Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени Горного института, том XXIII, 1949

Фронтальная самонавалка угля в лавах — важнейшее средство выполнения пятилетки угольной промышленности в 4 года

(Теория и практика самонавалки угля)

Доц. Я. Б. Кальницкий

Осуществление механизации навалки угля в очистном забое является одной из важнейших проблем советской угольной промышленности в 4-й сталинской пятилетке. В „Законе о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 гг." записано: „Для выполнения установленной программы роста добычи угля, строительства и увеличения производительности труда — всемерно механизировать трудоемкие процессы в угольной промышленности, в частности обеспечить широкое проведение работ по механизации навалки угля и погрузки породы".

Возможны три основных пути механизации навалки угля в очистном забое:

1. Частичная механизация навалки, т. е. осуществление навалки на конвейер не всего вынимаемого угля, а некоторой его части.

2. Полная механизация навалки, выполняемая специализированными навалочными машинами.

3. Комплексная механизация навалки и выемки угля; исполнительной машиной в этом случае является горный комбайн или врубо-отбое-навалочная машина.

Второй и третий методы требуют создания высокосовершенных конструкций навалочных машин и горных комбайнов.

Сущность частично-механизированной навалки угля

При современном уровне развития техники очистной выемки угля такие операции, как вруб и разрыхление угля, осуществляются до начала работ по выемке. Разрыхление (дробление) угля в массиве обычно производится взрывчатыми веществами; иначе говоря, оно осуществляется газами под высоким давлением. Поэтому на долю рабочего в лаве остаются по существу операции, связанные с обрушением изрезанного трещинами угля и подачей его на забой-

ный конвейер. Операции обрушения (отбойки) и собственно навалки (при комплексном их выполнении одним рабочим — навалоотбойщиком) столь тесно связаны между собой, что разделять их можно только фиктивно и рассматривать одну без другой не имеет смысла.

Следовательно, можно утверждать, что всякая работа по передаче угля из забоя на транспортирующий орган практически неотделима от работы по отбойке угля и имеет две основные функции: а) обрушение подготовленного врубом и взрывными работами угля и б) собственно-навалку угля на транспортирующее устройство.

Частично-механизированная навалка осуществляется тогда, когда за счет определенной компановки выемочных или транспортирующих устройств по отношению к забою достигается исключение одной из двух функций навалочных работ или частичная механизация каждой из этих функций.

а) Если механизируется только функция обрушения угля, — например, при применении высокой врубовой щели (сдвоенный бар), интенсивном взрывании, двукратном или наклонном врубе и т. п. — работа навалоотбойщика сводится к работе навальщика (функция отбойки исчезает).

б) Если механизируется или исключается только функция собственно-навалки угля, — например, при разработке наклонных и крутых пластов, при применении скреперной доставки и т. п. — работа навалоотбойщика сводится к работе забойщика (функция навалки исчезает).

в) Если осуществляется частичная механизация обеих функций, т. е. обрушения и навалки угля, — например, при различных способах самонавалки угля на забойный транспортер, то удается достигнуть довольно значительного снижения объема ручного труда. Работа по навалке части угля, остающейся непогруженной после самонавалки, неизбежно должна осуществляться комплексно (отбойка и навалка угля из земника, очистка кровли, выравнивание груди забоя, расплитовка крупных глыб), либо вручную (навалоотбойщиками), либо специальными машинами.

Самонавалка угля обладает рядом несомненных преимуществ, важнейшими из которых являются простота и дешевизна способа, отсутствие специального отбойного оборудования, незначительные технологические изменения применяемой схемы очистной выемки. Для промышленного применения самонавалки необходима лишь реконструкция доставочного оборудования.

По многочисленным данным о применении самонавалки угля в СССР и Германии, объем самонавалки составляет в среднем около 30% вынимаемого угля в данном забое. В 1944 г., например, с помощью самонавалки в Германии отгружалось около 15% всей добычи угля. Таким образом этот метод несомненно является промышленно-пригодным и поэтому заслуживает тщательного изучения. Необходимо выяснить, в частности, механику процесса самонавалки, разработать метод предварительного определения её эффективности, выяснить закономерности самонавалки, т. е. научиться управлять этим процессом. Подобная разработка вопроса в мировой горно-технической литературе отсутствует и, таким образом, впервые предпринимается в Советском Союзе.

Механика процесса самонавалки

Для случая самонавалки угля на фронтальный забойный транспортер заданным является очистной забой, предварительно подрубленный и подготовленный к взрыванию; непосредственно у груди забоя или на некотором расстоянии от него установлен транспортер.

Рассмотрим вопрос о поведении угля после интенсивного взрывания и соответствующего измельчения. Заранее примем допущения, что уголь хорошо отделяется от кровли (не „зависает") и что в момент, соответствующий взрыву, горное давление не успевает оказать сколько-нибудь существенное влияние на ход процесса.

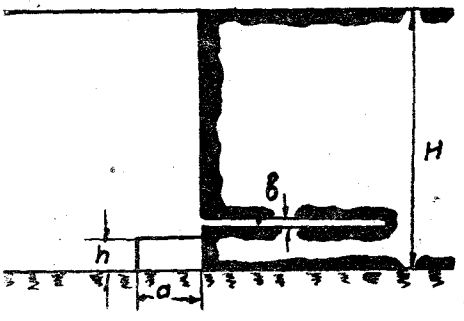


Рис. 1.

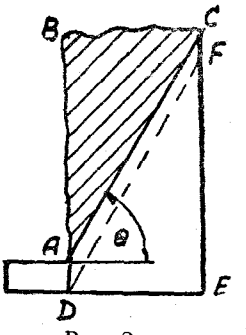


Рис. 2.

Выделим элемент забоя длиной в 1 м при мощности пласта H, высоте конвейера h и ширине его a. Вруб в общем случае производится на любой высоте от почвы пласта. Высота врубовой щели b (рис. 1).

После взрыва некоторая часть угля под действием силы собственного веса и силы взрыва обрушится на забойный конвейер (рис. 2). Очевидно, борт конвейера высотой h окажется своего рода подпорной стенкой, удерживающей от сползания остальной уголь. При этом в момент взрыва начнется сдвиг угля по некоторой раздельной плоскости, называемой плоскостью сдвига (на рис. 2 линия AC представляет собой ее след) под углом θ к прямой DE, представляющей след почвы пласта. В общем случае при наклоне прямой DE к горизонту под углом β, зависящим от расположения забоя (по простиранию, по восстанию, диагонально), действительный угол сдвига равен $\theta-\beta$.

Таким образом, от пласта самонавалкой отделяется некоторая призма обрушения сечением ABC. Необходимо определить минимальный угол сдвига θ, по которому может происходить самонавалка.

Рассмотрим для этого поведение объема угля сечением $ACFD$ (рис. 3), отделяющегося при самонавалке от пласта и давящего на борт конвейера; сдвиг этого объема происходит под тем же углом θ, что и обрушение призмы ABC.

После удаления самонавалкой призмы обрушения, этот объем оказывает на борт конвейера направленное перпендикулярно к нему давление N и на оставшуюся неподвижной часть угля давление P,

перпендикулярное линии сдвига DF. Очевидно, со стороны борта конвейера и угля тело испытывает равные и обратно направленные реакции. Кроме того, на тело сечением $ACFD$ действует его вес G и, наконец, сила трения между телом и остальной массой угля

$$R = fP, \tag{1}$$

где f — коэффициент трения угля по углю.

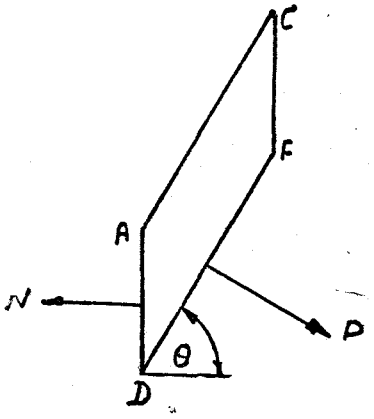


Рис. 3.

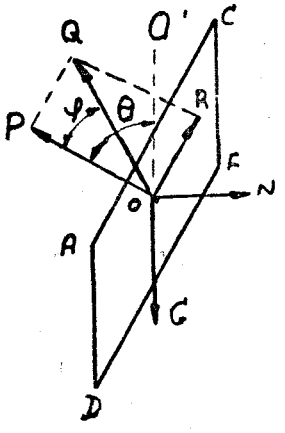


Рис. 4.

Силы P и R дают равнодействующую Q (рис. 4), наклоненную к P под углом POQ, равным углу трения φ, так как по (1)

$$\frac{R}{P} = f = \operatorname{tg}\varphi. \tag{2}$$

После самонавалки силы G, N и Q должны уравновеситься, следовательно, из них можно составить замкнутый треугольник. Пусть стороны треугольника, изображенного на рисунке 5, по величине и направлению представляют эти силы. Так как угол между P и вертикалью OO' есть θ, то Q составляет с этой вертикалью угол $\theta - \varphi$, а поэтому

$$N = G \operatorname{tg}(\theta - \varphi). \tag{3}$$

При принятой длине рассматриваемого участка забоя в 1 м объем V тела $ACFD$ в кубических единицах выразится тем же числом, что и площадь сечения в квадратных единицах:

$$V = AD \cdot DE \cdot 1 = h\frac{H-h}{\operatorname{tg}\theta}. \tag{4}$$

Если γ — объемный вес угля, то

$$G = \gamma h \frac{H-h}{\operatorname{tg}\theta} \tag{5}$$

и, следовательно, по (3), давление на борт конвейера будет:

$$N = \gamma h (H - h) \frac{\operatorname{tg}(\theta - \varphi)}{\operatorname{tg}\theta}. \qquad (6)$$

Для отыскания минимальной величины угла θ, соответствующей наибольшему объему тела обрушения и давлению N, применим к функции (6) методы нахождения максимума и минимума. Приравняв ее производную нулю, получим:

$$\frac{\frac{\operatorname{tg}\varphi}{\cos^2(\theta-\varphi)} - \frac{\operatorname{tg}(\theta-\varphi)}{\cos^2\theta}}{\operatorname{tg}^2\theta} = \frac{1}{2\operatorname{tg}\theta} \cdot \frac{\sin 2\theta - \sin 2(\theta-\varphi)}{\cos^2\theta\cos^2(\theta-\varphi)} = 0, \qquad (7)$$

так как $\cos^2\theta\cos^2(\theta-\varphi) \neq \infty$, то

$$\sin 2\theta - \sin 2(\theta-\varphi) = 0 \text{ или}$$

$$\sin 2\theta = \sin 2(\theta-\varphi). \qquad (8)$$

Оба угла 2θ и $2(\theta-\varphi)$ лежат в пределах первых двух четвертей; следовательно, в виду равенства их синусов они либо равны, либо в сумме дают π.

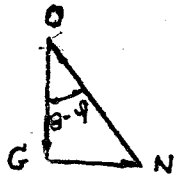


Рис. 5.

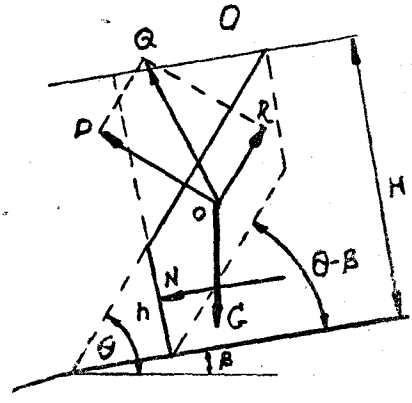


Рис. 6.

Первое предположение привело бы к нелепому выводу, что угол трения $\varphi = 0$. Остается второе:

$$2\theta + 2(\theta - \varphi) = \pi, \qquad (9)$$

откуда

$$\theta = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}. \qquad (10)$$

Найденное минимальное значение θ, как в этом легко убедиться, придаст выражению (6) наибольшую величину.

Для горизонтальной почвы эта величина равна:

$$N_{max} = \gamma h (H-h) \frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} - \varphi\right)}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)} = \gamma h (H-h) \frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)} =$$

$$= \gamma h (H-h) \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) \operatorname{ctg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)$$

или окончательно:

$$N_{max} = \gamma h (H-h) \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right). \qquad (11)$$

В общем виде, для случая наклонной почвы (рис. 6) величина N определится при аналогичных построениях из косоугольного треугольника (рис. 7), в котором известна одна сторона (G) и все углы. При этом, по теореме синусов, вместо уравнения (3) можно написать:

$$N = \frac{G \sin(\theta - \varphi)}{\sin(90 - \theta + \varphi + \beta)} = \frac{G \sin(\theta - \varphi)}{\cos(\theta - \varphi - \beta)}. \qquad (3')$$

Объем тела обрушения длиной в 1 м будет (аналогично уравнению (4):

$$V = h \frac{(H - h)}{\operatorname{tg}(\theta - \beta)}. \qquad (4')$$

Уравнение (6) для общего случая примет вид:

$$N = \gamma h (H - h) \frac{\sin(\theta - \varphi)}{\operatorname{tg}(\theta - \beta) \cos(\theta - \varphi - \beta)}. \qquad (6')$$

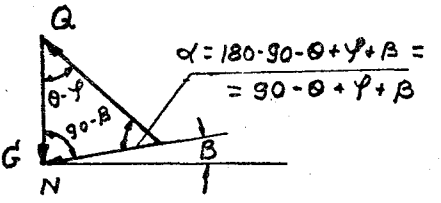


Рис. 7.

Преобразуя это выражение, подставив вместо θ его минимальное значение по формуле (10), найдем:

$$N_{max} = \gamma h (H - h) \frac{\sin\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)}{\operatorname{tg}\left(45 + \frac{\varphi}{2} - \beta\right) \cos\left(45 - \frac{\varphi}{2} - \beta\right)}. \qquad (12)$$

В частном случае, если угол наклона почвы $\beta = 0$, выражение (12) превратится в (11).

Таким образом, нами установлена минимальная теоретическая величина угла сдвига (сползания) угля при самонавалке θ (формула 10), а также величина давления на боковую стенку транспортера при самонавалке N (формулы 11 и 12). Эта последняя величина имеет существенное значение для расчета конструкции транспортера, а также для расчета фронтальных и фланговых навалочных машин.

Обратимся к результатам экспериментальной проверки величины угла сдвига.

Угол сдвига

Величина угла сдвига θ по теоретическим соображениям (формула 10) зависит лишь от величины угла трения φ. Однако конкретная величина угла трения φ, а следовательно, и угла θ в горных условиях отнюдь не является постоянной. Она зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются:

1. Расположение шпуров, величина заряда и определяемые этими обстоятельствами степень и равномерность измельчения угля, а также максимальный размер куска.

2. Физические свойства угля (вязкость, крепость).

3. Ориентировка забоя по залеганию и по кливажу.

4. Система выемки — длина забоя, способ крепления, устойчивость кровли и величина горного давления.

5. Направление вруба (горизонтально, наклонно), высота зарубной щели и полнота очистки ее от штыба.

6. Степень отделения подрубленного угля от пород кровли и от массива.

7. Наличие породных прослоек и включений и т. п.

Аналитически учесть все эти чрезвычайно многообразные и неустойчивые факторы не представляется возможным. Поэтому природа угла сдвига θ должна устанавливаться, как и величина углов трения, экспериментально.

Проведенные автором на шахтах 43-бис, 41 и 21/23 Челябинского бассейна наблюдения за величиной коэффициента сдвига для бурых углей, ниже средней крепости и хорошо разрыхленных, показали, что при чрезвычайно интенсивном разрыхлении угля (двукратный вруб, шпуры через 0,5 м в шахматном порядке, заряд до 400 г), доведении его до крупности не свыше 50—75 мм и отсутствии борта конвейера или любой другой опорной конструкции у груди забоя — величина угла сдвига лишь на 8—10° превосходит величину угла трения.

Таблица 1

Шахта	Мощн. пласта (слоя)	Угол падения	Вруб	Расход ВВ на 1 т, грамм	Максим. крупн. угля	Углы	
						трения φ	сдвига θ
43-бис	1,8	8°	1,6 сдвоен.	320	75	36°	45°
41	1,8	8°	1,8 двукр.	480	60	32°	40°
21/23	1,5	27°	1,6 двукр.	460	55	32°	40°

Однако сорт угля, получаемый при этом (марка БМ), планировался шахтам не свыше 30—35% от всей добычи. Поэтому измельчение угля до указанных размеров, вызывавшее полную ликвидацию выхода угля БК с участка, руководство шахт отказалось производить. Расход взрывчатки был снижен до 160—220 г/т. При этом крупность куска в пласте после взрыва составила в среднем 120—140 мм, а максимальная доходила до 250—300 мм. Величина угла сдвига при этом резко повысилась, так как кроме сил трения, преимущественно действовавших при интенсивном дроблении угля, стали оказывать большое влияние силы зацепления между отдельными кусками, препятствующие сдвигу и ухудшающие условия самонавалки.

Характерными в этом отношении являются результаты применения самоновалки в лавах шахт 4/6, 43-бис, 7/8 и 18-наклонная комбината

„Челябинскуголь". Здесь применялись скребковые конвейеры, установленные у груди забоя, т. е. имелась опорная конструкция.

Таблица 2

Шахта	Мощн. пласта (слоя)	Угол падения	Вруб	Расход ВВ	Максим. крупность угля	Углы	
						трения φ	сдвига θ
4/6	1,7	25°	1,4 сдвоен.	160	200	34°	65°
43-бис	1,6	8°	1,6 сдвоен.	180	250	36°	65°
7/8	1,4	12°	1,4 изогн. бар	220	250	32°	60°
18-н	1,6	26°	без вруба	280	300	32°	60°

Полученные значения θ почти точно соответствуют величине, находимой по формуле 10.

Необходимо указать, что наблюдения проводились без специальной аппаратуры, поэтому величины углов трения и сдвига получены лишь приближенные (с точностью до 3—4°). Физика процесса сдвига угля при производстве взрывных работ является до настоящего времени неизученной и необходима длительная серия экспериментальных наблюдений для различных условий, которая позволит установить шкалу углов и коэффициентов сдвига для типовых случаев, пригодную для практического использования.

Во всяком случае, уже полученные результаты позволяют судить о величине углов сдвига и сделать некоторые выводы, касающиеся теории самонавалки угля.

Прежде всего, угол сдвига всегда больше угла трения на величину, определяемую перечисленными 7 факторами. Чем интенсивнее произведено измельчение и чем больше подрубленный уголь приближается к виду штабеля угля, тем больше приближается величина угла сдвига к углу трения и тем больший объем угля грузится самонавалкой. Далее, чем ниже опорный борт конвейера, тем величина угла сдвига будет меньше, приближаясь к величине угла трения.

Приведенные данные позволяют также считать безусловно пригодными для практического пользования величины углов сдвига и активных усилий, теоретически исчисляемых по формулам 10, 11 и 12.

Объем самонавалки

Рассматривая процесс самонавалки, необходимо аналитически выяснить влияние следующих величин:

1) угол сдвига θ, 2) мощность пласта H, 3) высота борта транспортера h, 4) расстояние от борта транспортера до груди забоя a, 5) глубина вруба A, 6) высота зарубной щели b, 7) угол наклона почвы забоя к горизонту β.

При длине участка самонавалки l метров, объем, занимаемый подрубленным углем до взрывания, равен:

$$Q_1 = l(H-b)A. \tag{13}$$

Объем, занимаемый углем после взрыва, при коэффициенте разрыхления K

$$Q_2 = l(H-b)A\kappa. \tag{14}$$

Увеличение объема материала происходит, очевидно, за счет увеличения площади сечения — по высоте (заполнение зарубной щели) и по ширине (отход угля в предзабойное пространство).

При проведении буровзрывных работ с достаточной интенсивностью и доведении крупности кусков угля до величины, обеспечивающей легкое разделение, навалку и транспортировку кусков,[1] — уголь после взрывания и самонавалки расположится в сечении, как изображено на рис. 8.

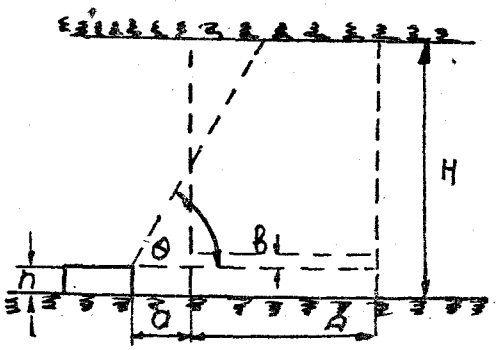


Рис. 8.

Площадь сечения остающегося в забое отбитого угля, очевидно, будет:

$$S = (A+a)h + \frac{2(A+a) - \frac{H-h}{\operatorname{tg}\theta}}{2}(H-h) \tag{15}$$

или после преобразований:

$$S = (A+a)H - \frac{(H-h)^2}{2\operatorname{tg}\theta} \quad м^2, \tag{16}$$

что соответствует объему угля:

$$Q_3 = Sl. \tag{17}$$

Тогда объем угля, погруженного самонавалкой, будет:

$$Q_c = Q_2 - Q_3 = (H-b)Akl - \left[\left(A+a\right)H - \frac{(H-h)^2}{2\operatorname{tg}\theta}\right]l$$

или окончательно:

$$Q_c = \left[(k-1)AH + \frac{(H-h)^2}{2\operatorname{tg}\theta} - kAb - aH\right]l \quad м^3. \tag{18}$$

Для случая установки конвейера непосредственно у груди забоя ($a=0$) формула примет следующий вид:

$$Q_c' = \left[(k-1)AH + \frac{(H-h)^2}{2\operatorname{tg}\theta} - kAb\right]l \quad м^3. \tag{19}$$

---

[1] Исследования Мак НИИ и Союзвзрывпрома показали, что при правильном расположении забоя по кливажу и соответствующем выборе числа, расположения и глубины шпуров, а также величины заряда можно получить любые заданные размеры кусков угля.

Анализ формулы 18 позволяет установить, что количество погружаемого самонавалкой угля будет возрастать: 1) с увеличением мощности пласта, 2) с уменьшением угла сдвига, 3) с уменьшением высоты конвейера, 4) с уменьшением расстояния между забоем и бортом транспортера.

Очевидно также, что объем самонавалки мало изменяется с изменением высоты зарубной щели и практически не зависит от глубины вруба.

Подсчеты по формулам 18 и 19 показывают, что объем угля, погружаемого самонавалкой, в процентах к общему количеству отбиваемого угля (при изменении расстояния конвейера от груди забоя a от 20 см до 0 и высоты конвейера h от 50 до 15 см) для пластов различной мощности колеблется в следующих общих пределах:

Для пластов мощностью $H = 1{,}0$ м — от 15 до 26%
" " " $H = 1{,}5$ м — от 23 до 35%
" " " $H = 2{,}0$ м — от 29 до 41%

Полученные по формулам 18 и19 результаты можно считать вполне достоверными, ибо приведенные цифры неоднократно и в самых различных условиях подтверждались практикой фронтальной самонавалки угля.

Все предшествующие выводы сделаны исходя из условия отсутствия стоек крепления под грудью забоя, при наличии которых вся картина самонавалки была бы совершенно иной. Следовательно, для эффективной самонавалки должны быть разработаны специальные способы крепления очистного забоя, позволяющие избежать установки стоек крепи у забоя и осуществлять монтаж конвейера непосредственно у груди забоя.

Влияние расположения очистного забоя

Рассмотрение полученных нами формул и анализ опыта самонавалки угля в лавах показывают, что при расположении очистного забоя по простиранию угольного пласта и выемке пласта по восстанию эффективность самонавалки окажется значительно более высокой. Однако такое расположение забоев потребует коренного изменения существующих систем разработок и связано с рядом технических трудностей. Поэтому особый интерес представляет *диагональное расположение очистных забоев*. Такое расположение не представляет собой чего-либо необычного; на многих шахтах СССР по различным причинам с успехом применяли диагональную схему отработки участков (например, диагональные забои применялись на шахте „Альберт" в Донбассе, в Копейске и т. п.).

При наклоне почвы забоя в сторону навалки на угол β и при неизменности угла сдвига θ, как это ясно из совместного рассмотрения рисунков 6 и 8, в выражения 15—19 вместо $\operatorname{tg}\theta$ войдет член $\operatorname{tg}(\theta - \beta)$, учитывающий угол наклона плоскости почвы пласта.[1] Тогда формула 18 для общего случая перепишется в виде:

$$Q_c = \left[(k-1)AH + \frac{(H-h)^2}{2\operatorname{tg}(\theta-\beta)} - kAb - aH\right] l \ м^3. \qquad (20)$$

[1] Очевидно, если забой расположен по простиранию, то этот угол равен углу падения пласта α.

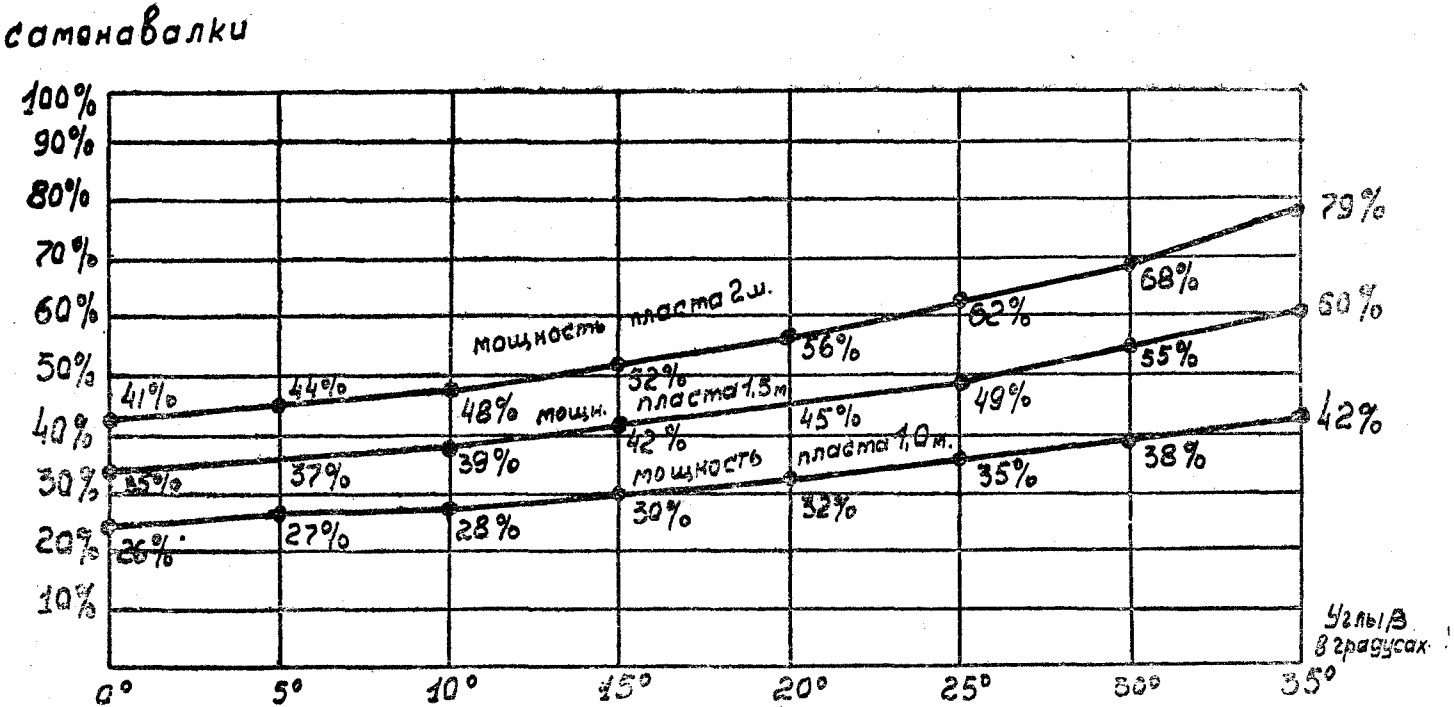


Рис. 9. Объем самонавалки угля (в % к общей производительности забоя) в зависимости от мощности пласта и расположения забоя.

Подсчеты по этой формуле, сведенные нами в диаграмме (рис. 9), показывают, что объем самонавалки при удачном расположении забоя достигает 50 и более процентов к общему вынимаемому объему угля.

Рассмотрение формулы 20 показывает также, что при $\beta = \theta$ величина Q_c превратится в бесконечность, что соответствует случаю „непрерывной" самонавалки (подобное явление имеет место при разработке, например, крутопадающих пластов, где обрушение угля следует немедленно за его отделением от массива).

Конструктивные особенности и расчет транспортеров для самонавалки

Из сказанного выше ясны основные требования, предъявляемые к забойному транспортеру для самонавалки. Они сводятся к следующему:

1. Минимальная высота транспортера.
2. Весьма прочная конструкция рамы и бортов, так как:
   а) борт транспортера работает как подпорная стенка, принимающая давление сползающего угля;
   б) в непосредственной близости от транспортера производятся взрывные работы;
   в) с противоположной забою стороны необходимо иметь высокий прочный борт, препятствующий выбросу кусков угля в выработанное пространство;
   г) для оптимальной организации выемки по раме транспортера должна проходить тяжелая врубовая машина.
3. Высокая производительность транспортера, максимальный коэффициент наполнения и малая чувствительность тягового органа к перегрузкам.

Из существующих типов забойных конвейеров наиболее полно этим требованиям отвечают советские скребковые транспортеры усиленной конструкции (при минимальной общей высоте) — типа СТР-30 и СТП-30, разработанные Гипроуглемашем.

Расчет тягового органа и двигателя скребкового транспортера для самонавалки необходимо производить с учетом удельного давления на 1 погонный метр участка самонавалки, создаваемого весом призмы обрушения q_c. Величина q_c (в соответствии с выражением 20) в общем виде равна:

$$q_c = \left[(k-1)AH + \frac{(H-h)^2}{2\operatorname{tg}(\theta-\beta)} - kAb - aH\right]\gamma, \qquad (21)$$

где γ — удельный вес угля в разрыхленном состоянии.

При общей длине участка самонавалки l и весе погруженного самонавалкой угля $q_c l$ необходимо соблюдать условие:

$$q_c l \leq qL,$$

где q — проектная нагрузка в кг на 1 пог. м. транспортера $\left(q = \frac{U_{час}}{3{,}6\, v_{цепи}}\right)$, определяемая его часовой производительностью, а L — длина транспортера в метрах.

Тогда

$$l \leq \frac{q}{q_c} L \text{ м}. \qquad (22)$$

Последняя формула позволяет установить длину участка самонавалки[1] в соответствии с типом выбранного конвейера. Количество таких участков по длине забоя очевидно:

$$n = \frac{L}{l}, \tag{23}$$

а интервал между взрыванием на участках:

$$t = \frac{q_c\, l}{qv}. \tag{24}$$

Следовательно, полное время выгрузки угля, погруженного самонавалкой, теоретически составит:

$$T = nt = \frac{q_c\, L}{qv} \text{ сек}. \tag{25}$$

Все остальные расчеты сводятся к обычно применяемым методам определения усилий, мощности двигателя и проверки цепей скребковых транспортеров по удельному давлению в шарнирах, на разрыв, на изгиб при прохождении концевых звездочек и т. п.[2]

Подсчеты автора показали, что для тяжелых условий самонавалки в шахтах наиболее рационально применять двухцепные конвейеры. Помимо облегчения работы цепи, более надежного крепления скребков и более плавной работы конвейера, такая система позволит осуществить провод врубовой машины по раме конвейера и надежно защитить цепи от ударов кусков угля при взрывании.

Выводы

До настоящего времени установление эффективности самонавалки угля производилось лишь эмпирически. Изложенный выше метод позволяет теоретически, расчетным путем, установить зависимость эффективности самонавалки от качества подготовки угля (угол θ), расположения забоя (угол β), мощности пласта, высоты и расположения конвейера. Предлагаемый метод позволяет, таким образом, не только заранее, расчетным путем, установить область и рациональные условия применения самонавалки, но и управлять этим процессом.

Приведенные выше данные об эффективности самонавалки позволяют утверждать, что при установке скребковых конвейеров небольшой высоты, значительной прочности, производительности и мощности, а также при надлежащей подготовке угля к самонавалке буровзрывными работами самонавалка является исключительно простым, надежным и эффективным методом повышения производительности труда шахтеров.

Даже при сохранении существующей технологии выемки, без ввода каких-либо новых машин и способов разработки угольных пластов,

---

[1] Необходимо отметить, что эта величина является минимальной. Опыты студента Е. Б. Замятина в лаборатории рудничного транспорта ЛОЛГИ показали, что коэффициент заполнения скребкового транспортера с бортами достигает 8—9 и даже более.

[2] Расчеты изложены в трудах члена-корр. АН СССР проф. А. О. Спиваковского, проф. Н. С. Козьмина, проф. В. И. Геронтьева и др.

правильное применение самонавалки может дать увеличение производительности труда на 30—40%. Еще большие возможности имеет применение фронтальной самонавалки с последующей машинной навалкой оставшегося в забое угля на тот же конвейер специализированными навалочными машинами.

В великом патриотическом деле выполнения плана 4-й послевоенной сталинской пятилетки угольной промышленности в 4 года метод фронтальной самонавалки угля в лавах может и должен сыграть виднейшую роль.

Ленинград, 1947