слоя являются:

1) обеспечение высокопроизводительной и надежной доставки руды без присутствия людей в очистном забое;

2) увеличение производительности очистного забоя, которая может быть доведена до 100—150 *т/час* (при необходимости и больше), что влечет за собой повышение производительности труда и снижение себестоимости полезного ископаемого;

3) обеспечение высокой степени безопасности работ;

4) значительное снижение стоимости оборудования, уменьшение затрат на его монтаж, перемещение и демонтаж, так как работы обеспечиваются простым оборудованием (трубами, мониторами).

Все это указывает на целесообразность применения гидравлического транспорта в первую очередь там, где смачивание руды не вызывает дополнительных трудностей по перемещению и обработке ее на поверхности.

Для обеспечения деятельного проветривания лав проходится сбойка *8* (рис. 10). Отработка слоев от висячего к лежачему боку облегчает управление гибким щитом и обеспечивает надежную и производительную разработку.

Как показывает практика, применение спаренных лав в угольной промышленности высоко эффективно (см. таблицу).

Для предлагаемой системы характерны также незначительные потери полезного ископаемого и сравнительно небольшой удельный вес добычи руды из подготовительных работ. Применение гибкого щита, как свидетельствуют данные таблицы, значительно повышает технико-экономические показатели системы слоевого обрушения.

Следует отметить, что принятая толщина слоя не является пределом. По мере освоения работ толщина слоя может быть увеличена, это повлечет дальнейшее повышение эффективности приведенной системы разработки, которая по своим технико-экономическим показателям может успешно конкурировать с системой подэтажного обрушения.

Оптимальными условиями применения системы следует считать мощные, относительно правильные наклонно-крутопадающие месторождения с хорошо разрыхляющейся взрывом рудой и неустойчивыми, легко обрушающимися породами висячего бока.

Выводы

Рассмотренная система разработки слоевым обрушением с применением гибкого щита имеет следующие преимущества:

1. Обеспечивает большое увеличение производительности очистных забоев (лав).

2. Обеспечивает полную комплексную механизацию очистных работ с использованием простых и надежных механизмов.

3. Существенно повышает производительность забойных рабочих

4. Дает возможность отработки слоев без присутствия людей в очистном забое и обеспечивает высокую степень безопасности работ

5. Значительно уменьшает расход леса, что, наряду с высокой производительностью труда, определяет снижение себестоимости руды.

6. Незначительные потери руды и отсутствие леса в отработанном пространстве могут существенно снизить опасность возникновения подземных пожаров.

7. Система разработки отличается большой гибкостью. Она может применяться при углах падения, начиная от 20—30° и больше, и при значительных изменениях мощности залежи.

Таким образом, предлагаемый вариант системы разработки заслуживает серьезного внимания. Вопрос об его эффективности и применимости определяется в основном работоспособностью гибкого перекрытия и цепного конвейера в специфических условиях рудного забоя, что может быть решено лишь экспериментальным путем. Поэтому необходимо организовать опытные работы на одной из шахт, выбрав для этого достаточно мощную залежь (20—30 *м*) с легко обрушающимися породами висячего бока и хорошо разрыхляемой взрывом рудой.

Имеющийся опыт в угольной промышленности дает основание предположить, что указанные экспериментальные работы приведут к положительным результатам.

Следует отметить, что отработка слоев спаренными лавами с использованием гибкого щита (рис. 10) может с успехом применяться и при разработке мощных наклонно-крутопадающих угольных пластов.

Использованная литература

1. Балашов Н. Д. Опыт взрывонавалки на канатно-скребковый конвейер КСКО-2. Механизация трудоемких и тяжелых работ, 1950, № 1.

2. Джексон Я. Ф. Система разработки слоевым обрушением и подэтажными штреками с обрушением. Цветметиздат, 1932.

3. Малахов Г. М. Основы теории движения отбитой руды. Металлургиздат, 1948.

4. Махно Е. Я. Методы определения нагрузки на щитовую крепь для очистных забоев при отработке крутопадающих пластов полосами по падению. Рукопись. Фонды ЛГИ, 1955.

5. Махно Е. Я. Вопросы разработки мощных пологопадающих пластов с принудительным обрушением угля. Зап. ЛГИ, 1955, т. XXX, вып. 1.

6. Махно Е. Я. Разработка мощных крутопадающих пластов подэтажным обрушением. Рукопись. Фонды ЛГИ, 1950.

7. Махно Е. Я. Давление сыпучей породы на опору. Горный журнал, 1956, № 4.

8. Остроушко И. А. Производственные испытания связанного мата. Горный журнал, 1941, № 5.