

Раздел II Транспортные системы основного грузопотока

4 Забойные комплексы и схемы транспортирования угля

Ключевые термины:

1. Забойный, участковый и магистральный транспорт
2. Группирование технологических схем транспорта
3. Развитие технологических схем транспорта
4. Сеть транспортных горных выработок
5. Способы доставки угля в лавах
6. Узлы и характеристики скребковых конвейеров
7. Погрузочные и перегрузочные пункты

4.1 Общие сведения о способах доставки угля в лавах пологих, наклонных и крутых пластов

При подземной разработке угольных месторождений схемы транспортирования угля в очистных забоях **в первую очередь** определяются горно-геологическими условиями залегания и принятой технологией отработки пластов.

На современном этапе развития технологии подземной разработки угольных месторождений основным направлением в развитии систем разработки является применение длинных очистных забоев – комплексно механизированных лав, оборудованных струговыми установками и узкозахватными комбайнами. Однако, в соответствующих горно-геологических условиях, целесообразными могут оказаться также технологические схемы и средства механизации очистных работ в коротких очистных забоях. В этой связи транспортное оборудование очистных забоев выбирается исходя из горно-геологических условий залегания угольных пластов и применяемых систем разработки.

В зависимости от угла падения разрабатываемых угольных пластов, технологии выемки и применяемого транспортного оборудования различают следующие способы перемещения отбитого полезного ископаемого в пределах очистного забоя:

- а) *немеханизированные* – перелопачиванием, проталкиванием по желобам;
- б) *под действием собственной массы* – по очистному пространству, решатакам или желобам;
- в) *механизированные* – скребковыми конвейерами.

Внедрение средств комплексной механизации очистных работ оказало существенное влияние на перспективу совершенствования процессов доставки угля в лавах пологих, наклонных и крутых пластов.

Например, при разработке крутых пластов общую схему грузопотоков определяют система вскрытия запасов горизонтальными этажными квершлагами, способ подготовки и технология выемки, которые предусматривают механизированную погрузку угля из аккумулярующих емкостей - магазинов через люки в составы и локомотивную откатку их к околоствольному двору.

Транспорт на таких шахтах отличается простотой: вдоль забоя уголь перемещается под действием собственного веса по почве, затем загружается в вагонетки и электровозами транспортируется к стволу по горизонтальным откаточному штреку и квершлагоу.

Благодаря накоплению угля в магазинных уступах, углеспускных печах и гезенках вагоны могут подаваться к погрузочному пункту по мере его накопления.

Вспомогательные материалы доставляются к лавам по рельсовым путям, уложенным в горизонтальных вентиляционных выработках.

В соответствии с нормами технологического проектирования в качестве основного вида транспорта угля на выемочных участках (от очистных забоев до основного горизонта) угольных шахт, разрабатывающих пласты пологого падения с углами до 16-18°, принимается конвейерный транспорт, обеспечивающий поточную технологию добычи полезного ископаемого.

Лишь в отдельных случаях при этажной подготовке выемочного поля, большой длине и непрямолинейности горизонтальных транспортных выработок (примерно свыше 1,5-2,0 км), а также в случаях когда электровозный транспорт становится экономически более выгодным по сравнению с конвейерным, на выемочных участках допускается применение комбинированных схем транспорта: электровозной откатки – по горизонтальным выработкам и конвейерного транспорта – по наклонным выработкам.

Таким образом, для транспорта угля от очистного забоя рассматриваются два основных варианта схем: конвейеризированные и комбинированные (электровозно-конвейерные).

В предыдущих разделах отмечалось, что схемы основного грузопотока угольных шахт зарождаются в очистных забоях и, в зависимости от производственных ситуаций, могут видоизменяться в пределах промежуточных штреков и наклонных участковых выработок.

Совокупность транспортных машин и сооружений в пределах очистного забоя угольных шахт образует **забойный транспортный комплекс**, который предназначен для доставки угля от комбайна (струга) до погрузочного пункта лавы. В зависимости от принятой технологической схемы ведения очистных работ забойный транспортный комплекс может включать один или несколько скребковых конвейеров (конвейер лавы, бермы, просека и др.), а также скребковый перегружатель (иногда и дробильная установка), установленный на промежуточном штреке.

4.2 Технология доставки угля в лавах пологих пластов

Основными средствами доставки угля в лавах пологих пластов, оборудованных узкозахватными комбайнами или механизированными комплексами, а также транспортирования его по печам и просекам являются скребковые конвейеры.

Скребковый конвейер – транспортное средство непрерывного действия тяговым органом которого является бесконечная цепь с укрепленными на ней скребками. При движении скребки захватывают транспортируемый материал и перемещают его по желобу в направлении движения цепи.

Располагаются скребковые конвейеры вдоль линии забоя на протяжении всей лавы и, наряду с основным функциональным назначением, служат:

- направляющей рамой для струга или комбайна;
- опорной базой для передвижения секций механизированной крепи;
- основанием, на котором устанавливаются зачистные лемехи и желоба кабелеукладчика.
- основанием для крепления тяговой цепи узкозахватного комбайна.

При узкозахватной выемке угля комбайны располагаются на линейном ставе конвейера и перемещаются по нему, как по направляющей.

За счет секционной конструкции и подвижности в узлах их соединения забойные скребковые конвейеры хорошо адаптируются к изменчивой гипсометрии почвы пласта и допускают изгибы в плоскости пласта.

Характер перемещения материала скребковыми конвейерами зависит от:

- а) - *расположения скребков относительно груза* (частичное, полное погружение)
- б) - *направления транспортирования* (по горизонтали, падению или восстанию пласта);
- в) - *расстояния между скребками*;
- г) - *способа загрузки материала*.

При частичном заполнении желоба или при большом расстоянии между скребками, а также при транспортировании по восстанию (рис. 4.1, в) перед

каждым скребком скопляется некоторое количество насыпного груза (тело волочения), частицы которого не остаются в относительном покое. Задерживаемые трением о стенки и днище желоба частицы выжимаются вверх, материал у скребков выпучивается и частицы его перемещаются по откосу вперед и назад. В результате материал приобретает в продольном сечении перед скребком форму, показанную на рис. 4.1, *а* и *в*, т.е. имеет место «порционное волочение».

Если глубина желоба или высота слоя материала больше высоты скребков (рис. 4.1, *б*), то при соответствующем расстоянии между скребками сопротивление перерезанию слоя сыпучего материала оказывается большим, чем сопротивление перемещению его по желобу, поэтому груз движется по желобу практически сплошным потоком (сплошное волочение).

При транспортировании по горизонтали или по падению пласта можно считать, что шахтные скребковые конвейеры транспортируют груз сплошным потоком.

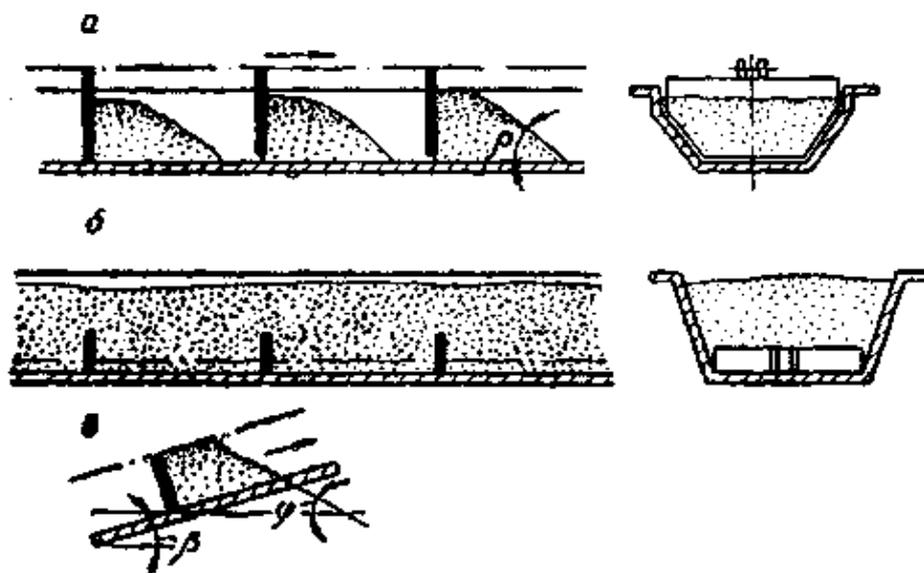


Рис. 4.1 Схемы перемещения материала скребками: а) - прерывное волочение; б) - сплошное волочение; в) - прерывное волочение при подъеме

На пологих пластах, в зависимости от применяемых систем разработки, схемы транспортирования угля в очистных забоях можно объединить **в три группы:**

1. Технологические схемы транспорта в бремсберговых и уклонных полях шахт при применении системы разработки длинными столбами по простиранию с транспортированием угля вдоль забоя скребковыми конвейерами, работающими по схеме «сверху-вниз» (*рис. 2.4*);

2. Технологические схемы транспорта в бремсберговых и уклонных полях шахт при применении системы разработки длинными столбами по восстанию и падению с транспортированием угля скребковыми конвейерами вдоль горизонтального забоя (*рис. 2.5*);

3. Технологические схемы транспорта в бремсберговых и уклонных полях шахт при применении сплошной системы разработки (*рис. 2.7-2.9*).

Наиболее сложными считаются транспортно-технологические схемы при сплошной системе разработки пологих и наклонных пластов.

Возможны два варианта выемки и погрузки угля на конвейер лавы:

- *односторонняя схема выемки* с холостым перегоном комбайна в исходное положение и зачисткой угля, оставшегося на почве пласта при очистной выемке;

- *челноковая схема* с выемкой и погрузкой угля в обоих направлениях.

Выбор варианта определяется типом очистного комбайна, применяемого для выемки угля и количеством непогруженного комбайном угля на конвейер.

По односторонней схеме выемки работают врубовые машины и широкозахватные комбайны (*рис. 4.2*), а также узкозахватные комбайны, в случаях недостаточной погрузочной способности конвейера.

Обязательным условием транспортно-технологической схемы выемки угля врубовыми машинами и широкозахватными комбайнами является наличие в призабойном пространстве лавы **трех дорог**: *машинной, конвейерной и для прохода людей*:

- по первой от забоя дороге (машинной) перемещается комбайн;

- по второй (конвейерной) располагается переносной (разборный) скребковый конвейер;

- по третьей - перемещаются люди.

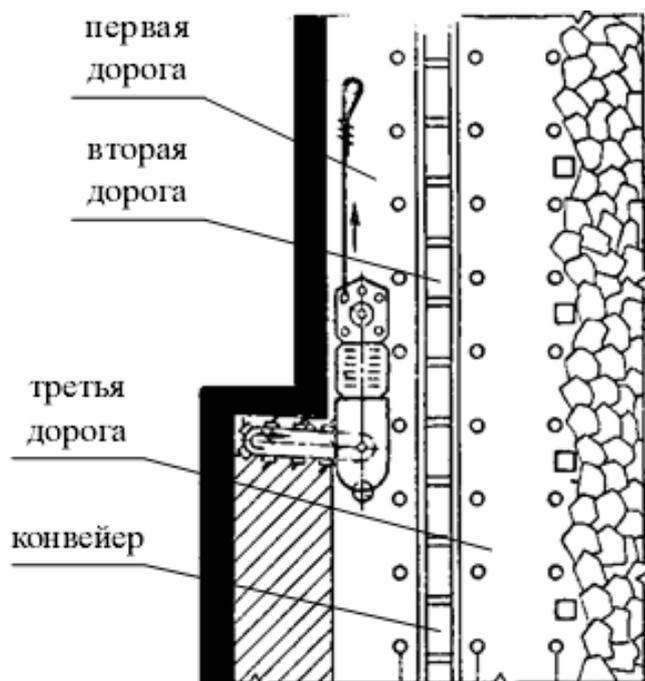


Рис. 4.2. - Технологическая схема транспорта при выемке и погрузке угля широкозахватным комбайном

При узкозахватной выемке угля используются передвижные, изгибающиеся забойные скребковые конвейеры (ЗСК) по линейному ставу которых, как по направляющей, перемещается очистной комбайн.

В комплексно-механизированных очистных забоях ЗСК являются составной частью механизированных очистных комплексов. Они связывают в единую систему очистной комбайн, механизированную крепь лавы и ее коммуникации.

При использовании в лавах комплектов очистного оборудования (узкозахватный комбайн - ЗСК – индивидуальная крепь), в зависимости от типа комбайна и мощности разрабатываемого пласта, применяются следующие варианты компоновки очистного оборудования на раме скребкового конвейера (рис. 4.3).

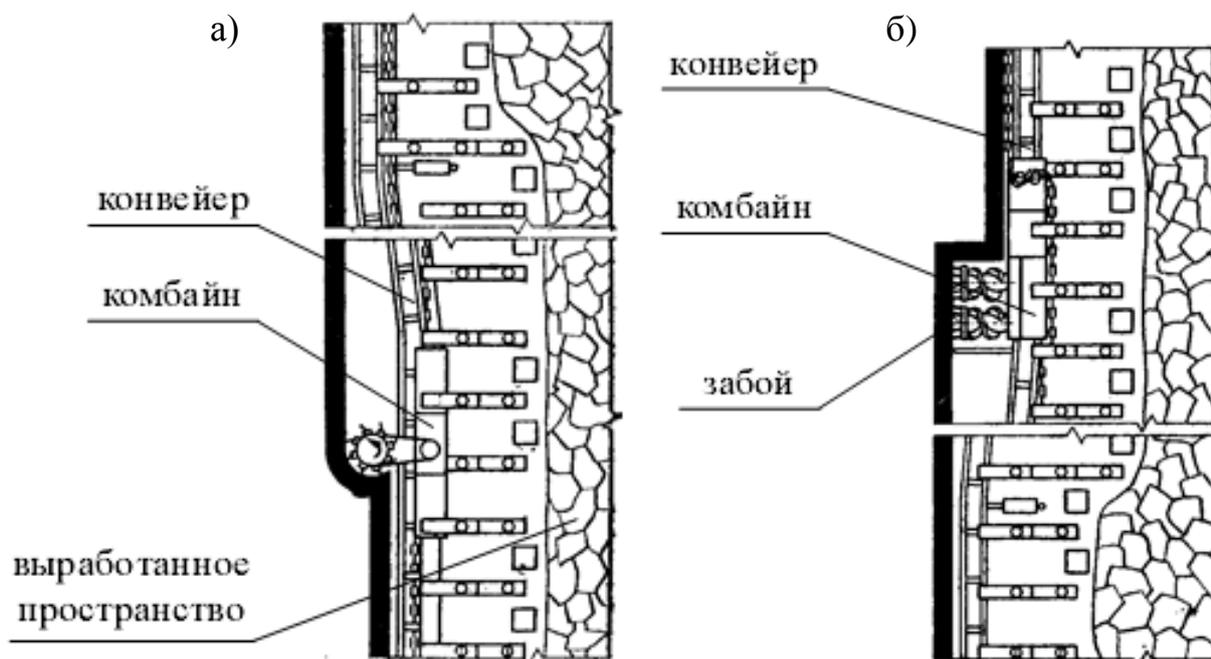


Рис. 4.3. - Варианты компоновки очистного оборудования лавы на раме скребкового конвейера

При мощности пласта $m = 0,6...0,8$ м очистной комбайн перемещается по направляющему желобу, прикрепленному к раме конвейера со стороны выработанного пространства (рис. 4.3,а). При этом корпус комбайна располагается непосредственно на почве пласта.

При мощности пласта $m > 0,8$ м очистной комбайн перемещается по линейному ставу ЗСК, расположенному на первой дороге (рис. 4.3,б).

Погрузочная способность конвейера зависит от высоты конвейера и наличия статических погрузочных устройств.

Конвейер эффективно грузит уголь статическими погрузочными устройствами, если его остается на почве $0,25 - 0,30$ т/м.

$$Q_{\text{неп}} = \left[R * h_{\kappa} + \frac{R^2 * \text{tg} \beta}{2} \right] * \gamma_0 * l$$

где R – ширина захвата комбайна = 0,63;

h_{κ} – высота конвейера = 0,22;

β – угол естественного откоса угля = 45° ;

γ_0 – насыпная масса угля = $1,1 \text{ т/м}^3$; $l = 1 \text{ м}$.

При отработке запасов длинными очистными забоями по простиранию эффективность процесса доставки угля конвейером по лаве зависит от схемы работы выемочной машины (прямой или обратный ход комбайна) относительно направления движения тяговой цепи. Обусловлено это тем, что максимальные минутные грузопотоки из лавы при прямом a'_{\max} и обратном a''_{\max} ходе выемочной машины значительно отличаются.

- при прямом ходе выемочной машины (навстречу движению тяговой цепи забойного конвейера)

$$a'_{\max} = m * b * v_{\max} * \delta_1 * \psi_{\Pi} * \gamma_{\text{ц}}, \text{ Т/МИН}$$

- при обратном ходе выемочной машины (по ходу движения тяговой цепи забойного конвейера)

$$a''_{\max} = m * b * v'_{\max} * \delta_2 * (1 - \psi_{\Pi}) * \gamma_{\text{ц}}, \text{ Т/МИН}$$

где m – вынимаемая мощность пласта, м;

b – ширина захвата исполнительного органа комбайна, м;

v_{\max} – максимальная скорость подачи комбайна при прямом ходе, м/мин;

v'_{\max} – максимальная скорость подачи комбайна при обратном ходе, м/мин;

δ_1 и δ_2 расчетные коэффициенты:

$$\delta_1 = v_{\text{к}} / (v_{\text{к}} + v_{\max})$$

$$\delta_2 = v_{\text{к}} / (v_{\text{к}} - v_{\max})$$

$v_{\text{к}}$ – скорость движения цепи забойного конвейера, м/мин;

ψ_{Π} – коэффициент погрузки, зависящий от схемы работы комбайна:

$\psi_{\Pi} = 1$ - при работе выемочной машины по челноковой схеме;

$\psi_{\Pi} = m_1/m$ - при прямом ходе комбайна, работающего по односторонней схеме;

$\psi_{\Pi} = 1 - m_1/m$ – при обратном ходе комбайна, работающего по односторонней схеме;

m_1 – часть рабочей мощности пласта, вынимаемой при прямом ходе комбайна, работающего по односторонней схеме, м;

$\gamma_{\text{ц}}$ - плотность угля в целике, т/м³

4.3 Основные узлы и характеристики скребковых конвейеров

Скребковые конвейеры применяют для транспортирования угля по подземным выработкам, на поверхности шахт и обогатительных фабрик. Конструкция их зависит от назначения. Принято разделять скребковые конвейеры на подземные и общего назначения (для поверхности шахт, обогатительных и брикетных фабрик).

Принцип действия скребковых конвейеров – перемещение груза волочением по желобу (рис. 4.4) при помощи скребков, прикрепленных к тяговому органу (рис. 4.5), приводимому в движение приводной станцией.

Движущим элементом скребкового конвейера является приводная станция, которая состоит из рамы, на которой расположены один или два приводных блока и приводной вал со звездочками.

Концевая станция служит для натяжения цепи, а в отдельных случаях для расположения дополнительных приводов.

Тяговым органом скребковых конвейеров являются *цепи*:

- *штампованные* разборные (рис. 4.6);
- *круглозвенные* сварные (рис. 4.7).

Цепи работают в тяжелых условиях и подвергаются значительным перегрузкам при заклинивании породы между цепью и звездочками и деформированных скребков.

Особенности цепного зацепления вызывают постоянные динамические нагрузки в цепях.

Более того, циклический характер нагружения цепей вызывает явление усталости металла в опасных сечениях звеньев и вызывает их разрушение. Поэтому *к цепям предъявляются особые требования*.

Обусловленно это тем, что цепь по условию повсеместного растяжения в любой точке должна быть растянута с предварительным усилием

$$F_{n.p.} = 2000 \div 3000 \text{ Н}$$

Разрывное усилие цепей из условий 10 кратного запаса прочности составляет 25000...30000 Н.

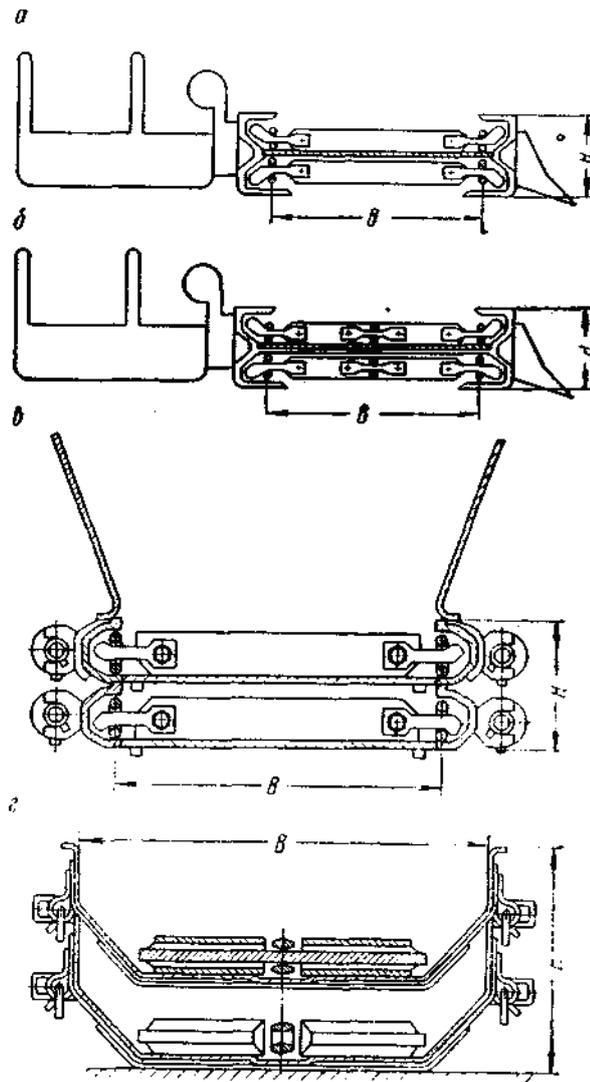


Рис. 4.4. - Сечения рештаков стандартных конвейеров: а) - двухцепной СП; б) - трехцепной СП; в) - двухцепной СР; г) - одноцепной С

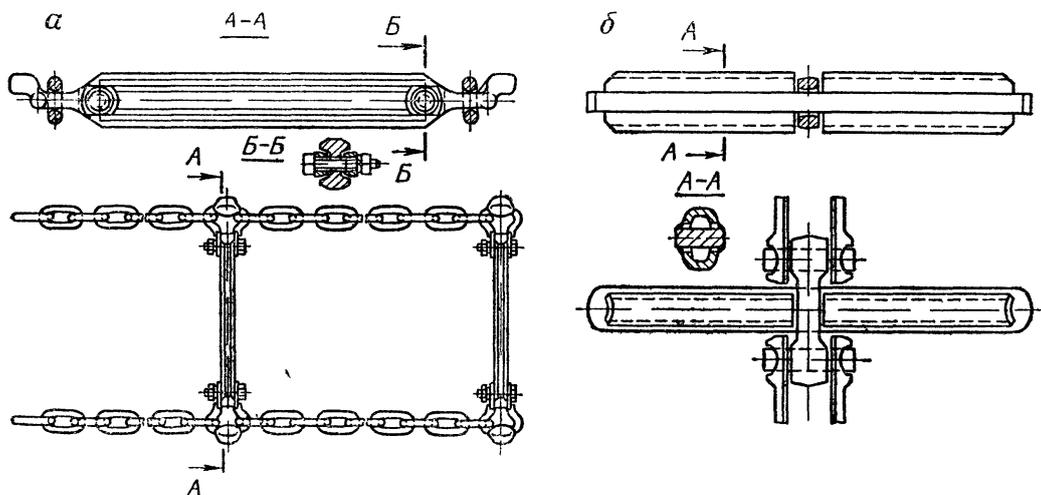


Рис. 4.5. - Крепление скребков к цепям: а) - к сварным; б) - к разборным

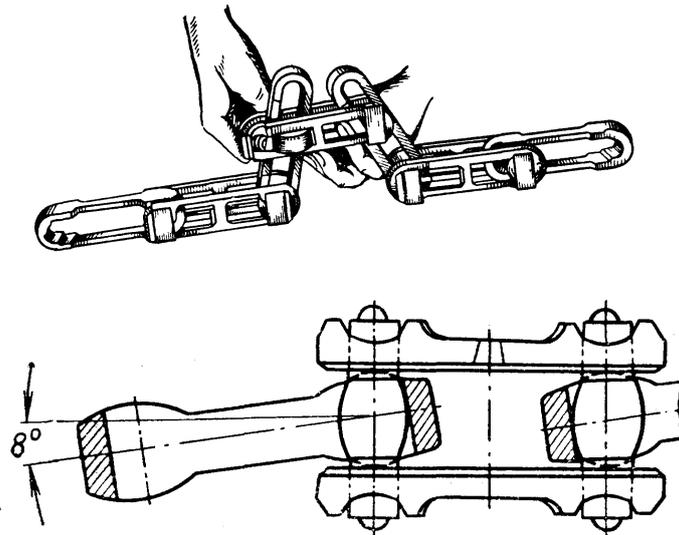


Рис. 4.6. - Цепь штампованная разборная

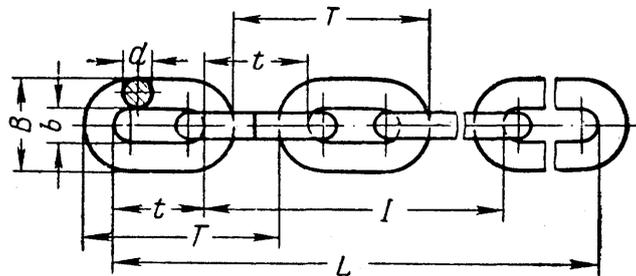


Рис. 4.7. - Сварная круглозвенная цепь

По конструктивным признакам скребковые конвейеры (рис. 4.8) разделяют:

- по количеству цепей в тяговом органе – *одноцепные, двухцепные, трехцепные*;
- по взаимному расположению ветвей – *с вертикально замкнутой цепью, с горизонтально замкнутой цепью*;
- по сопряжению рабочего желоба с тяговым органом – *с направляющими для тягового органа, без направляющих для тягового органа*;
- по способу перемещения в забое – *переносные (разборные) и передвижные (цельнопредвижные и изгибающиеся)*;
- по роду привода – *с электрическим, пневматическим и гидравлическим приводами*;
- по числу приводов – *одноприводные и многоприводные*;

- по назначению – *доставочные*, которые выполняют только транспортные функции; *агрегатные*, предназначенные для работы с определенной выемочной машиной и выполняющие кроме доставки другие функции; *тормозные*, применяемые для спуска угля по наклонным выработкам;

- по характеру движения скребков – *нереверсивные*, *реверсивные*, позволяющие изменять направление движения скребковой цепи.

Передвижные двух- и трехцепные конвейеры в настоящее время во многих случаях являются составной частью механизированных комплексов оборудования с узкозахватной выемкой угля. Они связывают в единую систему механизированную крепь лавы и ее коммуникации.

Переносные (разборные) двухцепные конвейеры применяют в лавах со слабой кровлей.

Одноцепные конвейеры обычно имеют меньшую производительность, мощность и длину, двух- и трехцепные применяются для транспортировки угля в лавах, а также в подготовительных выработках.

Одноцепные конвейеры с цепью, замкнутой в горизонтальной плоскости, отличаются от остальных значительно меньшей высотой става за счет размещения обеих ветвей в одной плоскости; предназначены для тонких пластов мощностью 0,6 – 0,7 м.

По способу перемещения в забое скребковые конвейеры делятся на:

а) Разборные – типа С, СР и СК.

Одноцепные разборные конвейеры типа С и двухцепные типа СР имеют сравнительно легкий решетчатый став и переносятся вручную (применяются при широкозахватной выемке).

Конвейеры типа СК применяют на пластах $m=0,4...0,5$. Конструктивное отличие – рабочая и холостая ветви расположены рядом в одной плоскости.

б) Передвижные изгибающиеся - типа СП.

Применяются в комплектах очистного оборудования с узкозахватными комбайнами, а также в механизированных комплексах. Передвигаются без разборки гидравлическими устройствами.



Рис. 4.8 Классификация средств доставки угля

Подземные конвейеры по назначению делятся на:

- а) *Забойные* (агрегатные), работающие с механизированными крепями ;
- б) *Штрековые* (доставочные) для доставки материалов;
- в) *Для спуска по наклонным выработкам* (тормозные);
- г) *Для подготовительных выработок.*

По заказу шахт конвейеры могут поставляться заводами-изготовителями в нескольких (3х) сборках, т.е. на разную длину. с различным количеством приводных блоков (электродвигатель – муфта - редуктор) и с разными типами навесного оборудования (рис. 4.9):

Сборка №1 - одноприводная станция с 2 приводными блоками;

Сборка №2 - двухприводная станция с 3 приводными блоками;

Сборка №3 - двухприводная станция с 4 приводными блоками

При четырех приводных блоках суммарная мощность электродвигателей конвейера составляет 180-220 кВт в зависимости от мощности каждого из установленных электродвигателей (45 или 55 кВт).

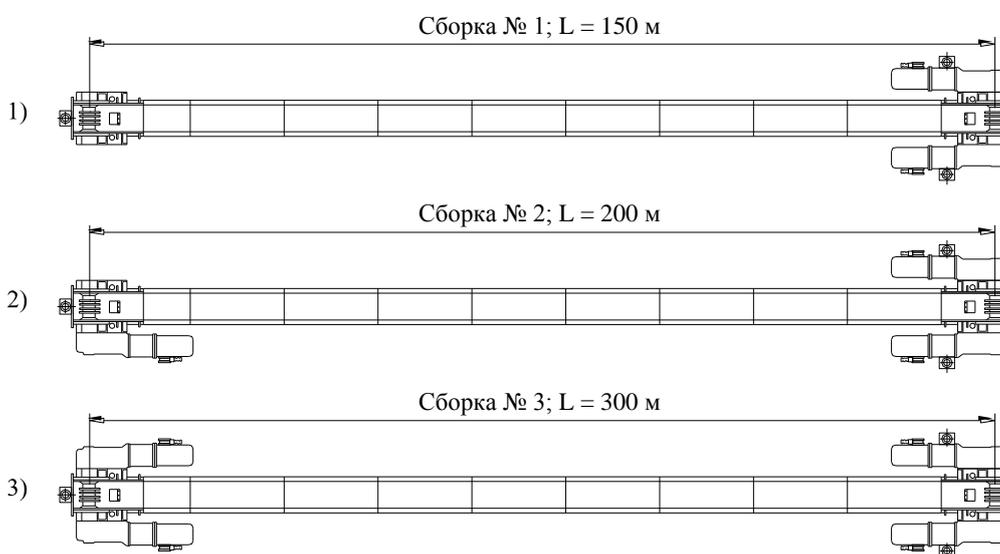


Рис. 4.9. - Конвейерные сборки

Основные характеристики скребковых конвейеров:

- а) *производительность Q , (т/ч);*
- б) *ширина и высота желоба B, H , (мм);*
- в) *скорость движения скребковой цепи $V_{ц}$, (м/с);*
- г) *мощность двигателя N , (кВт).*

Указанные характеристики связаны между собой и обуславливают взаимно друг друга.

Например: скорость цепи, высота и ширина желоба определяют производительность скребкового конвейера.

Для существующих конструкций скребковый конвейер при заданной $V_{ц}$, максимальная производительность конвейера – величина постоянная.

Изменить Q можно уменьшением или увеличением $V_{ц}$, путем замены шестерен в редукторах.

Производительность конвейера должна быть больше максимальной производительности выемочной машины. Если производительность комбайна в соответствии с конкретными условиями уже выбрана, то для конвейера с постоянной производительностью, равной или большей производительности комбайна можно построить график зависимости длины L конвейера от угла наклона выработки β (график применимости) (рис. 4.10).

В таком графике по оси абсцисс откладываются угол падения пласта, а по оси ординат – рабочую длину конвейера.

Выбор конвейера для лавы производится с учетом:

- мощности пласта m ;
- угла наклона пласта α ;
- расстояния L (м) и направления доставки (вверх, вниз);
- типа, производительности и схемы работы выемочной машины;
- способа и средств крепления лавы.

Проверка соответствия выбранного конвейера требованиям эксплуатации заключается в установлении соответствия его производительности Q с максимальной фактической интенсивностью выемки угля в лаве, т.е. с фактическим грузопотоком угля из очистного забоя.

Общими количественными показателями, характеризующими грузопотоки угля, поступающие на конвейерные установки (системы) из очистных забоев, являются значения средних и максимальных грузопотоков.

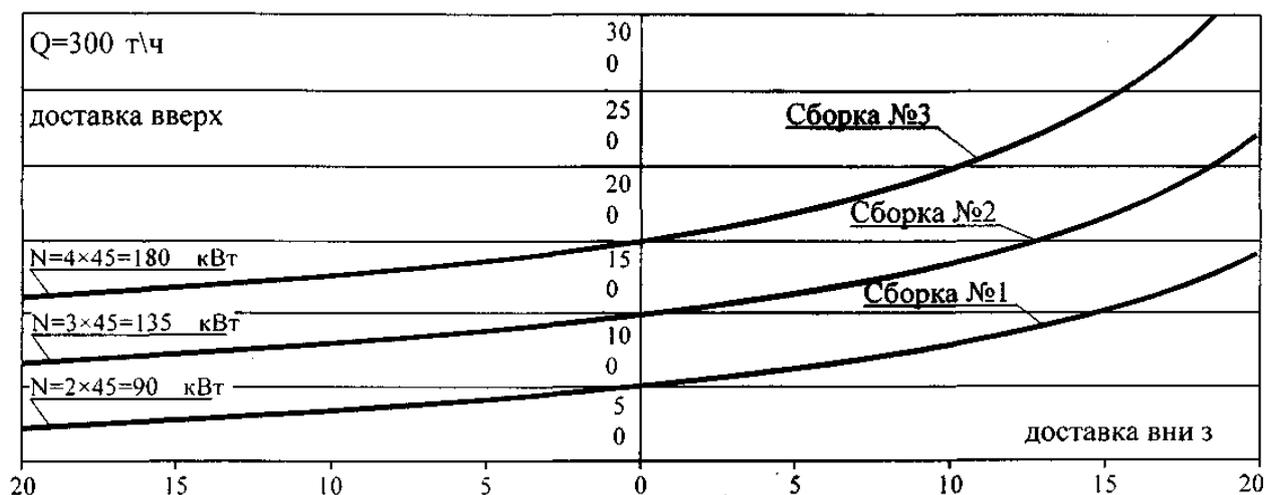


Рис. 4.10 - График применимости

4.4 Проверочные расчеты параметров забойных скребковых конвейеров

Скребковые конвейеры являются основным средством доставки угля и горной массы из очистных и подготовительных забоев шахт, разрабатывающих пологие и наклонные пласты мощностью $m \geq 0,45$ м.

Забойные скребковые конвейеры применяются в шахтах любой категории опасности по газу и пыли и предназначены:

- для транспортирования угля по лавам, подвигающимся по простиранию пластов с углом падения $\alpha \leq 35^\circ$;
- для выемки запасов по падению или восстанию при $\alpha \leq 10^\circ$;
- для доставки угля по просекам и печам.

При транспортировании угля вверх с увеличением угла наклона транспортной выработки производительность конвейера снижается.

При транспортировании угля вниз с увеличением угла наклона применяют специальные "тормозные" типы скребковых конвейеров, ограничивающие скатывание.

В зависимости от технических условий выполняют теоретические и эксплуатационные расчеты скребковых конвейеров.

На стадии принятия проектных решений выполняют теоретические тяговые расчеты, сущность которых сводится к определению:

- *допустимой длины конвейера L в зависимости от угла его наклона β при установленной мощности привода N ;*
- *натяжения тягового органа S в характерных точках контура;*
- *необходимой мощности привода N при заданной L конвейера.*

На стадии эксплуатации конвейеров с учетом реального характера трассы, горно-геологических и горнотехнических факторов довольно часто выполняют эксплуатационные расчеты, сущность которых сводится к приведению в соответствие:

- *установленной мощности энергозатратам ветвей;*
- *определению натяжений ветви;*
- *характера волочения материала и заштыбовки.*

Эксплуатационными параметрами скребковых конвейеров принято считать:

- *скорость движения цепи $V_{ц}$ (м/с);*
- *размеры решетчатого става H и B (мм);*
- *число приводов n .*

В процессе их расчета, определяют:

- *сечение груза S (м²);*
- *мощность привода N (кВт);*
- *прочность тяговых цепей S_p (Н) и др.*

Исходные данные для расчета параметров скребкового конвейера:

- *расчетный грузопоток Q_p , поступающий на скребковый конвейер;*
- *длина конвейера L (м);*
- *средний угол наклона β (градус)*

Применительно к очистному забою *max* расчетный грузопоток, поступающий на конвейер при выемке угля комбайном равен:

$$Q_p^{\max} = 60 m r \gamma V_{п}^{\kappa} \Psi_{п}, \text{ т/ч}$$

где m - вынимаемая мощность пласта, м; r - ширина захвата комбайна, м; γ - плотность угля в массиве, т/м³; $V_{п}^{\kappa}$ - максимально возможная скорость подачи комбайна, м/мин; $\Psi_{п}$ - коэффициент погрузки угля комбайном на конвейер (при челноковой схеме выемки угля $\Psi_{п} = 1$).

Таблица 4.1. - Значения коэффициента погрузки - $\psi_{\text{п}}$

| Угол падения пласта, град. | Значение коэффициента $\psi_{\text{п}}$ в зависимости от вынимаемой мощности пласта m , м | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 2,0 | 2,4 | 2,8 | 3,2 | 3,6 |
| При отработке столбов по простиранию пластов | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,60 | 0,61 | 0,63 | 0,68 | 0,69 | 0,75 | 0,79 | 0,80 | 0,81 | 0,83 |
| 10 | 0,62 | 0,64 | 0,69 | 0,73 | 0,74 | 0,79 | 0,83 | 0,84 | 0,85 | 0,86 |
| 20 | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,79 | 0,80 | 0,84 | 0,86 | 0,87 | 0,88 | 0,89 |
| При отработке столбов по падению пластов | | | | | | | | | | |
| 10 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,59 | 0,61 | 0,68 | 0,72 | 0,73 | 0,75 | 0,78 |
| При отработке столбов по восстанию пластов | | | | | | | | | | |
| 10 | 0,63 | 0,66 | 0,71 | 0,75 | 0,76 | 0,81 | 0,83 | 0,84 | 0,85 | 0,87 |

При разработке бурых углей табличные значения $\psi_{\text{п}}$ увеличивается на 5%.

Связь расчетного грузопотока с основными параметрами конвейера выражается через часовую теоретическую производительность конвейера – количество груза, транспортируемого в единицу времени (т/ч).

Часовая теоретическая производительность конвейера при равномерной загрузке угля $q_{\text{г}}$ и постоянной скорости $V_{\text{ц}}$:

$$Q_{\text{т}} = 3600 q_{\text{г}} V_{\text{ц}} / 1000 = 3,6 q_{\text{г}} V_{\text{ц}}, \text{ т/ч}$$

где $q_{\text{г}}$ – масса угля на 1 м длины конвейера, кг/ м; $V_{\text{ц}}$ - скорость движения тяговой цепи конвейера, м/с.

При движении насыпного груза непрерывным потоком, можно замерить реальную площадь его поперечного сечения S . Тогда масса угля приходящегося на 1 м длины конвейера будет равна:

$$q_{\text{г}} = 1000 S \rho \Psi_0$$

где S – площадь поперечного сечения желоба конвейера, м²; ρ - насыпная плотность материала, т/м³: для угля $\rho = 0,7...0,9$; для антрацита $\rho = 0,95...1,0$; Ψ_0 – коэффициент заполнения желоба (рештака).

С учетом поперечного сечения цепей и скребков и порционного волочения груза для горизонтального конвейера принимается $\Psi_0 = 0,5...0,8$.

При определении производительности конвейера для наклонных очистных забоев учитывается также угол его установки β , тогда.

$$Q_T = 3600 S_{Т.м} \rho \Psi_0 V_0 C, \text{ т/ч}$$

где $S_{Т.м}$ - теоретически возможная площадь поперечного сечения груза на решётке определяется для принятой компоновки конвейера по схеме, приведенной на рис. 3.12, м^2 ;

ρ - насыпная плотность материала, т/м^3 ;

V_0 - относительная скорость движения материала, м/с .

C - коэффициент, учитывающий изменения производительности конвейера в зависимости от угла его установки β (см. табл.4.2).

Таблица 4.2. - Значения коэффициента C , учитывающего изменение производительности конвейера при изменении угла его установки

| β, \dots° | Транспортировка вниз | | 0° | Транспортировка вверх | |
|----------------------|----------------------|------------|-----------|-----------------------|-------------|
| | -10° и более | -5° | | $+10^\circ$ | $+20^\circ$ |
| C | 1,5 | 1,3 | 1 | 0,7 | 0,3 |

В соответствии с РТМ 24076-07 теоретическое сечение потока материала в шахтных конвейерах типа СП определяется по расчетным схемам с углом откоса насыпного груза $\varphi = 30^\circ$ (рис. 4.11).

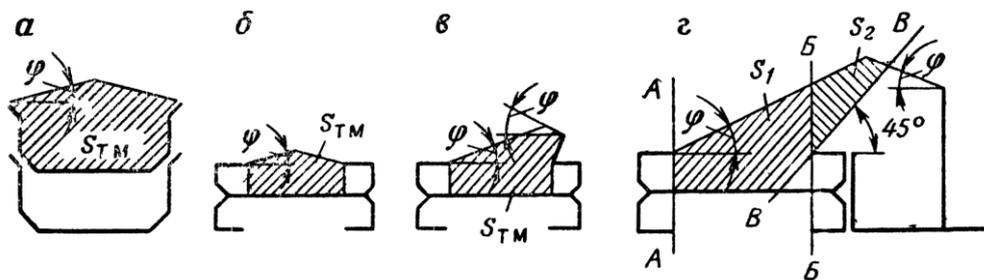


Рис. 4.11. - К определению площади сечения материала на конвейере

Если производительность конвейера Q устанавливается по каталогу (табл. 4.3), то

$$S_{Т.м} = Q / 3600 \times V_0 \rho \Psi_0$$

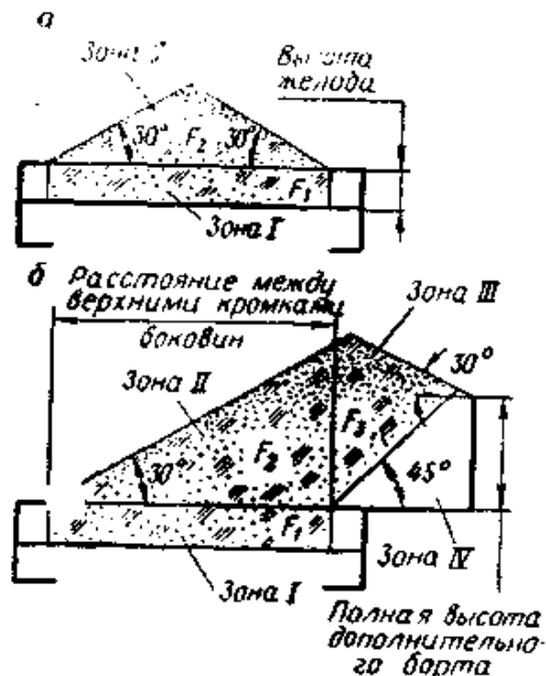


Рис. 4.12 Расчетное сечение материала в желобе двухцепного конвейера:

а) - без бортов; б) - с бортами

При определении необходимой производительности конвейера следует учитывать, что отбор угля от выемочной машины тяговым органом происходит не с номинальной скоростью цепи, указанной в технической характеристике конвейера, а с относительной, которая больше или меньше номинальной и зависит от направления движения комбайна при выемке угля.

Относительная скорость движения V_o материала учитывает скорости движения цепи конвейера V_k и подачи выемочной машины $V_{п}^*$ и равна:

$$V_o = V_k \pm V_{п}^*, \text{ м/с.}$$

Знак (+) относится к случаю, когда движение тяговой цепи конвейера **не совпадает** с направлением движения комбайна,

Знак (-) когда **совпадает**.

Приемную способность конвейера можно не определять, так как в характеристике его приводится максимально возможная производительность.

Однако при определении мощности привода конвейера для очистной выработки производительность конвейера принимают равной 1,1...1,15 максимальной теоретической производительности комбайна

$$Q = (1,1 \dots 1,15) Q_T^{\max}, \text{ Т/ч}$$

При перемещении угля возникают силы сопротивления, обусловленные трением груза о желоб, а также трением цепи и скребков о рештаки.

Величина этих сил зависит от:

- массы рабочего органа и доставляемого материала;
- длины транспортирования;
- угла наклона установки;
- коэффициентов сопротивления движению грузов и цепи.

Для определения силы тяги при перемещении порожняковой и грузовой ветвей скребкового конвейера составляется *расчетная схема* и выполняется *проверочный расчет* эксплуатационных параметров скребкового конвейера, т.е. определяются:

- тяговые расчеты порожняковой F_{1-2} и грузовой F_{3-4} ветвей;
- суммарное тяговое усилие приводного блока $F_{н-с}$;
- установочная мощность двигателя N_p ;
- количество приводных блоков n .

Таблица 4.3. - Основные технические данные забойных конвейеров

| Параметры | Тип конвейера | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|--|
| | СП202 | СП202В1 | СП88 (СП87ПМ) | СП301М | СПЦ261 | СПЦ162 | СПЦ163 | СПМ46 | СП48М | 2СП70М | УСТК | СК38Р |
| Производительность т/ч | 400; 535 | 430 | 360;450;504; 600 | 732; 960 | 480 | 540; 600 | 400 | 120 | 250 | 525; 700 | 300 | 126; 138 |
| Тяговый орган: калибр цепи, мм размещение цепей количество цепей разрывное усиление одной цепи, кН масса 1 м тягового органа со скребками, т/м | 18x64 в направл 2 290 12,8 | 18x64 в направл 2 | 18x64 в направл 2 | 24x86 | 26x92 в центре 1 | 24x86 в центре 2 | 24x86 в центре 2 | 14x50 в направл 2 | 18x64 в направл 2 | 18x64 в направл 2 | 18x64 в направл 2 | 18x64 замк.в гор.плоск 2 430 20,8 |
| Рештачный став: высота со стороны погрузки, мм ширина без навесного оборудования, мм ширина с навесным оборудованием, мм | 190 642 1348 | 190 642 1507 | 215 642 | 285 754 1540 | 225 632 1580 | 170 632 1650 | 170 632 | 192 642 | 183 488 | 210 600 | 190 642 | 104 430 |
| Скорость движения цепи, м/с | 1,12; 1,25 | 1,0; 1,25; 1,4 | 1,0;1,12; 1,25;1,4 | 1,0; 1,34 | 1,0 | 1,0 | 1,12 | 0,8 | 1,12 | 1,02 | 1,12 | 0,62 |
| Мощность эл. двигателя, кВт | 55 | 110 | 110 (55) | 110 | 110 | 110 | 110 | 22 | 55 | 55 | 55 | 22 |
| Число приводных блоков | 3 | 2 | 4x110 | 2-3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2-3 | 2 | 1 |
| Длина конвейера в поставке, м | 150;170 | 170 | 150;170;200 | 120;180 | 175 | 180 | 180 | 170 | 150 | 100;150;200 | 200 | 110;170 |

Проверочный расчет скребкового конвейера

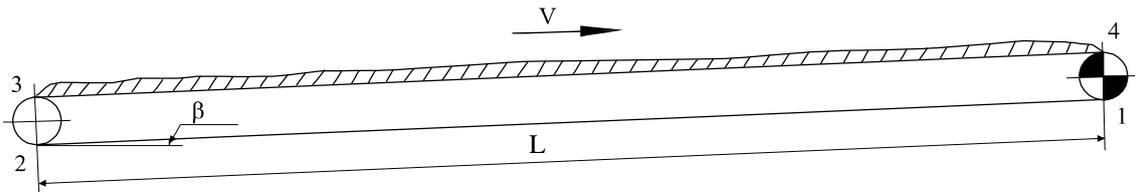


Рис. 1 – Расчетная схема скребкового конвейера

Исходные данные:

- m - мощность пласта, м;
- L - длина лавы, м;
- β - угол падения пласта, град;
- γ - плотность угля в массиве, т/м³;
- A_p - сопротивляемость угля резанию;
- Ψ_{Π} - коэффициент погрузки угля.

Для заданных условий эксплуатации требуется определить:

- мощность двигателя N_p ;
- количество приводных блоков n .

1. По сопротивляемости угля резанию A_p и m принимаем очистной комбайн.

2. Максимальная производительность комбайна.

Применительно к очистному забою max расчетный грузопоток, поступающий на конвейер при выемке угля комбайном равен:

$$Q_p^{\max} = 60 m r \gamma V_{\Pi}^* \Psi_{\Pi}, \text{ т/ч} \quad (1)$$

где m - вынимаемая мощность пласта, м; r - ширина захвата комбайна, м;
 γ - плотность угля в массиве, т/м³; V_{Π}^* - максимально возможная скорость подачи комбайна, м/мин; Ψ_{Π} - коэффициент погрузки угля комбайном на конвейер (при челноковой схеме выемки угля $\Psi_{\Pi} = 1$) (см. табл.4.1).

В остальных случаях, когда конвейер установлен в выработке (штрек, просек, печь) расчетный грузопоток вычисляется по следующей формуле:

$$Q_p = \frac{Q_{cm} k}{t_{cm} k_m} \text{ т/ч} \quad (1')$$

где k - коэффициент неравномерности, $k = 2,0$; k_m - коэффициент машинного времени, $k_m = 0,6 - 0,8$; t - продолжительность смены, ч;

Теоретическая производительность выбираемого конвейера Q_T принимается равной расчетному грузопотоку: $Q_T = Q_p$.

3. Из условия $Q_m > Q_P^{max}$ принимаем скребковый конвейер.

4. Погонная масса груза:

$$q_{zp} = \frac{Q_p}{3,6v}, \text{ кг/м} \quad (2)$$

где v – скорость движения скребковой цепи, м/с;

5. Расчет силы тяги для перемещения ветвей

нижней:

$$F_{nop} = F_{2-1} = q_0 \cdot L \cdot g \cdot (w_0 \cdot \cos \beta \pm \sin \beta), \text{ Н}; \quad (3)$$

верхней:

$$F_{zp} = F_{4-3} = q_0 \cdot L \cdot g \cdot (w_0 \cdot \cos \beta \pm \sin \beta) + q_{zp} \cdot L \cdot g \cdot (w_{zp} \cdot \cos \beta \pm \sin \beta), \text{ Н} \quad (4)$$

где: β – угол установки конвейера, град;

q_0 – погонная масса скребковой цепи, кг/м;

w – коэффициент сопротивления движению ветвей.

Значения коэффициентов сопротивления движению груза $w_{гр}$ и цепи $w_{ц}$ для конкретных типов конвейеров приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4. - Коэффициенты сопротивления движению груза и цепи

| Тип конвейера | $w_{гр}$ | $w_{ц}$ |
|-----------------------------|------------|-------------|
| Одноцепной типа С | 0,35 | 0,25..0,35 |
| Одноцепной типа СК | 0,40 | 0,35...0,40 |
| Двухцепной типа СП | 0,60 | 0,25...0,35 |
| То же при волнистом профиле | 1,0...1,02 | 0,35...0,40 |

Знак (+) относится к случаю, когда движение вверх,

Знак (-) когда вниз.

6. Тяговое усилие на приводных барабанах

Тяговое усилие приводного блока определяется путем построения диаграммы натяжения или расчетным путем.

Суммарное тяговое усилие

$$F_{н-с} = k_n (F_{1-2} + F_{3-4}) \quad (5)$$

где $k_n = 1,1 \div 1,15$ – коэффициент увеличения натяжения цепи на концевой звездочке. При весьма малых значениях ($k_n = 1,01 \div 1,02$), когда натяжение в набегающей на ведомую звездочку и в сбегаящей с нее ветвях можно принять одинаковым, не возможно построить диаграмму натяжения.

$$F_0 = F_{4-1} = F_{2-1} + F_{4-3}, \text{ Н}; \quad (5')$$

5. Минимальное повсеместное растяжение цепи:

$$F_{n.p.min} = 2000 - 3000, \text{ Н} \quad (6)$$

6. Требуемая мощность привода конвейера:

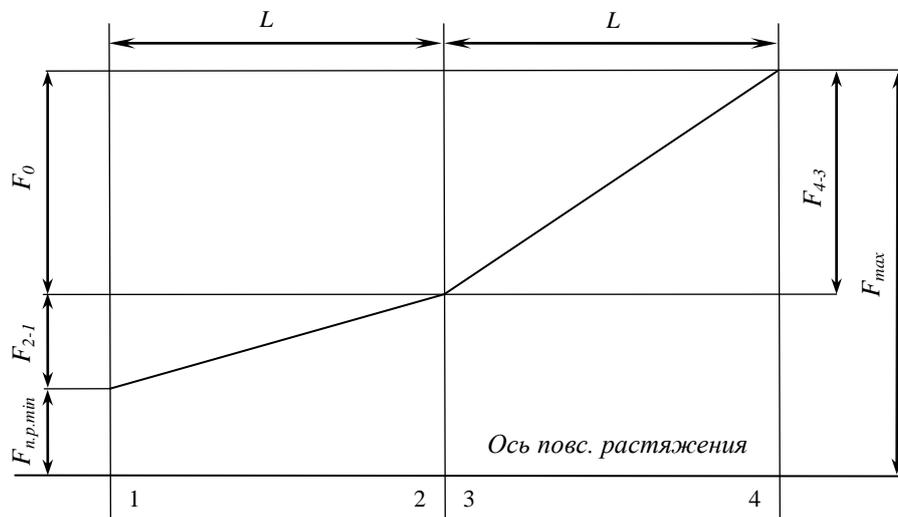
$$N = \frac{F_{n-c} \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт} \quad (\text{тяговый режим}) \quad (7)$$

$$N = \frac{F_{n-c} \cdot v \cdot \eta}{1000}, \text{ кВт} \quad (\text{тормозной режим}) \quad (7')$$

где v – скорость движения скребковой цепи, м/с;

η - коэффициент полезного действия передачи, $\eta = 0,75-0,9$.

6. Диаграмма натяжения цепи:



7. Количество двигателей:

$$n = \frac{N_p}{N_n} \quad (8)$$

Полученное значение округляется, и принимается соответствующее количество двигателей с суммарной мощностью N_n .

Фактически мощность установленных электродвигателей скребковых конвейеров постоянна, но с изменением условий эксплуатации (L_n , α , Q) будет изменяться расстояние, на которое выбранное число электродвигателей может обеспечить транспортирование угля.

Рациональную длину скребковых конвейеров можно выбрать по графикам применимости или расчетным путем.

8. Запас прочности цепей:

$$m = \frac{c_2 F_{разр}}{\frac{1000 N_n \lambda}{\nu} - F_{2-1}} \geq 1,5 \div 2,0 \quad (9)$$

где $F_{разр}$ – разрывное натяжение цепи, Н;

c_2 – коэффициент, учитывающий количество цепей и распределение нагрузки между ними, $c_2 = 1$ – для одной цепи; $c_2 = 1,5$ – для двух разборных цепей; $c_2 = 1,8$ – для двух или трех кольцевых цепей;

λ – кратность момента двигателя или предохранительной муфты, $\lambda = 2$.

Если полученное значение m меньше требуемого, применять конвейер в заданных условиях нельзя.

Характеристика цепи скребкового конвейера^x

| Обозначение цепи | Линейная масса q_o , кг/м | Класс прочности цепи (Кл) | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------|---------------------------|------|------------|----------|----------|-----------|----------|------|
| | | $A_I (70)$ | | $B_I (75)$ | $C (80)$ | | $D (100)$ | | |
| | | Q_{II} | Q | Q_{II} | Q | Q_{II} | Q | Q_{II} | Q |
| в кН (не менее) | | | | | | | | | |
| 14×50-Кл | 4,1 | 170 | 210 | 180 | 230 | 200 | 250 | 230 | 290 |
| 16×64-Кл | 5,2 | 220 | 280 | 240 | 300 | 260 | 320 | 300 | 380 |
| 18×64-Кл | 6,9 | 280 | 350 | 300 | 380 | 330 | 410 | 380 | 480 |
| 18×80-Кл | 6,4 | 280 | 350 | 300 | 380 | 330 | 410 | 380 | 480 |
| 20×80-Кл | 8,2 | 340 | 430 | 370 | 470 | 400 | 500 | 480 | 600 |
| 22×86-Кл | 10,0 | 420 | 530 | 450 | 570 | 490 | 610 | 580 | 720 |
| 24×86-Кл | 13,3 | 500 | 630 | 540 | 680 | 580 | 720 | 690 | 860 |
| 26×92-Кл | 15,5 | 590 | 740 | 640 | 800 | 680 | 850 | 810 | 1000 |
| 28×100-Кл | 18,5 | 680 | 860 | 730 | 920 | 790 | 980 | 930 | 1170 |
| 32×100-Кл | 23,2 | 900 | 1120 | 960 | 1200 | 1020 | 1280 | 1200 | 1530 |

d – диаметр прутка калиброванной цепи, мм;

t – шаг звена, мм;

λ – геометрическая характеристика по зацеплению;

q_o – линейная масса цепи при номинальных геометрических размерах звеньев, кг/м;

$K_{II} = 0,65(Q/d^2)$ – класс прочности цепи (ГОСТ 9445–70);

Q_{II} – пробная нагрузка, кН;

Q – разрушающая нагрузка, кН.

^xСвневич О.В. Транспортні машини та комплекси. 3-є ізд., перероб, та доп. М., «Недра», 1975. 415с.

Характеристика скребковых конвейеров

| Тип скребкового конвейера | Параметры | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------|------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | Производительность, т/мин | Скорость движения цепи, м/с | Длина в поставке, м | Тип цепей | Количество цепей | Мощность электродвигателя, кВт | Количество электродвигателей | Высота рештака, мм | Ширина рештака, мм | Длина рештака, мм |
| СПЦ161 | 5,8; 7,3 | 1,0; 1,25 | 200 | 20x80Д | 1 | 55 | 2 | 192 | 642 | 1350, 1500 |
| СПЦ162 | 7,2 | 1,0 | 180 | 20x80С2 | 2 | 90(110) | 2 | 192 | 642 | 1350, 1500 |
| СПЦ163 | 6,1 | 1,0; 1,1 | 207 | 24x86С | 2 | 110(160) | 2 | 192 | 642 | 1350, 1500 |
| СР72 | 12,0 | 1,12 | 200 | 18x64-С15x2 | 2 | 55 | 4 | 400 | 623 | 1400 |
| СПЦ230 | 21,0 | | 200, 250, 300 | 30x108 | 2 | 85(250) | 2, 3 | 265 | 800 | 1500 |
| СП250.11 | 9,0 | | 200 | 18x64-С15x2 | 2 | 110 | 2 | 190 | 642 | 1900 |
| СП251 | 9,0 | 1,0 | 200, 250 | 24x86Н | 2 | 65(200) | 2 | 190 | 642 | 1350, 1500, 1900 |
| СПЦ261 | 8,0 | 1,0 | 200 | 26 ×92-3 | 2 | 110 | 2 | 228 | 642 | 1900 |
| СПЦ271.38 | 12,0 | 1,0 | 200 | 26x92С2 | 2 | 110 | 2 | 228 | 736 | 1500 |
| СПЦ273 | 12,0 | 1,0 | 200 | 26x92С-249x2 | 2 | 110 | 3 | 228 | 736 | 1500 |
| СП87ПМ СП88 | 7; 8; 9; 10 | 1,0; 1,12; 1,24; 1,38 | 150, 200 | 18x64С-2 | 2 | 110 | 2, 3 | 190 | 642 | 1900 |
| СП202В1 | 8,8; 10 | 1,24; 1,25 | 170, 200 | 18x64С-2 | 2 | 110 | 2 | 190 | 642 | 1500 |
| СП202М | 7,2 | 1,0 | 175, 200 | 18x64С-2 | 2 | 55 | 2, 3 | 190 | 642 | 1500 |
| СП291 | 7,1 | 1,0 | 200 | 18x64С-15x2 | 2 | 110 | 2 | 190 | 642 | 1350 |
| СП301М | 12,5; 13,2; 14,6; 16,4 | 1,0; 1,12; 1,24; 1,38 | 120, 150, 180 | 24x86С2 | 2 | 55(110) | 2; 3; 4 (2; 3) | 245 | 754 | 1500 |
| СПК301 М | 13,3 | | 210 | 24 ×86-С-13 × 2 | 2 | 110 | 2 | 245 | 754 | 1500 |
| СПЦ330 | 25,0 | | 200, 250, 300 | 30x108 | 2 | 85(250) | 2, 3 | 255 | 800 | 1500 |

4.5 Технология транспортирования угля в лавах крутых и крутонаклонных пластов

В зависимости от горно-геологических условий, принятых технических решений и применяемых средств механизации выемка угля на крутых и наклонных пластах осуществляется отбойными молотками, комбайнами и струговыми установками механизированных очистных комплексов. Из очистных забоев отбитый уголь доставляется на участковые средства транспорта **под действием гравитационных сил;**

Транспорт под действием сил тяжести называют гравитационным или **самотечным**. Этот вид транспорта получил широкое распространение на шахтах разрабатывающих крутые (свыше 56°) и крутонаклонные ($35^\circ \dots 55^\circ$) угольные пласты (шахты Центрального и Восточного района Донбасса). В целом по угольным бассейнам стран СНГ примерно 30 % угля транспортируется с использованием установок самотечного транспорта.

В очистных забоях транспортирование груза под действием силы тяжести осуществляется по почве, деревянному настилу, металлическим листам и желобам. В зависимости от условий (угла наклона и вида материала) груз в призабойном пространстве лавы может перемещаться **скольжением, скатыванием** или **свободным падением**. Каждая из этих форм движения оказывает существенное влияние на производительность, срок службы и надежность работы данного транспорта.

Особенностью технологической схемы транспорта в лавах крутых пластов является магазинирование угля – накопление отбитого полезного ископаемого в очистной выработке. Для этой цели в нижней части лавы сооружаются аккумулялирующие емкости - магазинные уступы. Магазины снабжены затворами для порционной погрузки угля в вагонетки.

В лавах со щитовыми агрегатами уголь, отбитый конвейеростругами, транспортируется вдоль забоя до углеспускной печи и под действием силы собственной массы, доставляется на горизонт откатки. Углеспускные печи одновременно служат аккумулялирующей емкостью.

В настоящее время на шахтах, разрабатывающих крутые пласты более 60% угля добывается с применением сплошных систем разработки с потолкоуступным забоем. Очистная выемка угля в лавах с потолкоуступным забоем осуществляется отбойными молотками. Для обеспечения направленного движения отбитого материала выработанное пространство отшивается рештками из досок, прибиваемыми к стойкам деревянной крепи или специальными подвесными (рис. 4.13). Образованная с помощью рештаків перегородка, отделяет также рабочее пространство от выработанного. В соответствии с правилами безопасности минимальное расстояние от угла сопряжения уступов до линии рештаків должно быть 2,5...3,0 м, максимальное 5,0...6,0 м. Переноску рештаків производят в ремонтную смену обычно два горнорабочих. Срок службы рештаків из обполов, прибитых к стойкам 5-7 суток, подвесных рештаків - до 30 суток.

При комбайновой выемке угля в лавах крутых пластов выработанное пространство не отшивают. Прямолинейный забой наклонен к линии падения под углом 5° ... 10° , что обеспечивает надежный контакт комбайна с угольным забоем и направленное скатывание угля в магазинные уступы.

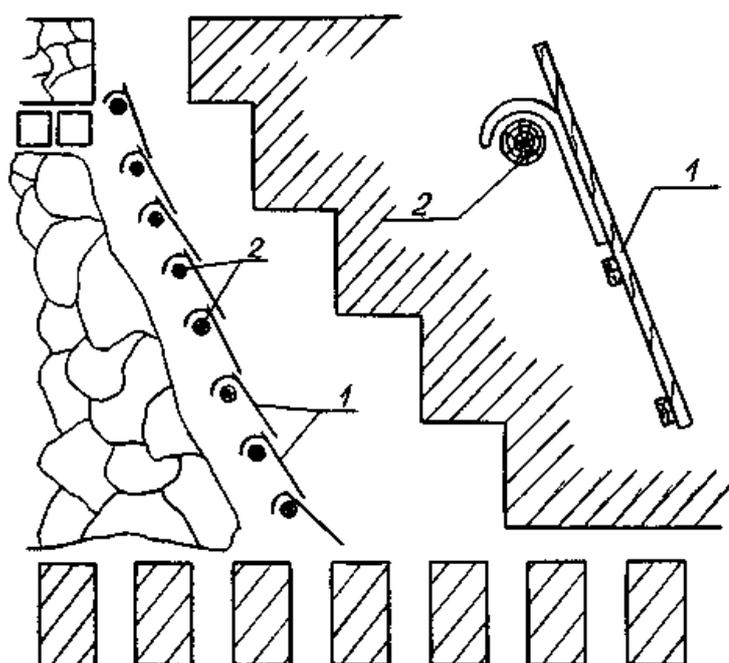


Рис. 4.13. Схема расположения подвесных рештаків в лаве: 1 - рештак;

2 – стойки

При разработке наклонных пластов ($19^\circ \dots 35^\circ$) для обеспечения направленного движения отбитого угля вдоль забоя устраивают настил из стальных рештаков: однобортных, двубортных прямоугольного, трапециевидного или полукруглого сечения (рис. 4.14). При небольших углах наклона применяют эмалированные рештаки. Преимущество эмалированных рештаков по сравнению с обычными стальными: значительно меньший коэффициент трения, рабочая поверхность защищена от коррозии, больший срок службы.

При более высоких значениях угла наклона для уменьшения конечной скорости движения материала применяют рештаки с гасителями скорости в виде подвесных цепей, пластин или выступов в бортах (рис. 4.14, д)

Срок службы рештаков колеблется от 3-х до 12-ти месяцев. Производительность существующих типов рештаков при скорости движения груза до $2,5 \text{ м/с}$ составляет $35 \dots 135 \text{ т/ч}$

Принципиальная схема транспортирования угля в лаве с применением однобортных рештаков приведена на рис. 4.15.

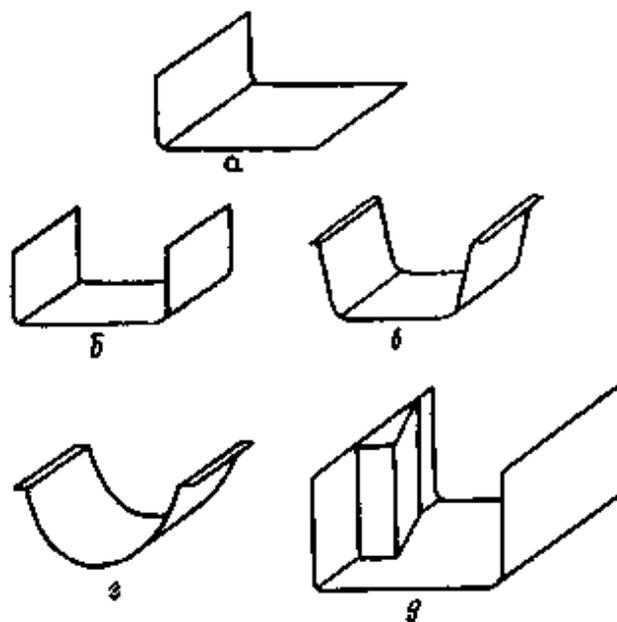


Рис. 4.14 Рештаки для спуска угля в лавах наклонных пластов: однобортный (а); двубортный (б); двубортный трапециевидный (в); полукруглый (г); двубортный с выступами (д)

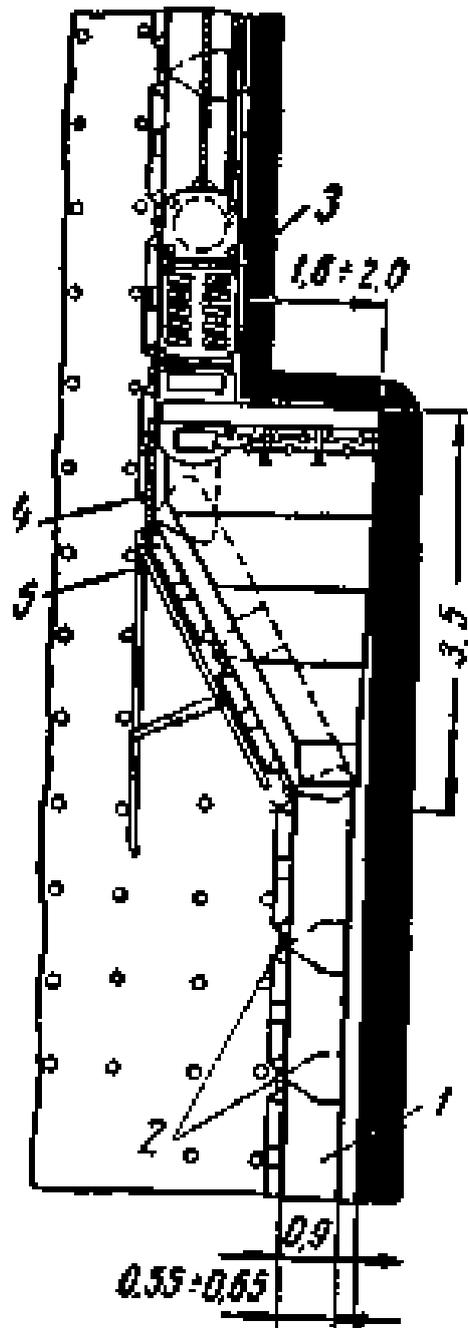


Рис. 4.15 Принципиальная схема расположения оборудования в лаве при применении однобортных листов

Достоинства самотечного транспорта. Установки самотечного транспорта надежны в работе, не требуют подвода энергии извне, имеют небольшие поперечные размеры, отличаются простотой конструкции, высокой производительностью, малой трудоемкостью и незначительной стоимостью эксплуатации.

Недостатки. Сравнительно быстрый износ оборудования, зависимость производительности установки от свойств перемещаемого материала, ограниченная область использования, пылеобразование.

Основы выбора параметров самотечных установок. Выбор средств самотечного транспорта производят с учетом минимальных углов их наклона β_{\min} , коэффициента сопротивления движению груза ω' , достоинств и недостатков тех или иных установок и их экономических показателей.

Теоретически груз на самотечной установке может перемещаться равномерно, с постоянной скоростью при условии, что $\text{tg}\beta = \omega'$. Однако самотечные установки в таких условиях работать не могут - груз на них застревает. Обусловлено это нестабильностью значений коэффициента сопротивления движению ω' , который зависит от изменений состояния поверхности транспортирования и качественных показателей доставляемого материала: кусковатости, влажности, температуры и т.д

Поэтому для нормальной работы самотечных установок угол их наклона всегда принимают больше угла равновесия на $5^\circ \dots 10^\circ$. Минимальные значения β_{\min} приведены в табл.4.5.

Таблица 4.5 Минимально допустимые значения коэффициента сопротивления движению груза и углов наклона самотечных установок

| Условия транспортирования | ω' | $\beta_{\min}, ^\circ$ |
|-------------------------------|--------------|------------------------|
| Уголь по почве пласта | 0,70.. .0,80 | 35. ..38 |
| Уголь по деревянным настилам | 0,60. ..0,70 | 30. ..35 |
| Уголь по стальным листам | 0,30. ..0,50 | 17. ..27 |
| Антрацит по стальным листам | 0,27. ..0,30 | 15. ..17 |
| Уголь по эмалированным листам | 0,21. ..0,25 | 12. ..14 |

Следует отметить, что груз, движущийся равноускоренно, в конечной точке движения может достичь высоких значений скоростей. Если в начальной точке частица груза имела скорость движения v_n , а пройдя расстояние L достигла v_k , то приращение ее кинетической энергии составит.

$$\Delta E = \frac{m \cdot v_k^2}{2} - \frac{m \cdot v_H^2}{2}.$$

Это приращение энергии будет соответствовать работе A , которую совершит действующая на тело движущая сила на пути L :

$$A = (m \cdot g \cdot \sin \beta - \omega' \cdot m \cdot g \cdot \cos \beta) \cdot L = m \cdot g \cdot (\sin \beta - \omega' \cdot \cos \beta) \cdot L$$

Приравнявая выражения (3.1) и (3.2) и решая относительно v получим конечную скорость движения:

$$v_k = \sqrt{v_H^2 + 2 \cdot g (\sin \beta - \omega' \cdot \cos \beta) \cdot L}$$

При высоких значениях скорости движения груза v происходит интенсивное измельчение, возникает опасность разрушения элементов конструкции самотечной установки, возрастает пылеобразование. Предельными значениями v следует считать $v_k = 2,0 \dots 2,5$ м/с.

При перемещении угля по печам, гезенкам, скатам для ограничения скорости применяют винтовые и каскадные спуски, гасители скорости.

Важным вопросом выбора параметров самотечной установки является определение необходимой площади поперечного сечения желоба S_0 при заданной ее производительности Q .

Теоретическая производительность самотечной установки

$$Q_T = 3600 \cdot S_0 \cdot v_{\min} \cdot \rho \cdot \psi_0, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где S_0 - площадь поперечного сечения желоба, м^2 ; v_{\min} - минимальная скорость движения груза, $\text{м}/\text{с}$; ψ_0 - коэффициент заполнения желоба; ρ - плотность насыпного груза, $\text{т}/\text{м}^3$

Площадь поперечного сечения желоба прямоугольного типа определяется его шириной и высотой бортов, а круглого - внутренним диаметром трубы. Эти параметры проверяют по размерам транспортируемого груза. Минимальные значения ширины желоба и высоты его бортов должны быть соответственно в 2,5...8 и 1,5...6 раз больше максимальной величины кусков перемещаемого материала.

Для закрытых желобов (труб) коэффициент их заполнения принимается равным $\psi_0 = 0,3 \dots 0,5$; для открытых $\psi_0 = 0,5 \dots 0,6$, а для отверстий люков $\psi_0 = 0,6 \dots 0,7$.

В расчетах производительности установок обычно принимают $v = v_{\min}$

Пример: Выбрать самотечный транспорт в очистном забое

Исходные данные:

$$Q = 60 \text{ т/ч}; L = 100 \text{ м}; \beta = 70^\circ; S_0 = 0,25 \text{ м}^2;$$

$$\rho = 1,0 \text{ т/м}^3; v_{\text{н}} = 0,06 \text{ м/с}; \omega' = 0,9; \psi_0 = 1,0$$

Анализ условий применения самотечного транспорта

Основное условие применения самотечного транспорта $\text{tg}\beta > \omega'$.

Так как $\text{tg}70^\circ > 0,9$, то возможно применение самотечного транспорта, который прост по конструкции, не требует механических устройств, имеет большой срок службы и характеризуется малыми трудовыми затратами.

Расчет параметров самотечного транспорта

Для заданных условий конечная скорость движения груза

$$v_{\text{к}} = \sqrt{v_{\text{н}}^2 + 2g(\sin\beta - \omega' \cdot \cos\beta) \cdot L} = \sqrt{0,06^2 + 2 \cdot 9,81(\sin 70^\circ - 0,9 \cdot \cos 70^\circ) \cdot 100} = 35 \text{ м/с}.$$

Так как конечная скорость движения груза $v_{\text{н}} = 35 \text{ м/с}$, что значительно больше предельно допустимых ее значений $2,5 \text{ м/с}$, то необходимо принять меры по снижению скорости движения груза.

В конкретных условиях это достигается: уменьшением L или β , увеличением ω' или применением гасителей скорости.

Техническая производительность самотечного транспорта

$$Q_{\text{т}} = 3600 * S_0 * v_{\min} * \rho * \psi_0 = 3600 * 0,25 * 0,06 * 1,0 * 1,0 = 72 \text{ т/ч},$$

$$Q_{\text{т}} = 72 \text{ т/ч} > Q = 60 \text{ т/ч}.$$

Установка обеспечивает выдачу необходимого грузопотока.