РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ ОБОРУДОВАНИЯ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЙ НА КАРЬЕРАХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Свердловск
1981

gost.e-ecolog.ru

Министерство черной металлургии СССР
Институт горного дела

УДК 622.271:621.867.2

УТВЕРЖДАЮ:
Зам.начальника
"Черметпроекта"
В.В.Филатов

УТВЕРЖДАЮ:
Зам.начальника управления
горного производства
А.И.Сухорученко
12.08.1980 г.

Р У К О В О Д С Т В О
по выбору оборудования конвейерных линий на карьерах черной металлургии

СОГЛАСОВАНО:
Директор института
Гипроруда
С.Я.Арсеньев

СОГЛАСОВАНО:
Директор Института
горного дела
М.В.Васильев

Свердловск, 1981

Руководство составили сотрудники Института горного дела Минчермета СССР Волотковский В.С. – зав.лабораторией конвейерного транспорта, канд.техн.наук, Кармаев Г.Д. – ст.научн.сотрудник лаборатории конвейерного транспорта, канд.техн.наук ; института Гипроруда Линев В.П. – зам.главного инженера института и института Кжгипроруда Станиславский Л.Я. – зав.отделом технологических исследований и научной организации труда, канд. техн.наук.

I. ВВЕДЕНИЕ

В связи с переводом ряда карьеров Минчермета СССР на циклично-поточную технологию в перспективе конвейерным транспортом в комбинации с другими видами (автомобильным и железнодорожным) на карьерах черной металлургии будет транспортироваться около 25% горной массы. В ближайшее время для перемещения горной массы наряду с ленточными найдут применение другие типы конвейеров, первые образцы которых прошли опытно-промышленную проверку и дали обнадеживающие результаты.

Обычно эффективность использования различных типов конвейеров оценивалась на каких-либо примерах с небольшим диапазоном изменения исходных данных. При определении параметров оборудования не учитывалась надежность работы конвейерных линий, недостаточно точно учитывали неравномерность грузопотока, а при определении затрат сроки службы отдельных элементов конвейеров. Это не позволяло с достаточной достоверностью оценить эффективность использования того или иного типа конвейеров в тех или иных условиях эксплуатации, было невозможно составить четкое представление о целесообразных областях применения различных конвейеров, принять их оптимальные параметры конвейеров. Принятие оптимальных решений также сдерживается рядом факторов: ограниченным количеством типоразмеров конвейеров по ширине и скорости движения ленты, мощности приводов, отсутствием высокопрочных конвейерных лент, обеспечивающих прокладку конвейеров в линии с минимальным числом ставов. Кроме этого, нет научно обоснованной методики выбора оптимальных параметров конвейерного оборудования, учитывающая ряд важных в эксплуатационном отношении факторов, упомянутых ранее.

Учитывая изложенное, в Институте горного дела Минчермета СССР с участием институтов Гипроруда и Южгипроруда разработана методика выбора оптимальных параметров оборудования конвейерных линий, в основу которой положены расчетные формулы, технические параметры, стоимостные показатели и данные промышленной эксплуатации конвейерного оборудования на отечественных и зарубежных карьерах.

Предложенные в экономико-математических моделях формулы для определения параметров конвейеров и затрат на оборудование в соответ-

ствии с массой и стоимостью отдельных элементов проверены сравнением проектных и расчетных показателей. Сравнение проектных и расчетных затрат на отдельные элементы при одинаковых параметрах конвейеров показало хорошую сходимость результатов. Относительная ошибка в затратах на отдельные элементы не превышает 7%, а на конвейеры в целом составляет всего лишь 3,2%, что свидетельствует о достаточной точности предложенных зависимостей.

2. МЕТОДИКА ВЫБОРА ВИДА ОБОРУДОВАНИЯ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЙ

Основные положения при выборе оборудования

Критерием эффективности применения того или иного вида оборудования служат удельные приведенные затраты на транспортирование горной массы конвейерными линиями.

$$S = \frac{Э}{Q} + \frac{E K}{Q_г},$$

где S – удельные приведенные затраты, руб/т ;

$Э$ – годовые эксплуатационные расходы, тыс.руб. ;

E – коэффициент народнохозяйственной эффективности ;

K – капитальные затраты на оборудование, тыс.руб. ;

Q – годовая производительность, тыс.т.

Расчет приведенных затрат осуществляется по экономико-математическим моделям, составленным в соответствии с разработанной методикой. Отличительной особенностью методики является учет: надежности работы конвейеров и перегрузочных пунктов ; неравномерности поступающего на конвейерные линии грузопотока ; сроков службы наиболее быстроизнашивающегося конвейерного оборудования в зависимости от условий эксплуатации и параметров установок ; выбор оптимальных параметров оборудования производится при обязательном выполнении заданного объема перевозок независимо от уровня надежности и влияния других факторов на работу конвейерных линий.

К основным показателя надежности конвейеров или конвейерных систем относятся: T – наработка на отказ ; $P(t)$ – вероятность безотказной работы в течение требуемого периода времени t ; $T_в$ – время восстановления ; $K_г$ – коэффициент готовности.

Оценка надежности работы системы оборудования может быть произведена с использованием различных показателей надежности.

Надежность можно оценивать с использованием коэффициента аварийности $\varkappa = \lambda/\mu$, где λ – интенсивность возникновения отказов, μ – интенсивность восстановления. Задача сводится к составлению

и исследованию дифференциальных уравнений, описывающих вероятности пребывания системы в работоспособном и аварийном состояниях. После решения дифференциальных уравнений вероятность работоспособного состояния для системы с последовательным соединением оборудования определяется по выражению

$$p = \frac{1}{1+\varkappa},$$

где $\varkappa$ – коэффициент аварийности всей системы оборудования. Подставив значение $\varkappa$ в формулу, после преобразований получили $p = \frac{\mu}{\lambda+\mu} = K_г$ (коэффициент готовности). Практически оценка надежности данным методом может быть сведена к более простому методу с использованием коэффициента готовности.

Надежность работы дробильно-конвейерного комплекса можно оценить методом статистического моделирования с использованием показателей безотказности и ремонтопригодности: время безотказной работы, продолжительность календарного времени между планово-предупредительными ремонтами, время восстановления аварийных отказов, продолжительность планово-предупредительных ремонтов. Определение продолжительности простоев конвейеров и дробилок производится в предположении, что оборудование находится в состоянии нормальной эксплуатации и показатели ремонтопригодности и безотказности в течение рассматриваемого периода эксплуатации не меняются. При этом предполагается, что продолжительность аварийных ремонтов, а также продолжительность и периодичность планово-предупредительных ремонтов постоянны. Поскольку на карьерах, использующих конвейерный транспорт, продолжительность и особенно периодичность проведения планово-предупредительных ремонтов изменяются и не соответствуют плановым графикам, то этот метод может не дать желаемой точности результатов. Кроме того, оценка надежности описанным методом требует разработки специального алгоритма и использования ЭВМ, что в некоторой степени усложняет расчеты.

При прогнозной оценке аварийные простои системы оборудования с достаточной точностью и простотой можно учитывать посредством коэффициента готовности, а продолжительность планово-предупредительных ремонтов ее средней величиной на основании данных по эксплуатации оборудования.

Коэффициент готовности одного элемента определяется по выражению

$$K_г = \frac{T}{T+T_в}.$$

Коэффициент готовности системы $K_{гс}$, состоящей из n последовательно соединенных восстанавливаемых элементов с интенсивностями от-

казов λ и восстановления μ, при экспоненциальном распределении определяется по выражению

$$K_{гс} = (1 + \sum_{1}^{n} \gamma)^{-1}.$$

С учетом, что отношение $\gamma = \lambda/\mu$ и коэффициент готовности j-го элемента

$$K_г = \frac{\mu}{\lambda + \mu},$$

после преобразования получим

$$K_{гс} = \frac{1}{1 + \sum_{1}^{n} \frac{1 - K_г}{K_г}}. \qquad (2.1)$$

В предположении, что отказы элементов являются событиями независимыми, а система состоит из однотипных элементов, коэффициент готовности системы проще вычислить как произведение коэффициентов готовности составляющих ее элементов:

$$K_{гс} = (1 + \gamma)^{-n} = K_г^n. \qquad (2.2)$$

Коэффициент готовности ленточного конвейера практически не зависит от длины, а наработка на отказ и время восстановления в большинстве случаев имеют экспоненциальное распределение. Поэтому коэффициент готовности однолинейной конвейерной системы можно определить по выражению (2.2), при этом отличие результатов, получаемых по выражениям (2.1) и (2.2) не превышает 5–10%.

Точное определение коэффициента готовности резервированных (дублированных) восстанавливаемых систем определится по выражению

$$K_{гс} = \frac{1}{1 + \gamma_с}, \text{ где } \gamma_с = \frac{\gamma^2}{2(1 + \gamma)}.$$

С достаточной степенью точности (ошибка не превышает 5–10%) коэффициент готовности дублированных конвейерных линий можно оценить по формуле для резервированных систем с отсутствием восстановления

$$K_{гс} = 1 - (1 - K_{гл})^{m+1},$$

где $K_{гл}$ – коэффициент готовности одной линии конвейеров;

m – число резервных линий.

Учитывая, что линия конвейеров составлена из n последовательно соединенных конвейеров, формула примет вид

$$K_{гс} = 1 - (1 - K_г^n)^{m+1}. \qquad (2.3)$$

При этом предполагается, что каждый конвейер в линии имеет одинаковую готовность.

Учет надежности оборудования предопределяет повышение его часовой производительности, т.е. заведомое его резервирование при запланированном времени работы для безусловного выполнения годовой

производственной программы. В однолинейных конвейерных системах, которые наиболее широко применяются на протяженных трассах открытых разработок, учет надежности оборудования вызывает увеличение ширины ленты в тем большей степени, чем выше число последовательно соединенных конвейеров в линии. При заданном годовом объеме перевозок $Q_г$ необходимая часовая производительность конвейерной системы определяется по выражению

$$Q_н = \frac{Q_г}{T K_{гс}},$$

где T – годовое планируемое время работы конвейерной системы, ч.

Планируемое время работы T, включающее время аварийных остановок, определяется по выражению

$$T = T_г - T_в - T_{ппр} - T_{техн} - T_{орг},$$

где $T_г$ – годовой фонд времени, ч;

$T_в$ – время выходных и праздничных дней, ч.

При прерывной рабочей неделе $T_в$ = 1440 ч, $T_{ппр}$ и $T_{техн}$ – время, затраченное на проведение планово-предупредительных ремонтов и технологические простои конвейерных линий. На основании опыта работы конвейерных линий на отечественных и зарубежных предприятиях $T_{ппр}$ и $T_{техн}$ могут быть приняты по 5–10% от годового фонда времени. $T_{орг}$ – время простоев по организационным причинам. Время простоев по организационным причинам при автомобильно-конвейерном транспорте в значительной степени определяется продолжительностью пересменок водителей автосамосвалов. При одновременной пересменке всех водителей простои конвейерной линии по этой причине могут достигать 900 ч в год. Более четкая организация работы автотранспорта, обслуживающего конвейерную линию (пересменка водителей по скользящему графику, сокращение непроизводительных пробегов автомобилей и т.д.) позволяет сократить простои конвейерной линии на 400–500 ч. В этом случае простои по организационным причинам в расчетах можно принимать около 5% годового фонда времени. Исходя из этого, планируемое время работы, включающее время аварийных остановок, для стационарных конвейерных линий составит около 7000 ч при непрерывной рабочей неделе и 5600 – при работе с одним выходным днем в неделю. Если в конвейерной линии имеются передвижные конвейеры, то планируемое время работы сокращается соответственно до 6500 и 5100 ч.

Учитывая надежность, в некоторых случаях целесообразно применять оборудование, которое без учета надежности было бы неэкономичным. Например, использование на наклонных трассах конвейеров с

более широкой лентой, чем требуется по производительности, увеличивает затраты на приобретение конвейеров. Однако при этом уменьшается число последовательно соединенных ставов, что повышает надежность работы линии и срок службы конвейерной ленты. Без учета надежности использование в перегрузочных узлах приводных устройств (виброгрохотов, вибропитателей, ленточных питателей), повышающих срок службы ленты в связи с уменьшением высоты свободного падения горной массы на ленту, не вызывает сомнения. Однако приводные устройства снижают надежность конвейерной системы за счет возрастания числа последовательно соединенных механизмов, так как выход из строя любого из них вызывает остановку всей системы. С учетом надежности при нескольких последовательно соединенных конвейерах выгоднее использовать в перегрузочных узлах обычные течки, хотя срок службы ленты при них меньше. Значения коэффициентов готовности оборудования на основании данных промышленной эксплуатации рекомендуется принимать следующими:

Оборудование	Коэффициент готовности
Конвейеры ленточные, ленточно-канатные, ленточно-колесные, транспортирующие скальные породы и руды	0,96–0,97
Те же конвейеры, транспортирующие рыхлые вскрышные породы, склонные к значительному налипанию и намерзанию со скальными включениями	0,90–0,92
Узел перегрузки, оборудованный:	
неприводным направляющим устройством	0,994–0,996
приводным вибропитателем	0,96
Пункт загрузки:	
с конусной дробилкой	0,95–0,96
с роторной дробилкой	0,92

Коэффициент готовности многоприводных с промежуточными фрикционными приводами конвейеров определяется произведением коэффициентов готовности приводов в зависимости от их количества и линейного става.

Неравномерность грузопотока, поступающего на конвейерную линию, учитывается коэффициентом неравномерности, который принимается различным при расчете ширины ленты, прочности ленты и мощности двига-

телей приводных устройств. Ширина ленты рассчитывается с учетом максимального коэффициента неравномерности, т.е. пикового значения грузопотока. Прочность ленты и мощность двигателей привода определяется с учетом неравномерности, измеренной за период равный времени движения груза по длине конвейера. В схемах с автомобильно-конвейерным транспортом неравномерность грузопотока зависит от оборудования, применяемого для загрузки конвейерной линии в загрузочных пунктах. Численные значения коэффициентов неравномерности получены экспериментальным путем. Для условий загрузки пластинчатым питателем горной массы, продробленной в конусной дробилке, коэффициент неравномерности для расчета ширины ленты рекомендуется принимать $K_м$ = I,4 (среднее значение), а для расчета необходимой прочности ленты и мощности привода K = I,2 ÷ I,3.

При расчете затрат на транспортирование горной массы конвейерными линиями необходимо учитывать сроки службы конвейерных лент, роликов верхней и нижней ветвей у обычных ленточных, многоприводных и ленточно-колесных конвейеров, конвейерной ленты и тяговых канатов у ленточно-канатных конвейеров, так как долговечность этих элементов существенно ниже срока амортизации конвейеров в целом.

Сроки службы оборудования рекомендуется принимать следующими: роликов верхней ветви 4,8 года, роликов нижней ветви 2,5 года, тяговых канатов ленточно-канатных конвейеров 7500 ч, конвейерных лент определять в зависимости от условий работы и параметров конвейерных установок по ниже приведенным формулам.

Для ленточных конвейеров наиболее полно учитывает условия эксплуатации и параметры конвейерных установок формула, предложенная Институтом горного дела МЧМ СССР. Формула для определения срока службы лент получена после обработки большого количества статистического материала, собранного за период с I956 по I975 гг. на Криворожских ГОКах, а также других предприятиях, и имеет следующий вид

$$T_л = \frac{30 K_л l_{ст}}{[(160 H a \gamma + \sqrt{a \gamma}\, l_{ст})\eta + 60]\, t v K_{гл}} \quad \text{месяцы}, \qquad (2.4)$$

где $K_л$ – коэффициент, зависящий от вида сердечника ленты. $K_л$ = = I,2 для лент с прокладками из комбинированных тканей (ЛХ-I20, АХ-I20); $K_л$ = I,6 для лент с прокладками из капронового или анидного бельтингов (ТК и ТА) и резинотросовых;

$l_{ст}$ – длина одного конвейерного става, м;

H – высота свободного падения материала в пункте загрузки.

H = 0,5 м для пунктов перегрузки, оборудованных приводными вибропитателями, H = I,I м (приведенная высота) для пунктов перегрузки с наклонными течками ;

a – максимальная крупность куска (в ребре), м ;

γ – плотность материала в целике, т/м^3 ;

η – коэффициент использования конвейера по производительности ;

v – скорость движения конвейерной ленты, м/с ;

t – планируемый коэффициент использования конвейерной линии во времени ($t = T / T_г$, где T – планируемая продолжительность работы конвейерной линии в году, $T_г$ – годовой фонд времени, ч) ;

$K_{гл}$ – коэффициент готовности конвейерной линии.

В формуле слагаемые знаменатели $160Ha\gamma v$ и $\sqrt{a\gamma}\, l_{ст} v$ раздельно учитывают соответственно износ ленты в пункте загрузки и на линейном ставе.

У ленточно-канатных конвейеров износ ленты на линейном ставе практически исключен, поэтому срок службы примерно прямо пропорционален длине конвейера. Это подтверждается практикой эксплуатации КЛК. В Комсомольском рудоуправлении КЛК-I000/I500 перемещает известняк крупностью до 300 мм. Длина КЛК составляет II05 м, скорость движения ленты 2,3 м/с, расход ленты за 3 года – 3600 м. Средний срок службы лент равен I,85 года. В Алмалыкском ГМК на двух конвейерах длиной 3050 и 3860 м в течение четырех лет расходуют за год около 2000 м ленты. Срок ее службы – 6–7 лет при свинцово-цинковой руде максимальной крупностью 300 мм и скорости движения 2,I м/с. В зарубежной практике для КЛК длиной свыше 8 км срок службы ленты планируется не менее I0 лет, фактический срок службы лент на КЛК такой длины иногда достигает I2–I6 лет. При оценке наработки по этим данным следует учитывать, что использование КЛК составляет 45–55% календарного времени года.

Срок службы лент ленточно-канатных конвейеров определяется по формуле (2.5), полученной из выражения (2.4) при отсутствии износа лент КЛК на линейном ставе. Отличие в конструкции лент КЛК и обычных конвейеров (ленты КЛК на пробой существенно слабее обычных лент) учтено числовым коэффициентом, значение которого скорректировано с фактическими сроками службы лент КЛК.

$$T_л = \frac{3l_{ст}}{(80Ha\gamma\eta + 30)tvK_{гл}} \text{ месяцы.} \qquad (2.5)$$

На многоприводных конвейерах срок службы грузонесущей ленты вычисляется как время допускаемого износа обкладки от истирания при проскальзывании между приводной и грузонесущей лентами по формуле ВНИИТмаша $T_л^н$ и как время износа от взаимодействия с транспортируемым материалом $T_г^н$.

$$T_л^н = \frac{0{,}98 l_{тк} B \delta K'}{\Delta (q_г + q_л) \mu_1 l_{ск} v K_{гл}} \text{ месяцы}, \qquad (2.6)$$

где $l_{тк}$ – длина тягового контура, см;

B – ширина ленты, см;

δ – допускаемый износ по толщине обкладки, см;

$K' = \frac{L_{пп}}{l_{тк}}$ – отношение расстояния между приводами $L_{пп}$ к длине тягового контура $l_{тк}$;

$\Delta = 25 \div 30$ – показатель истирания резины по резине, см^3/квт·ч;

$q_г$ и $q_л$ – погонные нагрузки от материала и несущей ленты, соответственно, даН/м;

μ – коэффициент трения между лентами;

$l_{ск} = 0{,}01 l_{тк}$ – путь скольжения лент на участке тягового контура, м;

v – скорость движения лент, м/с.

Значение $T_н^г$ находится по выражению (2.4), при подсчете затрат на грузонесущую ленту принимается меньший срок службы, полученный по формулам (2.4) и (2.6).

Срок службы тяговой ленты определяется истиранием рабочей обкладки при проскальзывании между лентами по формуле (2.6) без учета коэффициента K.

Срок службы конвейерной ленты колесно-ленточных конвейеров определяется по выражению (2.7), полученному из (2.4) путем исключения составляющей $\sqrt{a\gamma} l_{ст} v$, определяющей износ ленты на линейном ставе конвейера.

$$T_л = \frac{30 K_л l_{ст}}{(160 H a \gamma \eta + 60) t v K_{гл}} \text{ месяцы}. \qquad (2.7)$$

При транспортировании крупнодробленых скальных пород и руд ограничивающими факторами для выбора скорости движения лент являются динамические нагрузки на линейном ставе при прохождении материала через роликоопоры и выбрасывание крупных кусков из желоба ленты. На основании экспериментальных исследований максимальную скорость движения конвейерных лент при перемещении скальных пород и руд по условиям динамических нагрузок и поведению отдельных крупных кусков на линейном ставе конвейера рекомендуется принимать: для кон-

вейеров с лентой шириной 1000 мм 2,1-2,2 м/с, 1200 мм - 3,0-3,15 м/с, 1600-2000 мм - 3,15-3,5 м/с. Установка на конвейерах шарнирных или податливых роликоопор позволяет повысить скорость ленты в 1,3-1,5 раза.

3. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ КОНВЕЙЕРОВ И ПРИВЕДЕННЫХ ЗАТРАТ НА ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ГОРНОЙ МАССЫ КОНВЕЙЕРНЫМИ ЛИНИЯМИ

3.1. Принципиальная блок-схема расчета параметров конвейеров и приведенных затрат на транспортирование горной массы конвейерными линиями

Схема приведена на рис.3.1. Она пригодна для трасс, имеющих в плане переломы и участки с различными углами наклона.

В первом блоке вводятся исходные данные: Q - заданная производительность, т/ч ; $Q_н$ - необходимая для обеспечения заданной производительность конвейерной линии , т/ч ($Q_н > Q$ из-за возможных простоев оборудования) ; L_i и β_i - длина и угол наклона отдельных участков конвейерной линии ; $\gamma_н$ - насыпная масса транспортируемого материала, т/м^3 ; a - максимальный размер куска транспортируемого материала, м ; v - скорость движения конвейерной ленты, м/с ; i_o - количество участков конвейерной линии с разными углами наклона трассы; j_o - количество типов конвейерных лент ; K_o - количество типов приводов, m_o - количество типов перегрузочных устройств. В последующих блоках определяются технические параметры конвейерного оборудования и удельные приведенные затраты по каждому варианту, а затем определяется вариант с минимальными затратами.

Ниже описываются экономико-математические модели для расчета удельных приведенных затрат на транспортирование горной массы обычными ленточными, ленточно-канатными, многоприводными с промежуточными фрикционными приводами, ленточно-колесными (на ходовых опорах) конвейерами. Для упрощения изложения разбирается расчет затрат для случая, когда конвейерная линия состоит из одного прямолинейного участка с одинаковым углом наклона трассы. Эти же алгоритмы должны применяться для трасс большей сложности. С использованием таких алгоритмов в Институте горного дела Минчермета СССР составлены программы расчета на ЭВМ приведенных затрат на конвейерный транспорт для трасс, имеющих до 10 участков с различными углами наклона. Расчеты сводятся к выбору минимума удельных приведенных затрат на транспор-

тирование горной массы конвейерными системами путем перебора вариантов применения оборудования с различными параметрами. Оптимизируются тип ленты (резинотканевые и резинотросовые с различной прочностью), ширина ленты (рассматриваются варианты использования конвейерных лент с шириной большей, чем необходимо по заданной производительности), тип привода (однобарабанный и двухбарабанный – головной) у конвейеров с ленточным тяговым органом, прочность тяговых канатов у канатно-ленточных конвейеров, а также тип перегрузочных узлов (перегрузки, оборудованные наклонными течками и приводными вибропитателями, снижающими высоту свободного падения материала на ленту).

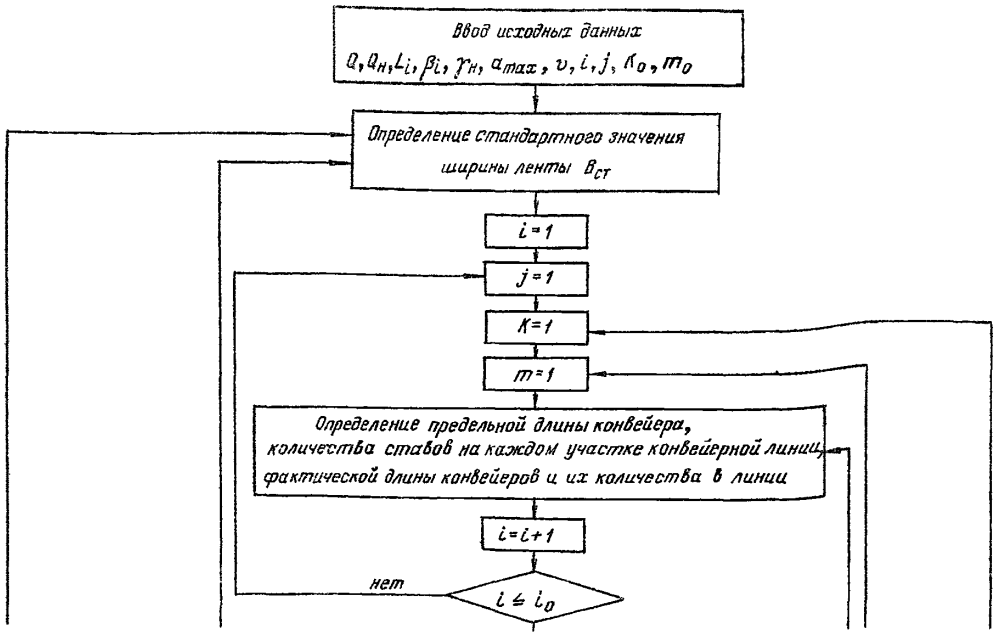
3.2. Расчет затрат на транспорт ленточными конвейерами

Программа для расчета транспортных расходов на ЭВМ "Наири-3" линиями, скомплектованными из наиболее распространенных ленточных конвейеров, составлена так, что определяются приведенные затраты при использовании оборудования с оптимальными параметрами и серийных конвейеров.

При расчете удельных приведенных затрат на перемещение горной массы линией, скомплектованной из обычных ленточных конвейеров, производятся следующие операции (рис.3.2).

В блоке I осуществляется ввод исходных данных: часовой производительности Q, т/ч, определяемой заданным годовым объемом перевозок и планируемым временем работы линии в году; часовой производительности $Q_н$, т/ч, необходимой для реализации заданного годового объема перевозок; расстояния транспортирования L, м; угла наклона трассы β, град.; плотности в насыпке $\gamma_н$ и максимального размера куска a транспортируемого материала, т/м^3 и м; скорости движения конвейерной ленты v, м/с. Кроме величин, определяющих параметры конвейерных установок, вводятся необходимые постоянные коэффициенты и стоимостные показатели оборудования.

В последующих блоках определяются: 2–7 – ширина конвейерной ленты, потребная по производительности B_1 и по максимальной крупности транспортируемого материала B_2, сравнение полученных значений ширин ленты и выбор стандартного значения $B_{ст}$, м. При определении ширины ленты, необходимой по производительности, учитывается коэффициент неравномерности грузопотока $K_н = 1{,}4$. Коэффициент производительности A зависит от угла наклона боковых роликов α' и угла откоса материала на ленте φ. При $\alpha' = 30^0$ и $\varphi = 15^0$ $A = 550$.



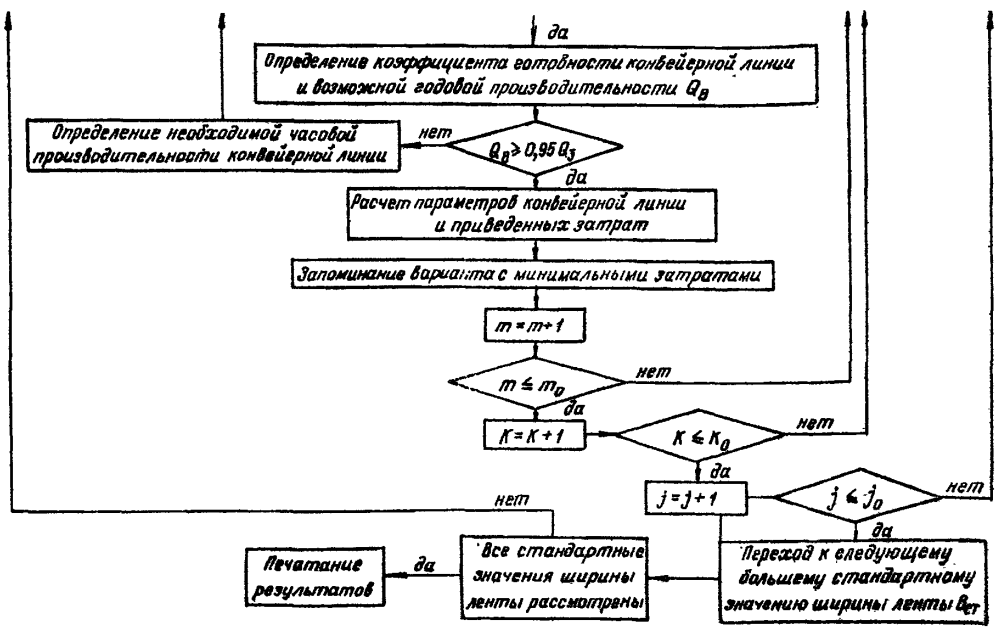


Рис. 3.I. Блок-схема расчета параметров и приведенных затрат. на транспортирование горной массы конвейерными линиями

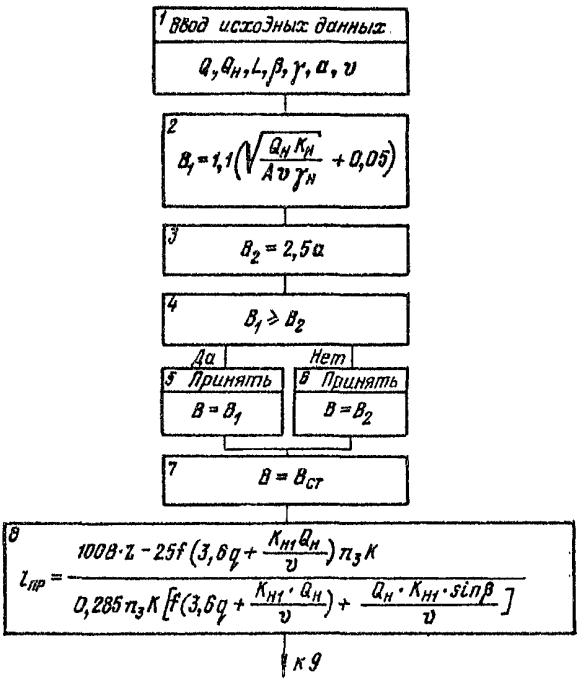


Рис. 3.2. Развернутая экономико-матем. тическая модель расчета параметров и приведенных затрат на перемещение горной массы. линией, составленной из ленточных конвейеров

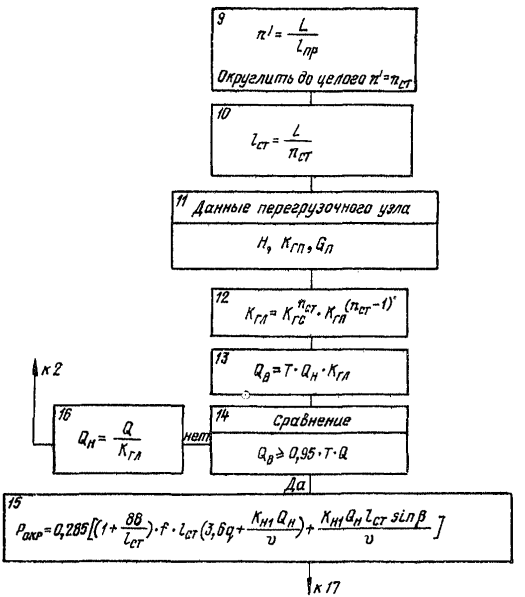


Рис.3.2. Продолжение

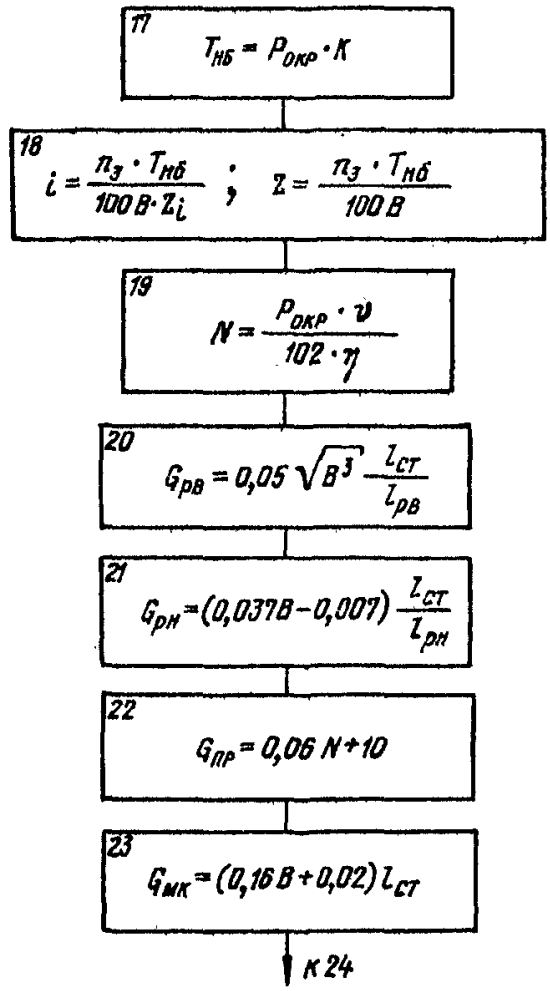


Рис.3.2. Продолжение

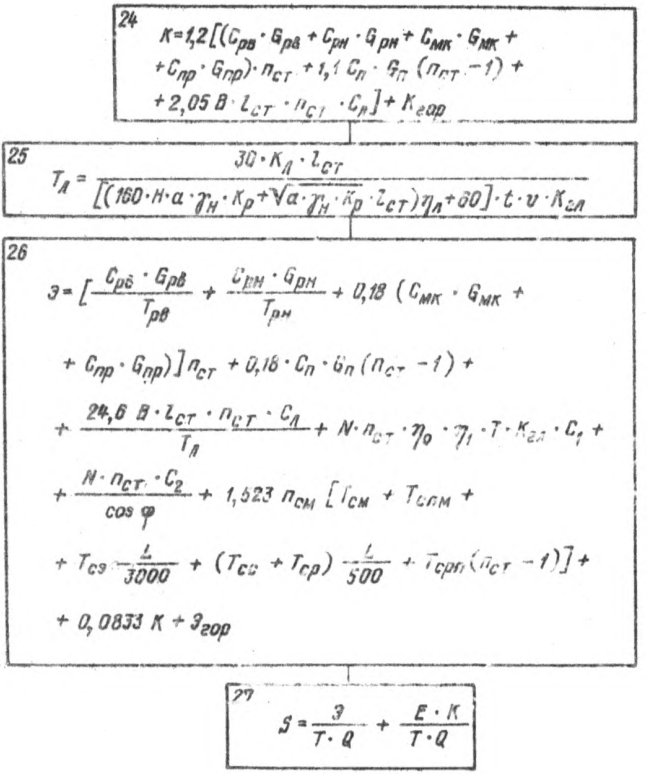


Рис. 3.2. Окончание

8– определяется предельная длина конвейерного става. Формула для определения предельной длины става $l_{пр}$ получена на основании равенства окружного (тягового) усилия по условию прочности ленты

$$P_{окр} = \frac{100 B Z}{n_3 K}$$

и окружного (тягового) усилия, необходимого для перемещения груза.

$$P_{окр} = 0{,}285\left[C f l_{ст} (3{,}6 q + \frac{Q_н}{v}) \pm \frac{Q_н l_{ст} \sin\beta}{v}\right],$$

где Z – прочность ленты, даН/см ширины;

n_3 – коэффициент запаса прочности ленты, принимаемый в зависимости от угла наклона конвейера и типа ленты (табл.3.I);

Таблица 3.I

Коэффициент запаса n_3 прочности лент

Материал сердечника	При угле наклона конвейера, град	
	до I0	свыше I0
Прокладки из химических волокон . . .	9	I0
Стальные тросы	7	8,5

$K = \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha}-1}$ коэффициент, зависящий от коэффициента сцепления ленты с барабаном μ и угла обхвата лентой приводных барабанов α (табл.3.2).

Таблица 3.2

Значения коэффициента К

Вид футеровки и ее состояние	Коэффициент сцепления	При угле обхвата лентой приводного барабана						
		I80°	2I0°	240°	270°	330°	360°	400°
Гладкая резиновая влажная	0,20	2,I	I,93	I,76	I,64	I,46	I,40	I,3
Шевронная резиновая влажная . .	0,30	I,64	I,0	I,40	I,32	I,22	I,I8	I,I4
Гладкая резиновая сухая	0,30	I,0	I,38	I,30	I,24	I,I0	I,I2	I,I0
Шевронная резиновая сухая . . .	0,40	I,40	I,30	I,23	I,I8	I,II	I,09	I,06

$C = (1 + \frac{88}{l_{ст}})$ – коэффициент, учитывающий сопротивление на концевых станциях в зависимости от длины конвейера;

f – коэффициент сопротивления движения ленты по роликам (в расчете можно принимать равным 0,03);

$l_{ст}$ – длина конвейерного става, м;

$q = 2q_л + q'_р + q''_р$ – погонная нагрузка от движущихся частей конвейера, даН/пог.м ($q_л$ – ленты, $q'_р$ – вращающихся частей роликов верхней ветви и $q''_р$ – нижней ветви). Значение q выражено в зависимости от ширины ленты: при использовании резинотканевых лент $q = 86\sqrt{B^3}$; при использовании резинотросовых лент $q = B(44\sqrt{B} + 0{,}0168Z + 33)$.

В формулу введен также коэффициент неравномерности грузопотока $K_{нг}$, характеризующий возможное повышение фактической часовой производительности в некоторые периоды времени по сравнению с расчетной. На основании исследования грузопотока на конвейерной линии Ингулецкого ГОКа $K_{нг} = 1{,}2 \div 1{,}3$.

9 – количество конвейерных ставов в линии $n_{ст}$. 10 – длина конвейерного става $l_{ст}$. 11 – вводятся данные перегрузочного узла: высота свободного падения материала на ленту H, м; коэффициент готовности $K_{гп}$, масса $G_п$, т. При использовании в перегрузочных пунктах наклонных течек $H = 1$ м, $K_{гп} = 0{,}996$, $G_п = 0$ (входит в массу конвейерного става). Если применены приводные вибропитатели $H = 0{,}5$ м, $K_{гп} = 0{,}96$. Масса вибропитателя (грохота) на основании существующих данных выражена формулой в зависимости от производительности $G_п = 0{,}38\,Q_н^{0{,}46}$. 12 – коэффициент готовности конвейерной линии $K_{гл}$. 13 – возможная годовая производительность $Q_в$ конвейерной линии. 14 – сравнение возможной годовой производительности с заданной. Если заданная производительность не обеспечивается, то осуществляется переход к блоку 16, обеспечивается – к блоку 15. 15 – тяговое (окружное) усилие $P_{окр}$ одного конвейерного става линии. 16 – часовая производительность, необходимая для реализации заданной годовой производительности. После определения необходимой часовой производительности осуществляется пересчет необходимой часовой производительности в блоках 2–14 до тех пор, пока не удовлетворится условие обеспечения заданной годовой производительности. 17 – натяжение в набегающей ветви конвейерной ленты $T_{нб}$. 18 – количество прокладок i резинотканевой или прочность Z резинотросовой ленты.

19 – мощность двигателей приводных станций конвейеров N, квт. Коэффициент полезного действия привода (двигателей и редуктора) η в расчетах можно принимать равным 0,85.

20 – масса роликов верхней ветви конвейерного става $G_{рв}$, т, в зависимости от расстояния между роликоопорами на верхней ветви $l_{рв}$, м, и ширины ленты.

21 – масса роликов нижней ветви конвейерного става $G_{рн}$, т, в зависимости от расстояния между роликоопорами на нижней ветви $l_{рн}$, м, и ширины ленты.

22 – масса приводной станции конвейерного става $G_{пр}$, т.

23 – масса поддерживающих металлоконструкций $G_{мк}$, т, включающая массу линейных секций с роликоопорами (без роликов), натяжной станции и загрузочной воронки.

Формулы для определения массы отдельных элементов конвейеров получены на основании анализа весовых показателей ленточных конвейеров, изготавливаемых отечественными машиностроительными заводами (Донецким, Александровским, Сызранским тяжелого машиностроения, Новокраматорским).

24 – капитальные затраты на приобретение конвейеров, конвейерной ленты с учетом доставки и монтажа оборудования, горнокапитальные работы и вспомогательные сооружения, K, руб.

Затраты на доставку и монтаж составляют 20% от стоимости оборудования, которая определялась на основании цены 1 т и массы отдельных частей конвейера. При использовании серийного оборудования стоимость находится в пределах 350–500 руб/т в зависимости от длины конвейеров. Стоимость 1 т отдельных элементов конвейеров в этом случае составляет: приводной станции 750 руб., роликов верхней ветви 540 руб., роликов нижней ветви 480 руб., металлоконструкций 350 руб. Однако конвейеры для открытых разработок, как правило, изготавливают по индивидуальным заказам в связи с отсутствием типажного ряда ленточных конвейеров для карьеров и необходимостью увязки параметров конвейеров с конкретными параметрами трассы (карьеры ИнГОКа, НКГОКа, Никопольского марганцевого бассейна и другие, а также наземные конвейерные системы зарубежных стран). Стоимость конвейеров индивидуального изготовления выше, чем серийного. Цена 1 т роликов верхней ветви $C_{рв}$ = 650 руб., роликов нижней ветви $C_{рн}$ = 570 руб., цена 1 т поддерживающих металлоконструкций $C_{мк}$ = 500 руб. и 1 т приводных станций $C_{пр}$ = 1200 руб. Цена 1 т оборудования перегрузочных узлов с вибропитателями в среднем составляет $C_{п}$ = 840 руб. Стоимость 1 $м^2$ резинотканевых лент с прокладками из анидного бель-

тинга для удобства расчетов на ЭВМ выражена в зависимости от прочности и количества прокладок i формулой

$$C_л = (0{,}000074\ Z_п^2 + 10{,}35)\, i^{0{,}6} \quad \text{руб/м}^2 \text{ ленты},$$

где Z – разрывная прочность одной прокладки, даН/см прокладки.

Стоимость I м^2 резинотросовых лент определяется выражением

$$C_л = 0{,}0069\ Z_2 + 41{,}5 \quad \text{руб/м}^2 \text{ ленты}.$$

Капитальные затраты на вспомогательные сооружения и горнокапитальные работы $К_{гор}$ складываются из стоимостей траншей $C_{тр}$, стволов $C_{ст}$, галерей $C_г$, зданий приводных станций $C_{зд}$, эстакад $C_{эс}$, автодорог для обслуживания конвейерной линии $C_{дор}$, линий электропередач, связи и освещения $C_{лэ}$.

Затраты на вспомогательные сооружения и горнокапитальные работы целесообразно определять в зависимости от ширины грузонесущего полотна в соответствии с данными института Южгипроруда.

Стоимость проходки стволов с железобетонной крепью определяется по формулам

$$C_{ст} = (1714 + 180B)\, L_{ст} \quad \text{руб.}$$

при крепости пород $f \leq 12$;

$$C_{ст} = (2240 + 100B)\, L_{ст} \quad \text{руб.}$$

при крепости пород $f > 12$.

Стоимость проходки траншей при высоте уступов 15 м составляет в рыхлых породах

$$C_{тр} = (1366{,}8 + 467B)\, L_{тр} \quad \text{руб.};$$

в скальных породах

$$C_{тр} = (587 + 146{,}5B)\, L_{тр} \quad \text{руб.}$$

Более высокая стоимость проходки траншей в рыхлых породах объясняется необходимостью крепления бортов железобетонными плитами и укладки на дно траншеи подстилающего слоя из щебня. Необходимость проведения подобных мероприятий подтверждается опытом эксплуатации конвейерной линии на Анновском карьере СевГОКа.

Стоимость наземных неотапливаемых галерей равна

$$C_г = (78{,}3B + 82{,}6)\, L_г \quad \text{руб.}$$

Стоимость отапливаемых галерей в 1,5–1,6 раза выше по сравнению со стоимостью неотапливаемых галерей.

Стоимость железобетонных эстакад на опорах высотой 6 м

$$C_{эс} = 95\, B L_{эс} \quad \text{руб.}$$

Стоимость зданий перегрузочных узлов (приводных станций) с оборудованием для замены лент

наземных

$$C_{зд} = (270B - 17)\, n_{ст} \quad \text{тыс.руб.};$$

подземных

$$C_{зд} = (60B + 346)\, n_{ст} \quad \text{тыс.руб.}$$

В формулах приняты обозначения: B – ширина грузонесущего полотна, м ; $L_{зс}$, $L_{сп}$, $L_{тр}$, $L_г$ – длина соответственно стволов, траншей, галерей, эстакад, м ; $n_{ст}$ – число ставов в конвейерной линии.

Стоимость строительства автодорог с гравийным покрытием для обслуживания конвейерной линии и линий электропередач, связи и освещения составляют соответственно I2,7 и 8,5 тыс.руб. на I км линии.

25 – срок службы конвейерной ленты $T_л$, мес.

26 – годовые эксплуатационные расходы $Э$. В эксплуатационные расходы входят: а) расходы на ролики верхней и нижней ветвей и на конвейерную ленту, определяемые их сроками службы; б) амортизационные отчисления, включая капитальный ремонт (5,2–5,9%), на поддерживающие металлоконструкции, оборудование приводных станций и перегрузочных узлов. Приняты средние величины от действующих норм в размере I8% от стоимости оборудования, что совпадает с нормами на открытых горных работах ; в) расходы на текущий ремонт и материалы – I0% от капитальных затрат на основании данных по эксплуатации роторных комплексов ; г) расходы на электроэнергию по двухставочному тарифу. Коэффициент спроса может быть принят η_1 = 0,75, коэффициент, учитывающий потери в сети η_0 = I,I, а стоимость I кВт израсходованной электроэнергии C_1 и I кВа установленной мощности C_2 выбирается в зависимости от энергосистемы, питающей потребителя. Коэффициент мощности $\cos\varphi$ в расчетах может приниматься ориентировочно равным 0,9 ; д) расходы на заработную плату обслуживающего персонала. Штат обслуживающего персонала можно принимать в соответствии с отечественным и зарубежным опытом: оператор и помощник оператора конвейерной линии, дежурный электрик – I человек на 3000 м линии, дежурный слесарь – I человек на 500 м линии, рабочие по ремонту конвейерных лент – 2 человека на I000 м линии, рабочий перегрузочного узла – I человек на перегрузочный узел. Тарифные ставки оператора $T_{см}$ и помощника оператора конвейерной линии $T_{спм}$, электрослесарей $T_{сэ}$, слесарей $T_{сс}$, слесарей по ремонту и стыковке конвейерных лент $T_{ср}$ и рабочих перегрузочного пункта $T_{срп}$ принимаются по тарифно-квалификационным справочникам. Заработная плата инженерно-технических работников и начисления на заработную плату учтены коэффициентом I,523. Количество смен в году $n_{см}$ принимается в зависимости от режима работы предприятий ; е) амортизационные

отчисления на вспомогательные сооружения и погашение горнокапитальных работ в соответствии с действующими нормами.

27 – удельные приведенные затраты S, руб/т.

В дальнейшем при описании экономико-математических моделей расчета затрат на транспорт конвейерными линиями, скомплектованными из других типов конвейеров, приводятся только вновь вводимые обозначения, которые не встречались в предшествующих экономико-математических моделях.

3.3. Расчет затрат на транспорт ленточно-канатными конвейерами

Расчет приведенных затрат на перемещение горной массы КЛК сопровождается следующими операциями (рис.3.3).

В блоке I осуществляется ввод исходных данных. В последующих блоках определяются: 2–7 ширина конвейерной ленты, потребная по производительности и по максимальной крупности транспортируемого материала, сравнение полученных значений ширины ленты и выбор стандартного значения в соответствии с таблицей 3.3, в которой приведены параметры лент для крупнодробленных скальных пород и руд, разработанные институтом Гипроуглеавтоматизация.

Таблица 3.3

Параметры лент канатно-ленточных конвейеров

Ширина ленты, мм	Диаметр каната, мм	Сечение рессор, мм	Толщина ленты, мм	Масса, кг/пог.м	
				ленты	каната
800	32	5 x I2	I5,5	22,7	
900	32	6 x I2	I6,5	26,5	3,69
I000	32	7 x I2	I7,5	30,8	
I200	40	8 x I6	I8,5	42,6	
I400	40	I0 x I6	20,5	57,3	5,78
I600	52	I2 x 20	22,5	73,3	
2000	52	I6 x 25	26,5	II4,0	8,76

Коэффициент производительности A, зависящий от желобчатости ленты и угла откоса материала на ленте может быть принят равным 325.

8 – окружное усилие канатоведущих шкивов W_0. При определении окружного усилия коэффициент сопротивления движению по поддерживаю-

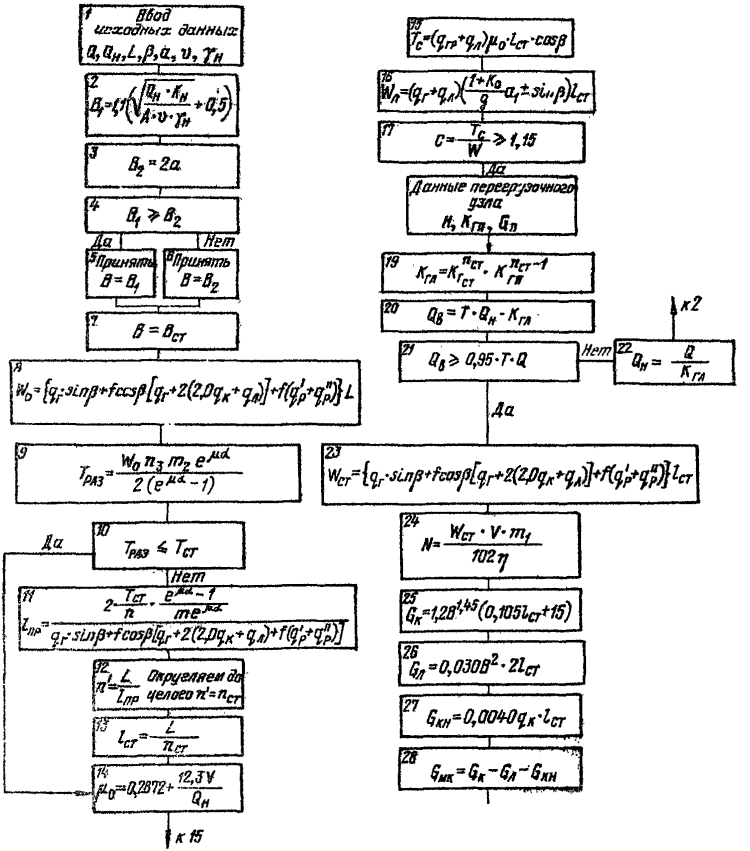


Рис. 3.3. Начало

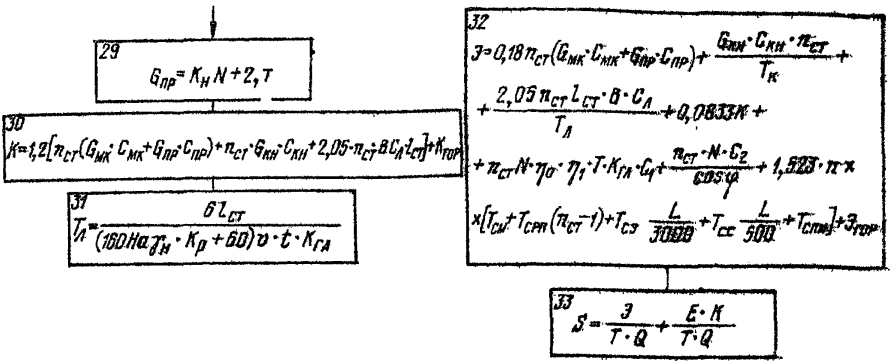


Рис.3.3. Развернутая экономико-математическая модель расчета параметров и приведенных затрат на перемещение горной массы линией, составленной из ленточно-канатных конвейеров

щим блокам линейного става $f = 0{,}015$. Нагрузка от каната задавалась в соответствии с таблицей 3.3 от вращающихся частей поддерживающих блоков на рабочей ветви $q'_р$ определяется по выражению

$$q'_р = \frac{63B}{l_{рв}} \text{ даН/м}$$

и на холостой ветви

$$q''_р = \frac{63B}{l_{рн}} \text{ даН/м},$$

где $l_{рв} = 7{,}5$ м и $l_{рн} = 15$ м – расстояние между поддерживающими блоками на рабочей и холостой ветвях.

Нагрузка на ленты может быть определена по табл.3.3 или из выражения в зависимости от ширины (для удобства счета на ЭВМ)

$$q_л = 30B^2 \text{ даН/м}.$$

9 – разрывное усилие каната $T_{раз}$. При нахождении $T_{раз}$ учитывались коэффициент запаса прочности канатов $n_з = 4{,}5$, коэффициент запаса усилия $m = 1{,}25$. При этом коэффициент сцепления смазанных канатов с канатоведущими шкивами может быть принят $\mu = 0{,}16$, для несмазанных канатов и футерованных резиной или полимерными покрытиями приводных шкивов $\mu = 0{,}4$, угол обхвата α канатами приводных шкивов равен 360^0 при использовании противолежащих шкивов.

10 – сравнение и выбор стандартного значения разрывного усилия канатов $T_{ст}$. Если условие блока 10 соблюдается, то осуществляется

переход к блоку I4, если нет - к блоку II. II - предельная длина одного конвейерного става.

I2 - количество конвейерных ставов в линии.

I3 - длина конвейерного става в линии.

I4 - коэффициент сцепления конвейерной ленты с тяговыми канатами μ_0, зависящий от нагрузки на ленту. Формулы для определения коэффициента для смазанных и не смазанных канатов односторонней свивки получены на основании экспериментальных исследований канатно-ленточных конвейеров.

I5 - сила сцепления ленты с канатом T_c.

I6 - сопротивление движению ленты $W_л$. Составляющая $\frac{1+K_0}{g}a_1$, учитывает увеличение сопротивления движению ленты при пуске конвейера (a_1 = 0,2 ÷ 0,3 м/с ; g - ускорение свободного падения, K_0 = 0,05 ÷ 0,08).

I7 - коэффициент запаса сил сцепления C.

I8 - вводятся данные перегрузочных узлов H, $K_{гп}$, $G_п$.

I9 - коэффициент готовности конвейерной линии.

20 - возможная годовая производительность конвейерной линии.

2I - сравнение возможной годовой производительности с заданной.

22 - необходимая для реализации заданной годовой производительности часовая производительность (при несоблюдении условия блока 2I). После определения необходимой часовой производительности осуществляется пересчет в блоках 2-2I до тех пор, пока не удовлетворится условие обеспечения заданной годовой производительности.

23 - определение окружного усилия канатоведущих шкивов одного КЛК $W_{ст}$.

24 - мощность двигателей приводных станций конвейеров.

25 - 29 - масса конвейеров с выделением массы конвейерной ленты $G_л$, канатов $G_{кн}$, металлоконструкций $G_{мк}$ и приводных станций $G_{пр}$. Масса этих элементов конвейеров выражена в зависимости от ширины ленты, длины става, мощности привода на основании имеющихся сведений по отечественным и зарубежным КЛК. При определении массы приводных станций коэффициент K_N = 0,09 для мощности привода до 500 кВт, K_N = 0,075 при мощности привода от 500 до I250 кВт и K_N = 0,06 - при мощности привода более I250 кВт.

30 - капитальные затраты с учетом монтажа и доставки оборудования. Затраты на монтаж и доставку оборудования составляют 20% от стоимости оборудования. Цена I т металлоконструкций составляет 650 руб., в связи с тем, что в массу металлоконструкций входит масса поддерживающих шкивов. Цена I т приводной станции как и у ленто-

чных конвейеров составляет 1200 руб. Стоимость канатов принимается по каталогам. Конвейерная лента шириной 900 мм стоит 51,5 руб. за I м^2 (данные Свердловского завода РТИ). Для других лент пересчет стоимости произведен в соответствии с изменением массы I м^2 ленты с увеличением ее ширины по формуле

$$C_л = 60,5\ B^2 \text{ руб./пог.м.}$$

31 – срок службы конвейерной ленты.

32 – эксплуатационные расходы, в которые включены затраты на ленту и канаты в зависимости от срока службы ; амортизационные отчисления на поддерживающие металлоконструкции, оборудование приводных станций и перегрузочных узлов ; расходы на текущий ремонт и материалы ; расходы на электроэнергию : расходы на заработную плату обслуживающего персонала ; амортизационные отчисления на вспомогательные сооружения и погашение горнокапитальных работ в соответствии с действующими нормами. Все необходимые коэффициенты и стоимостные данные принимаются такими же, как и для ленточных конвейеров.

33 – удельные приведенные затраты.

3.4. Расчет затрат на транспорт многоприводными ленточными конвейерами

Рассматриваются многоприводные конвейеры с фрикционными промежуточными приводами, в которых движение грузонесущей ленте передается приводной лентой за счет сил трения. Используется обычный барабанный привод. Тяговый расчет таких конвейеров заключается в определении погонных нагрузок, в выборе расстояния между промежуточными приводами $L_{пп}$ и длины тяговых контуров $l_{тк}$, определении натяжения тяговых и грузонесущей лент и мощности приводов. Расчетные формулы и порядок расчета затрат на транспорт многоприводными конвейерами указаны на рис.3.4.

В первом блоке вводятся необходимые исходные данные. В последующих блоках определяются:

2 – 7 – ширина конвейерных лент, потребная по производительности и по максимальной крупности транспортируемого материала, сравнение полученных значений ширины лент и выбор стандартного значения. Коэффициент производительности A, зависящий от угла наклона боковых роликов и угла откоса материала на ленте такой же, как у ленточных конвейеров.

8 – погонная нагрузка $q_г$ от транспортируемого материала с учетом коэффициента неравномерности $K_{нн}$ грузопотока, значение которого изменяется в пределах I,2–I,3.

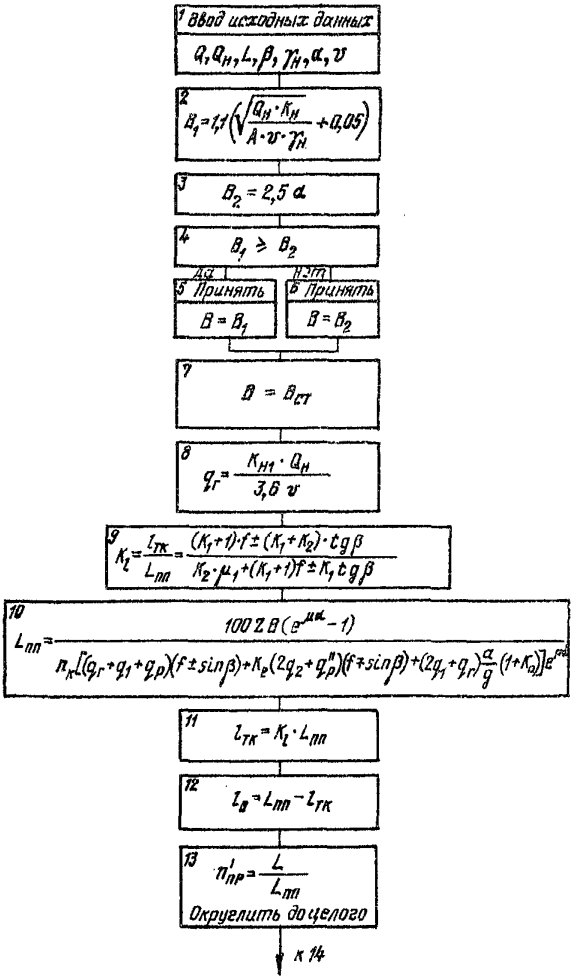


Рис. 3.4. Развернутая экономико-математическая модель расчета параметров и приведенных затрат на перемещение горной массы линией, составленной из многоприводных конвейеров

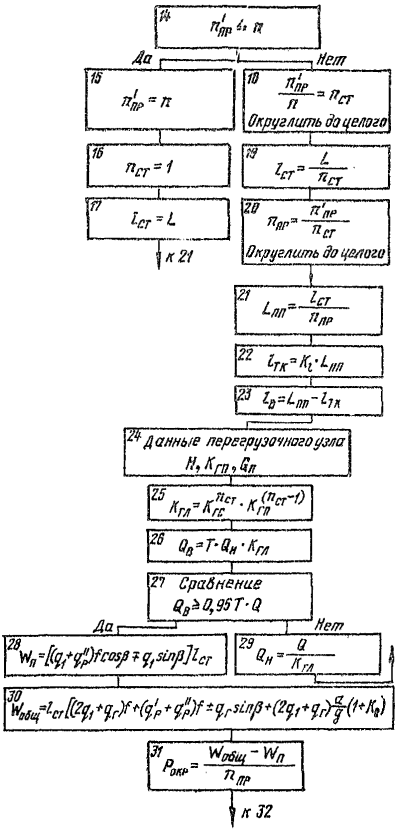


Рис.3.4. Продолжение

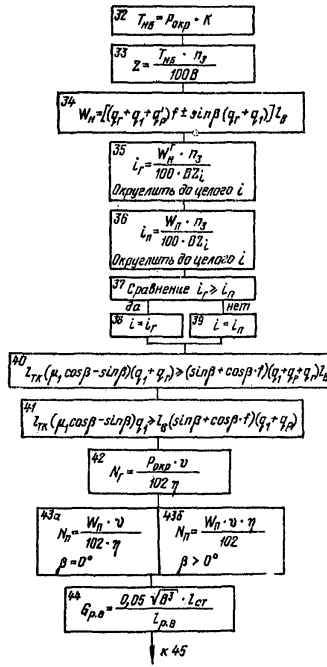


Рис. 3.4. Продолжение

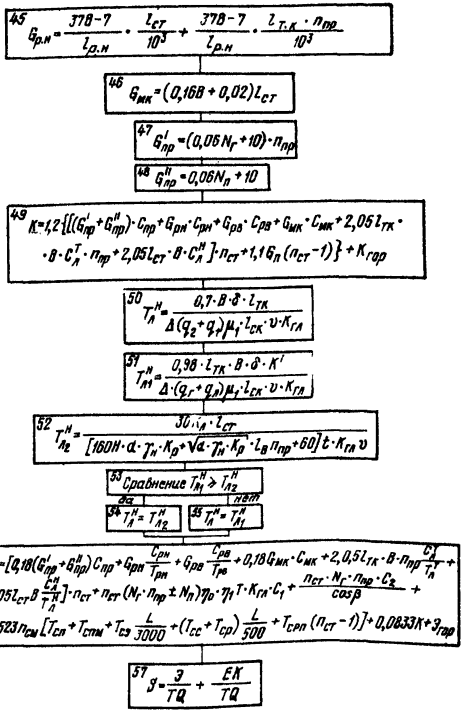


Рис.3.4. Окончание

9 – необходимое соотношение между длиной приводного участка и расстоянием между приводами K_1. Коэффициенты K_1 и K_2, входящие в формулу, определяются по выражениям

$$K_1 = \frac{q_г}{q_1 + q'_р} \quad \text{и} \quad K_2 = \frac{q_1}{q_1 + q'_р},$$

где q_1 – нагрузка от несущей ленты, даН/пог.м. При использовании резинотканевых лент с прокладками из анидного бельтинга ориентировочно может задаваться, исходя из следующих данных:

Ширина ленты, мм ...	800	I000	I200	I400	I600	I800	2000
Масса ленты, кг/м ...	20	25	30	35	40	50	60

$q'_р$ – нагрузка от вращающихся частей верхних роликов, приближенно определяемая по выражению

$$q'_р = 32{,}6\, B^{1{,}65} \text{ даН/м}.$$

Коэффициент сопротивления движению ленты $f = 0{,}03$, а коэффициент трения между лентами μ_1 изменяется в пределах 0,4–0,65, в том числе в зимний период.

Ориентируясь на наихудшие климатические условия, коэффициент трения между лентами можно принять равным 0,4.

I0 – расстояние между промежуточными приводами. При определении этого расстояния предполагается в качестве приводных использовать резинотросовые ленты. Нагрузка от вращающихся частей нижних роликоопор приводного конвейера $q''_р$ ориентировочно определяется по выражению

$$q''_р = 30\, B / l_{рн}, \text{ кг/м}.$$

II, I2 – длина тягового контура $l_{тк}$ и длина ведомого участка $l_в$.

I3 – количество приводов на рабочей ветви конвейера $n'_{пр}$.

I4 – сравнение полученного количества приводов с допустимым n. В расчетах допустимое число приводов на рабочей ветви конвейера ограничено шестью на основании испытаний ВНИИПТмашем конвейера с промежуточными фрикционными приводами. Если условие бл ка I4 соблюдается, то производится переход к блоку I5, если нет, то к блоку I8.

I5–I7 – принимается полученное количество приводов на конвейере, один конвейерный став, а длина става – равной полной длине транспортирования.

I8 – количество конвейерных ставов в линии (при несоблюдении условия блока I4).

I9 – длина одного конвейерного става.

20 – количество промежуточных приводов на рабочей ветви конвейера.

2I-23 – расстояние между промежуточными приводами, длина тягового контура и ведомого участка конвейерного става.

24 – задаются данные перегрузочного узла.

25 – коэффициент готовности линии. Коэффициент готовности одного конвейерного става $K_{г.с}$ определяется по выражению

$$K_{гс} = K_{г.пр}^{n_{пр}} \; K_{г.мех} ,$$

где $K_{г.пр}$ – коэффициент готовности приводной станции $K_{г.пр} = 0,98$;

$n_{пр}$ – количество промежуточных приводов на конвейере;

$K_{г.мех}$ – коэффициент готовности конвейерной ленты, роликоопор и натяжной станции, $K_{г.мех} = 0,985$.

26 – возможная годовая производительность конвейерной линии.

27 – сравнение возможной годовой производительности с заданной. Если условие блока 27 соблюдается, происходит переход к блоку 28, нет – к блоку 29.

28 – сопротивление движению на порожней ветви конвейера $W_п$.

29 – необходимая для реализации заданной годовой производительности часовая производительность. После определения необходимой часовой производительности осуществляется пересчет в блоке 2-27 до удовлетворения условия обеспечения заданной годовой производительности.

30 – общее сопротивление движению ленты одного конвейерного става $W_{общ}$.

3I – необходимое окружное усилие одного промежуточного привода конвейерного става.

32 – натяжение в набегающей ветви ленты приводного конвейера.

33 – необходимая прочность приводной ленты. Коэффициент запаса прочности $n_з$ принимается в зависимости от угла наклона по табл.2.I для резинотросовых лент.

34 – сопротивление движению грузонесущей ленты на ведомом участке $W'_н$.

35-39 – количество прокладок грузонесущей ленты по усилию на грузовой и порожней ветвях конвейера, сравнение полученных значений. Выбранное количество прокладок должно удовлетворять условию $i_{min} \leqslant i \leqslant i_{max}$ для принятого типа грузонесущей ленты. Если $i > i_{max}$, то необходимо применить грузонесущую ленту с большей разрывной прочностью прокладок, если $i < i_{min}$, то принимается минимальное количество прокладок для использованного типа ленты.

40, 4I – проверяется условие нормальной работы конвейера без проскальзывания лент при полной загрузке конвейера и порожней несущей ленте.

42 – потребная мощность двигателей одного промежуточного привода $N_г$ на груженой ветви конвейера.

43 – мощность двигателей привода на порожней ветви конвейера $N_п$.

При горизонтальной установке конвейера мощность привода определяется формулой 43а, при наклонной установке $\beta > 5^0$ двигатели привода порожней ветви работают в генераторном режиме, а их мощность определяется по формуле 43б.

44 – масса роликов верхней ветви одного конвейерного става $G_{рв}$, т.

45 – масса роликов нижней ветви одного конвейерного става, включающая массу роликов нижней ветви промежуточных приводов (тяговых контуров) $G_{рн}$, т.

46 – масса поддерживающих металлоконструкций одного конвейерного става $G_{мк}$, т.

47 – масса приводных станций одного конвейерного става на груженой ветви $G'_{пр}$, т.

48 – масса приводных станций одного конвейерного става на порожняковой ветви $G''_{пр}$, т.

49 – капитальные затраты с учетом доставки и монтажа оборудования. Стоимость оборудования многоприводных конвейеров принимается такой же, как и у обычных ленточных конвейеров, поскольку они состоят из подобного оборудования.

50 – срок службы тяговой ленты приводного конвейера $T^т_л$, мес.

51 – срок службы несущей ленты от истирания резины обкладок при проскальзывании тяговой и несущей лент $T^н_л$ и износа при взаимодействии с транспортируемым материалом $T^н_{л2}$; сравнение полученных значений сроков службы несущей ленты. При подсчете затрат на ленты учитывается меньший срок службы.

56 – годовые эксплуатационные расходы. В эксплуатационные расходы на многоприводные конвейеры входят статьи, аналогичные затратам на ленточные конвейеры. При расчете затрат на приводные и грузонесущую ленту срок их службы должен подставляться в формулы в годах.

57 – удельные приведенные затраты.

3.5. Расчет затрат на транспорт ленточно-колесными конвейерами

Порядок расчета удельных приведенных затрат на транспорт ленточно-колесными конвейерами приводится на рис.3.5.

В блоке I осуществляется ввод необходимых исходных данных. В последующих блоках определяются:

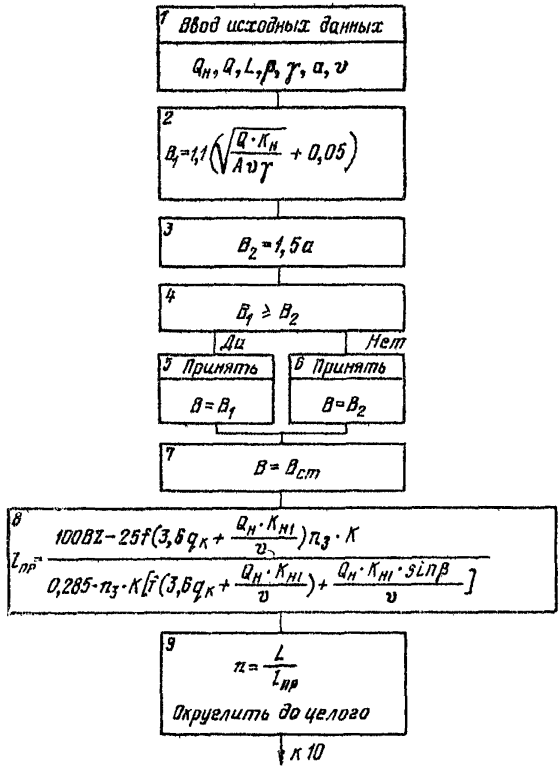


Рис. 3.5. Развернутая экономико-математическая модель расчета параметров и приведенных затрат на перемещение горной массы линией, составленной из ленточно-колесных конвейеров

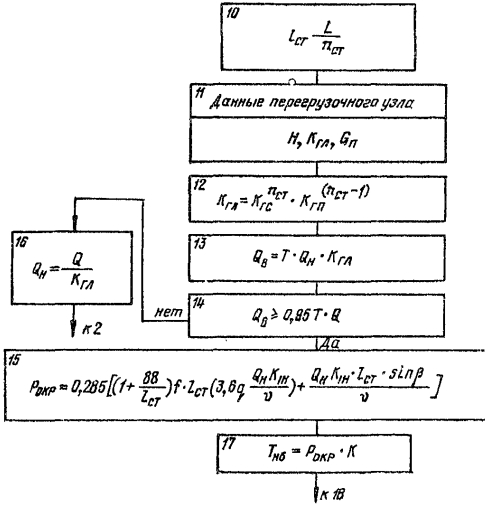


Рис. 3.5. Продолжение

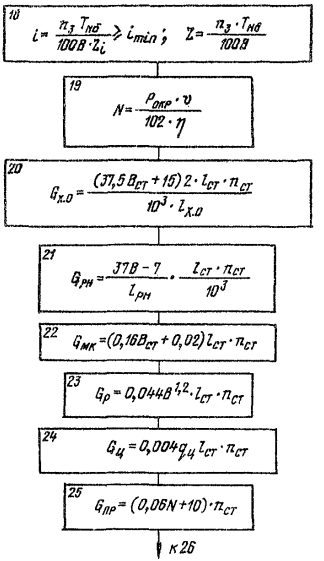


Рис. 3.5. Продолжение

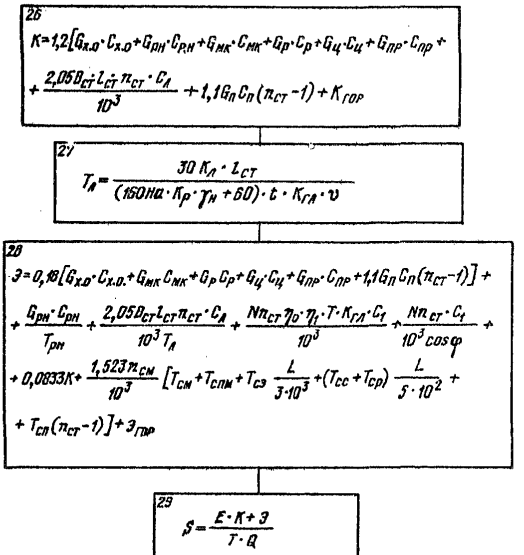


Рис.3.5. Окончание

2-7 – ширина конвейерной ленты, необходимая по производительности и максимальной крупности транспортируемого материала, сравнение полученных значений ширин ленты и выбор стандартного значения. При определении ширины ленты коэффициент производительности A, зависящий от желобчатости и угла откоса материала на ленте принят равным $A = 585$. Коэффициент пропорциональности между шириной ленты и максимальным размером куска рекомендуется принимать в интервале I,6–I,9. Меньшее значение принимается при содержании в горной массе крупных кусков менее 3%, большее – при содержании крупных кусков более I5%. При транспортировании конвейерами крупнокускового материала с максимальным размером кусков I000–I200 мм, процентное, содержание которых не превышает 2–3%, можно принимать коэффициент равным I,6, а при перемещении крупнодробленого материала с максимальным размером куска 400 мм, когда процентное содержание таких кусков превышает I5%,– I,9.

8 – предельная длина конвейерного става. Общий коэффициент сопротивления движению находился как средневзвешенная величина по коэффициенту сопротивления движению ходовых опор с катками на подшипниках качения, равным 0,02 и коэффициенту сопротивления движению холостой ветви ленты, равным 0,03. В расчетах коэффициент сопротивления движению принимался $f = 0{,}023$. Масса движущихся частей конвейера определялась по выражению

$$q = 2q_л + 2q_{х.о} + 4q_ц + q'_р \quad кг/м.$$

Масса ходовых опор $q_{х.о}$ выражена в зависимости от ширины ленты. Прямолинейный характер изменения погонной массы ходовых опор подтверждается данными Московского горного института. Масса I пог.м цепи ориентировочно может быть принята $q_ц = I0$ кг/м. Для удобства счета на ЭВМ значение q выражено в зависимости от ширины ленты и ориентировочно может быть определено по формуле

$$q = 12,1B + 70$$

при использовании резинотканевых лент, и

$$q = (0,0168z + 106)B + 55$$

при использовании резинотросовых лент.

9 – количество конвейерных ставов в линии.

I0 – длина конвейерного става.

II – вводятся данные перегрузочного узла: высота свободного падения материала на ленту H, м; коэффициент готовности $K_{гп}$, масса $C_п$, т. Параметры перегрузочных пунктов в линии, составленной из ленточно-колесных конвейеров, аналогичны параметрам перегрузочных пунктов в линии из обычных ленточных конвейеров.

I2 – коэффициент готовности конвейерной линии.

I3–I4 – возможная годовая производительность и ее сравнение с заданной. Если заданная производительность обеспечивается осуществляется переход к блоку I5, если не обеспечивается, – к блоку I6.

I5 – окружное усилие одного конвейерного става.

I6 – часовая производительность, необходимая для реализации заданной годовой производительности. После определения необходимой часовой производительности осуществляется пересчет в блоках 2–I4 пока не удовлетворится условие обеспечения заданной годовой производительности.

I7 – натяжение в набегающей ветви конвейерной ленты.

I8 – количество прокладок резинотканевой или прочность резинотросовой ленты.

I9 – мощность двигателей приводных станций конвейеров.

20 – масса ходовых опор конвейерной линии $G_{x.o}$, выраженная в зависимости от ширины ленты и расстояния между ходовыми опорами $l_{x.o}$, которое может приниматься в пределах I,2–I,4 м.

2I – масса нижних роликов.

22 – масса металлоконструкций.

23 – масса направляющих рельс G_p в зависимости от ширины ленты. Тип направляющих рельс выбирается по погонной нагрузке от ленты, ходовых опор и груза на ленте.

24 – масса цепей $G_ц$, соединяющих ходовые опоры.

25 – масса приводных станций конвейерной линии.

26 – капитальные затраты на приобретение конвейеров, конвейерной ленты с учетом доставки и монтажа оборудования. Затраты на доставку и монтаж составляют 20% от стоимости оборудования, которая определялась ценой I т массы и общей массой отдельных частей конвейерной установки. Цена I т роликов нижней ветви составляет 570 руб., цена I т ходовых опор $C_{x.o}$ принимается такой как у роликов нижней ветви, цена I т рельс принимается по прейскурантам. Цена I т металлоконструкций, приводных станций, перегрузочных узлов и стоимость конвейерных лент, принимается как для обычных ленточных конвейеров. Цена I т цепей принимается равной 650 руб.

27 – срок службы конвейерной ленты с учетом отсутствия износа ленты на линейном ставе.

28 – эксплуатационные расходы, включающие затраты на ленту и ролики нижней ветви в зависимости от срока службы; амортизационные отчисления на поддерживающие металлоконструкции, рельсы, цепи, ходовые опоры, оборудование приводных станций и перегрузочных уз-

лов ; расходы на текущий ремонт и материалы ; расходы на электроэнергию ; расходы на заработную плату обслуживающего персонала. Все необходимые коэффициенты и стоимостные данные принимаются такими же, как и для ленточных конвейеров.

29 – удельные приведенные затраты.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЙ

Конвейерные установки являются высоконадежным оборудованием по сравнению с другими транспортными машинами. Однако последовательное соединение конвейеров в линии предопределяет снижение общей надежности системы, особенно на наклонных трассах глубоких карьеров, где число конвейерных ставов значительно. На практике необходимо выполнить условие, состоящее в том, что простои собственно конвейерной линии не должны отражаться на годовой производительности предприятия и на ритмичности работы (сменной, суточной производительностях) системы карьер – обогатительная фабрика. Оценка целесообразной степени резервирования конвейерных линий позволяет обоснованно принимать проектные решения при переводе карьеров на циклично-поточную технологию.

Существуют различные способы повышения надежности технических систем резервированием. Для конвейерных линий реальными способами являются нагрузочное резервирование, дублирование и резервирование разделением грузопотока.

При нагрузочном резервировании используется одна линия конвейеров, параметры которых выбраны с учетом перегрузок вследствие увеличения необходимой часовой производительности для компенсации неизбежных аварийных остановок конвейерной линии. Резервирование дублированием и разделением грузопотока в конвейерных системах предопределяет использование двух параллельных линий, каждая из которых соответственно обеспечивает выполнение заданного годового и полугодового объемов перевозок при работе в течение запланированного времени.

Эффективность резервирования должна оцениваться по приведенным затратам, расчет которых производится в соответствии с вышеизложенной методикой (раздел 3). Кроме того, для однолинейных и с разделением грузопотока конвейерных систем необходимо учитывать затраты на создание и содержание складов полезного ископаемого, обеспечивающих бесперебойную работу обогатительных фабрик.

Оптимальная емкость склада полезного ископаемого может быть определена с использованием методов теории массового обслуживания и теории вероятностей. Вероятностные состояния агрегатов систем определяются по средним продолжительностям рабочих интервалов и устранения неисправностей. При этом не учитываются длительные аварийные простои конвейерного оборудования (например, из-за перестыковки или замены конвейерных лент) и простои на планово-предупредительных ремонтах. В связи с этим выбор емкости аварийного склада следует производить с учетом следующих соображений.

4.1. Во время непрерывной работы конвейерной линии в течение длительного периода времени (максимальная наработка на отказ) обогатительная фабрика может не переработать всю поступающую руду, так как линия работает с несколько повышенной производительностью с целью компенсации аварийных простоев оборудования. Для складирования временных излишков руды необходимая емкость склада определяется по выражению

$$V = (Q_н - Q)\, T_{p\,max} \quad т,$$

где $Q_н = \frac{Q_г}{T K_г}$ – необходимая для обеспечения годового объема перевозок часовая производительность, т/ч;

$Q = \frac{Q_г}{T}$ – среднечасовая производительность обогатительной фабрики, т/ч;

$T_{p\,max}$ – максимальная наработка на отказ, ч;

$K_г$ – коэффициент готовности конвейерной линии;

T – планируемое время работы фабрики и линии в году, ч.

За максимальную наработку на отказ следует принимать продолжительность работы конвейерной линии, в течение которой отсутствуют простои более 15–30 минут. Учитывая опыт работы конвейерного транспорта на железорудных карьерах (Ингулецкий, Ново-Криворожский и Лебединский ГОКи), емкость склада, определяемая исходя из максимальной наработки на отказ конвейерной линии, составит

$$V = (60 \div 100)(Q_н - Q) \quad т.$$

4.2. По условиям аварийных простоев конвейерной линии минимальная емкость склада должна определяться по выражению

$$V = Q\, T_{в\,max} \quad т,$$

где $T_{в\,max}$ – максимальное время восстановления конвейерного оборудования, ч.

Наиболее трудоемким процессом является перестыковка и замена конвейерных лент. Время, затрачиваемое на вулканизацию разошедших-

ся стыков конвейерных лент, изменяется наиболее часто в пределах 21,5–26 ч, но не превышает 36 ч. Полная замена лент на передовых предприятиях производится за двое суток. Однако замена лент, как правило, совмещается с проведением планово-предупредительных ремонтов. Следовательно, по максимальной длительности времени восстановления конвейерного оборудования емкость склада составит

$$V=(24\div 36)Q \quad т.$$

4.3. В процессе эксплуатации работа конвейерных линий прерывается в связи с необходимостью проведения планово-предупредительных ремонтов. Максимальная продолжительность текущих ремонтов ленточных конвейеров составляет 24 ч (текущий ремонт T_2). Подобные ремонты производятся 2 раза в год. Кроме этого, каждые 6 лет должен производиться капитальный ремонт конвейеров, продолжительность которого составляет 48 часов.

Таблица 4.I

Коэффициент использования конвейерных линий
(с учетом загрузочного и дробильного оборудования)

Число конвейеров	Вид линии		
	стационарная		из передвижных конвейеров
	однолинейная	дублированная	однолинейная
I	0,83	0,86	0,73
2	0,79	0,86	0,70
3	0,76	0,85	0,67
4	0,72	0,84	0,65
5	0,69	0,83	0,6I
6	0,66	0,82	0,58
7	0,64	0,8I	0,55
8	0,6I	0,79	0,53
9	0,58	0,77	0,5I
I0	0,55	0,75	0,48

В схемах с автомобильно-конвейерным транспортом существует жесткая связь звеньев дробилка – конвейерная линия. Поэтому следует также учитывать продолжительность ремонтов дробильного оборудования. Однако, принимая во внимание, что более эффективно (сокращается время простоя оборудования и улучшается качество) планово-предупредительные ремонты производить узловым методом и возможность

их совмещения с ремонтом оборудования обогатительных фабрик, этот фактор не должен быть решающим при выборе емкости аварийных складов.

Таким образом, минимальная емкость склада полезного ископаемого при использовании однолинейных и с разделением грузопотока конвейерных систем должна составлять запас суточной производительности обогатительных фабрик.

Резервирование конвейерных систем позволяет существенно повысить возможный коэффициент использования оборудования (табл.4.I). Однако целесообразность резервирования тем или иным способом должна определяться экономическим расчетом.

5. ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНОГО КОНВЕЙЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

5.I.Однолинейные и дублированные конвейерные системы

Использоьание конвейерных систем с разделением грузопотока оказывается наименее экономичным. Затраты на перемещение I т руды такими системами выше на 30-50% по сравнению с транспортными расходами при однолинейной системе со складом с суточным запасом руды или при дублированной системе (табл.5.I), что обусловлено существенным возрастанием капитальных и эксплуатационных затрат в системе с разделением грузопотока. В этом варианте ширина лент , выбранная по максимальному размеру куска, оказывается большей, чем необходима по производительности, соответствующей значениям, указанным в табл. 5.I. Затраты для однолинейной с минимальной емкостью склада и дублированной конвейерных систем в рассматриваемых условиях примерно одинаковы (отличие составляет около 5%). Для снижения потребности в конвейерах для горнорудной промышленности предпочтение следует отдать однолинейным системам (нагрузочное резервирование).

Применение однолинейных систем целесообразно при переводе на автомобильно-конвейерный транспорт карьеров действующих горно-обогатительных комбинатов, на фабриках которых уже имеются склады с I,5 суточным запасом руды.

При перемещении конвейерных подъемников в стволах с увеличением глубины карьера более I25-I50 м (производительность I0 млн.т в год) и 300-350 м (производительность 30 млн.т в год) конвейерные линии целесообразно выполнять однолинейными (рис.5.I).

Таблица 5.I

Параметры конвейерных линий с различными видами резервирования и затраты на транспортирование

Карьер	Производительность, млн.т в год	Длина линии*, м	Высота подъема, м	Приведенные затраты в различных вариантах резервирования, коп/т			
				нагрузочное с суточным запасом руды	нагрузочное с двухсуточным запасом руды	дублирование	с разделением грузопотока и с суточным запасом руды
Оленегорский	I4,I	84I	I86	9,06	II,78	8,8I	I2,66
Ковдорский	I6,0	740	I69	8,30	I0,90	8,67	I0,64
Стойленский	25,0	I230	22I	7,70	I0,30	6,94	I0,20
№ 3 НКГОКа	22,0	I080	I98	9,30	II,88	9,46	I2,68
Днепропетровского ГОКа	20,0	II05	2I0	9,80	I2,42	9,8I	I4,I3
ЮГОКа	20,0	2600	I85	I4,06	I6,86	I4,89	I9,62
№ 2 – бис НКГОКа	8,5	654	I24	II,38	I3,46	II,83	I5,48

* Линии, предполагаемые к строительству на карьерах Минчермета СССР.

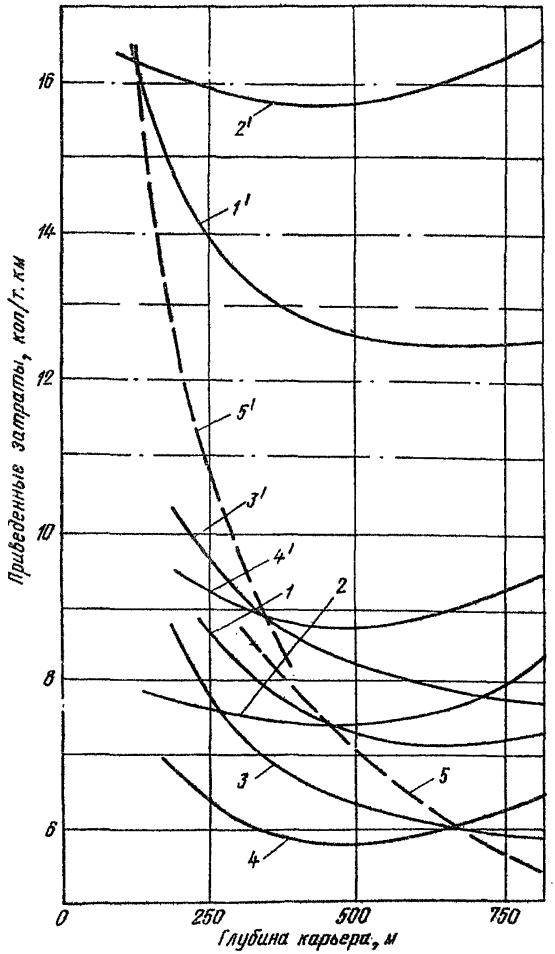


Рис.5.I. Приведенные затраты на транспортирование горной массы наклонными конвейерными подъемниками: I и 2 – одноцепная и дублированная системы производительностью I0 млн.т/год, без учета стоимости горнокапитальных работ, I' и 2' – то же с учетом этой стоимости, 3 и 4 – то же производительностью 30 млн.т/год без учета стоимости горнокапитальных работ, 3' и 4' – то же с учетом стоимости горнокапитальных работ, 5 и 5' – линии равных затрат без учета и с учетом стоимости горнокапитальных работ

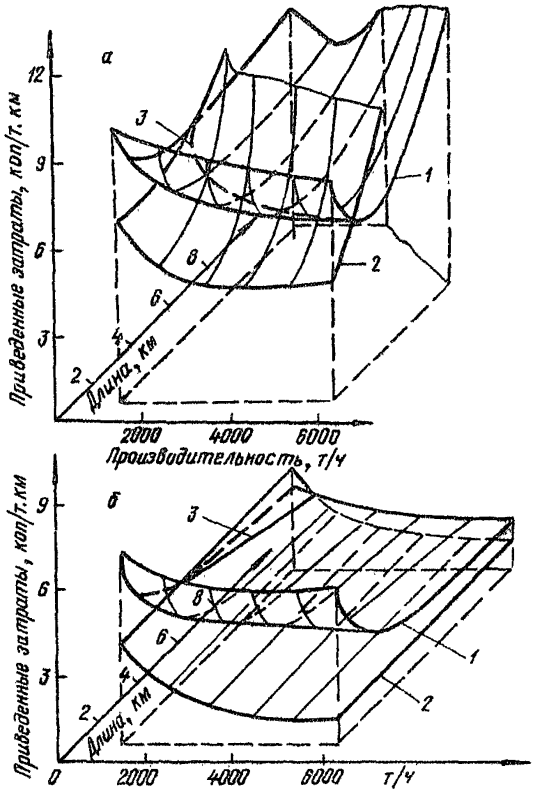


Рис.5.2. К определению областей применения конвейеров (без учета стоимости горнокапитальных работ):
1 – ленточных; 2 – ленточно-колесных; 3 – линия равных затрат.
а – угол наклона трассы $\beta = 18^{\circ}$, б – $\beta = 0^{\circ}$

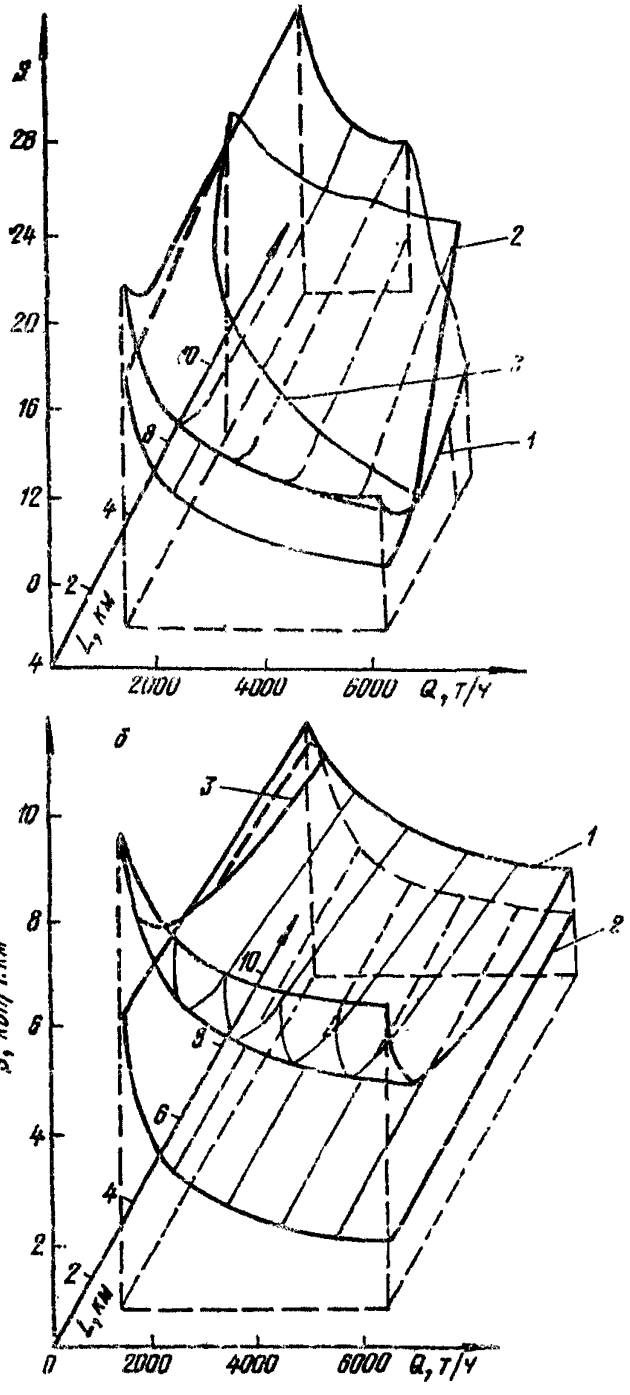


Рис.5.3. К определению областей применения конвейеров (с учетом стоимости горнокапитальных работ):

1 – ленточных;
2 – ленточно-колесных; 3 – линия равных затрат.
а – $\beta = 18^{0}$;
б – $\beta = 0^{0}$

С увеличением расстояния транспортирования экономичность использования однолинейных систем возрастает, так как значительно снижается доля затрат на сооружение склада, приходящаяся на I ткм (приложение 6.I).

5.2. Ленточные, канатно-ленточные, многоприводные и колесно-ленточные конвейеры

Выбор типа и параметров конвейеров производится при обязательном выполнении заданного годового объема перевозок. Это позволяет считать, что затраты на смежные технологические процессы (экскавация, транспорт до перегрузочного пункта в карьере, транспорт от пункта разгрузки на поверхности и т.д.) при использовании различных типов конвейеров в конвейерной линии будут одинаковыми.

Затраты на горнокапитальные работы значительно увеличивают транспортные расходы, практически не влияя на предпочтительные области применения конвейерного оборудования разного конструктивного исполнения (рис.5.2 и 5.3). Поэтому установление рациональных областей применения на открытых разработках различных типов конвейеров в качестве магистрального транспорта может быть произведено по минимуму приведенных затрат только на конвейерное оборудование.

5.2.I. Зависимость изменения удельных приведенных затрат от дальности перемещения скальной крупнодробленой горной массы (до 0,4 м) для однолинейных конвейерных систем, скомплектованных из ленточных и ленточно-канатных конвейеров на горизонтальных и наклонных трассах, представлена на рис.5.4.

Ленточно-канатные конвейеры более экономичны, чем ленточные конвейеры, на горизонтальных трассах длиной свыше I000-I500 м при всех исследованных производительностях (см. рис.5.4, а), а на слабонаклонных трассах (угол 9^{0}) - при производительностях до I000-2000 т/ч (см.рис.5.4, б). Полученные данные согласуются с практикой использования ленточно-канатных конвейеров на протяженных горизонтальных трассах в различных странах. Это объясняется следующими обстоятельствами. У ленточно-канатных конвейеров длиной до I000-I500 м затраты на ленты выше в связи с меньшим их сроком службы по сравнению с ленточными конвейерами. С увеличением длины конвейеров срок службы лент КЛК возрастает интенсивнее и становится большим, чем у ленточных конвейеров (рис.5.5). Кроме того, на протяженных и слабонаклонных трассах также проявляется одно из достоинств ленточно-канатных конвейеров: меньшая по сравнению с ленточными конвейерами металлоемкость линейного става, а следовательно, и меньшие затраты на метал-

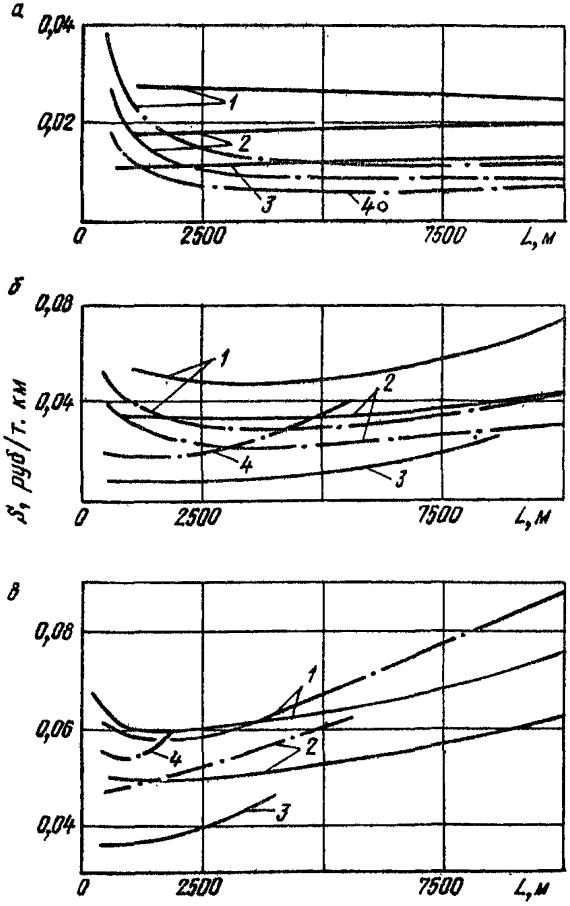


Рис.5.4. Зависимость удельных приведенных затрат от длины транспортирования для ленточных (сплошные кривые) и ленточно-канатных (штрих-пунктирные кривые) конвейеров при $\beta = 0^{\circ}$ (а), $\beta = 9^{\circ}$ (б), $\beta = 18^{\circ}$ (в):
I, 2, 3, 4 – производительность линий, соответственно, 1000, 2000, 6000 и 4000 т/ч

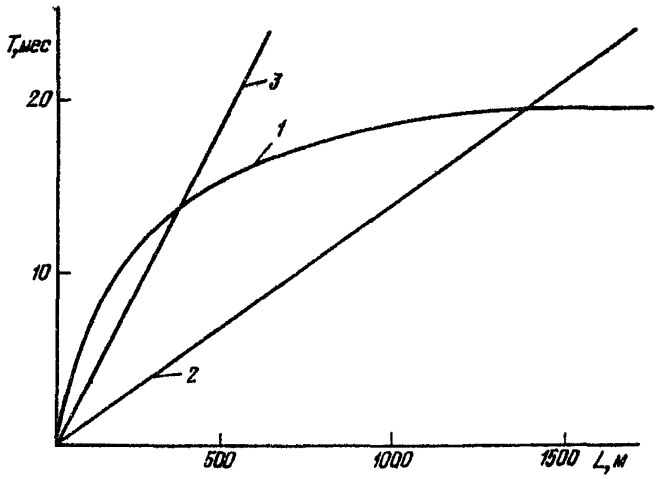


Рис. 5.5. Характер изменения срока службы конвейерных лент в зависимости от длины конвейера:
I – для ленточных конвейеров при крупности горной массы 400 мм ; 2 – для канатно-ленточных конвейеров при крупности горной массы до 400 мм ; 3 – колесно-ленточных конвейеров при крупности горной массы I200 мм

локонструкции. При длине трассы свыше 2000-3000 м удельные приведенные затраты на транспорт КЛК с углом наклона $\beta = 0^{\circ}$ почти в два раза, а с $\beta = 9^{\circ}$ – на I5-30% в зависимости от производительности ниже, чем у ленточных конвейеров.

На трассах, имеющих угол наклона $I8^{\circ}$, КЛК конкурентоспособны с ленточными конвейерами до 2500-3000 м (производительность I000 т/ч) и до I000-I500 м (производительность 2000 т/ч). С увеличением расстояния доставки экономичнее оказываются ленточные конвейеры вследствие более быстрого возрастания числа ставов КЛК, чем ленточных конвейеров ; на обычных конвейерах используются резинотросовые ленты, общая прочность которых может в 3 раза превышать прочность обоих тяговых канатов КЛК. Для высоких производительностей применение КЛК на наклонных трассах нецелесообразно ввиду резкого снижения длины ставов в линии и ее надежности (рис.5.4, в, кривые 2 и 4). Сокращение длины ставов приводит к увеличению габаритов (ширины ленты) у КЛК более высокими темпами, чем у ленточных конвейеров. Поэтому расходы на линейную часть КЛК в линиях с наклонными трассами становятся

равными или даже несколько большими по сравнению с обычными конвейерами. Расходы на ленты КЛК также выше вследствие малой длины наклонных КЛК.

Более наглядно различие в приведенных затратах на перемещение горной массы ленточными и ленточно-канатными конвейерами видно на рис.5.6.

5.2.2. Возможные области применения многоприводных конвейеров с промежуточными фрикционными приводами ленточного типа (МПЛК) можно оценить по рис.5.7. На горизонтальных трассах протяженностью до 10 км (большей длины трассы не исследовались) эффективно использование обычных ленточных конвейеров для всех принятых в расчетах производительностей (рис.5.7, а). Это происходит потому, что сроки службы у обоих видов конвейеров с большим расстоянием между концевыми барабанами примерно одинаковы. Наличие приводных лент, помимо грузонесущей, увеличивает на горизонтальных трассах на 45-55% длину лент МПЛК по сравнению с обычными конвейерами. Поэтому годовой расход лент на МПЛК несколько выше. Кроме того, у МПЛК выше затраты на ролики, поскольку они дополнительно устанавливаются на нижней ветви приводных конвейеров. На трассах с $\beta = 9^{\circ}$ МПЛК становится выгоднее ленточных конвейеров, начиная с дальности транспортирования 4000-6000 м в зависимости от производительности (рис.5.7, б). На наклонных под углом 18° трассах преимущества МПЛК начинают проявляться, когда длина перемещения превышает 3000 м, а производительность достигает 6000 т/ч (рис. 5.7, в). С возрастанием производительности на таких трассах расстояние, начиная с которого выгодно применять МПЛК, сокращается. Области эффективного использования МПЛК на наклонных трассах обеспечиваются за счет более высокого коэффициента готовности линии. Поэтому не требуется завышать в такой степени ширину лент, как у ленточных конвейеров, для выполнения заданной программы.

Отмеченные особенности целесообразного использования МПЛК подтверждаются результатами ряда исследований. Чл.-корр. АН СССР А.О.Спиваковским предложено промежуточные фрикционные приводы использовать на мощных наклонных подъемниках. Приводные ленты контактируют по всей длине рабочей ветви грузонесущей ленты. Поэтому конвейеры удовлетворяют требованию удержания любой из оборвавшихся лент с сохранением в двух других целых лентах запаса прочности не менее 6. В обычном состоянии запас прочности предусмотрен равным 8.

5.2.3. Ленточно-колёсные конвейеры относятся к специальным типам конвейеров, удовлетворяющим требованиям транспортирования крупнокус-

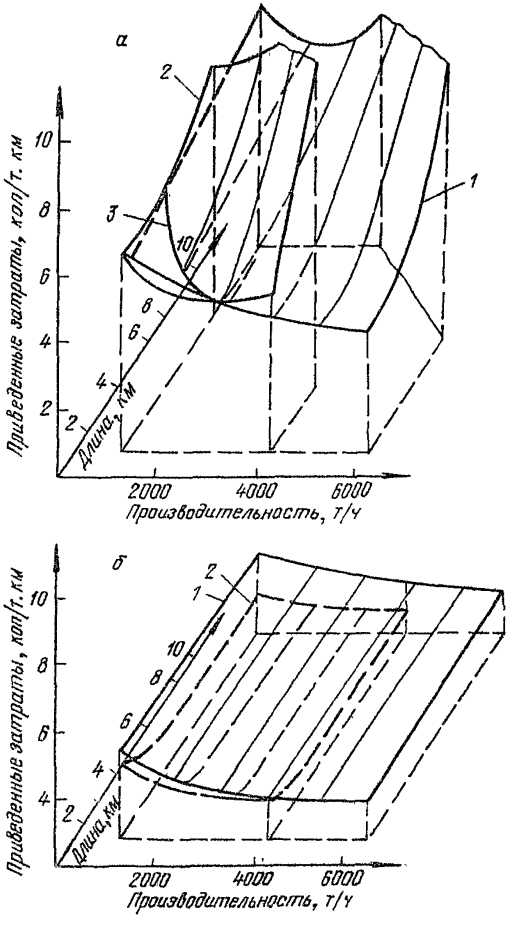


Рис. 5.6. К определению областей применения конвейеров:
I – ленточных; 2 – ленточно-канатных; 3 – линия равных затрат
а – $\beta = 18^{0}$; б – $\beta = 0^{0}$

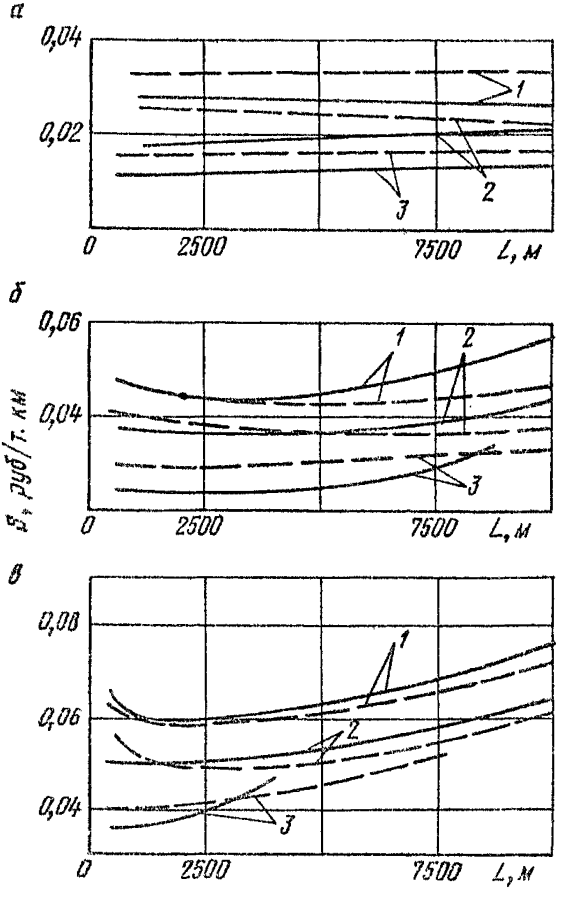


Рис. 5.7. Зависимость удельных приведенных затрат от длины транспортирования для ленточных (сплошные кривые) и многоприводных (штриховые кривые) при а – $\beta = 0^0$; б – $\beta = 9^0$; в – $\beta = 18^0$.
I, 2, 3 – производительность линий, соответственно, 1000, 2000 и 6000 т/ч

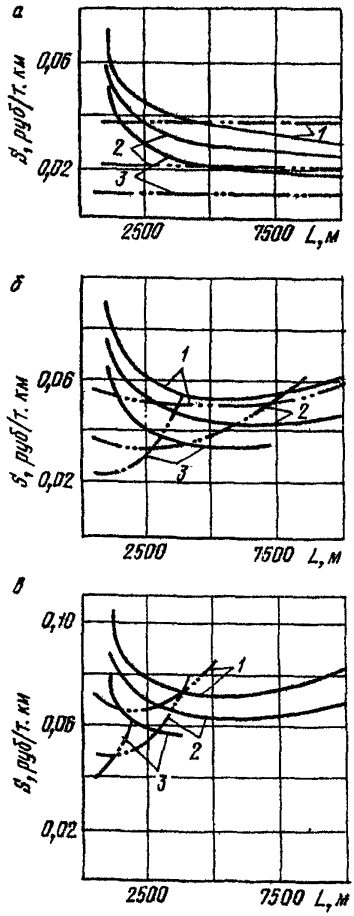


Рис. 5.8. Зависимость приведенных затрат от длины транспортирования для ленточных (сплошные кривые) и ленточно-колесных (штрих-пунктирные кривые) конвейеров при $\beta = 0^0$(а), $\beta = 9^0$(б), $\beta = 18^0$ (в): I, 2, 3 – производительность линий, соответственно, 1000, 2000 и 6000 т/ч

ковых скальных пород с максимальным размером куска до 1000–1200 мм непосредственно после буро-взрывных работ: отсутствует шевеление груза на ленте.

Оценка эффективности применения ленточно-колесных конвейеров возможна при сравнении затрат на транспорт крупнокускового материала с максимальным размером куска до 1,2 м ленточно-колесными конвейерами с затратами на перемещение крупнодробленной горной массы при крупности куска 0,4 м ленточными конвейерами с учетом затрат на дробление. По данным Института горного дела МЧМ СССР приведенные затраты на дробление горной массы в самоходных дробильных агрегатах с увеличением производительности от 1000 до 3000 т/ч снижаются с 4,65 до 4 коп/т, то есть с повышением производительности в 3 раза затраты уменьшаются лишь на 14%. Затраты на дробление руд усредненного по взрываемости качества в полустационарных щековых дробилках составляют 4,3, а в конусных дробилках в схемах с грохочением и без него, соответственно, 2,7 и 3,7 коп/т.

Ленточно-колесные конвейеры, установленные горизонтально, экономичнее лен-

Таблица 5.2

Эффективность и области преимущественного применения оборудования при перемещении скальной горной массы

Тип оборудования	Преимущества	Недостатки	Условия целесообразного использования			Эффективность использования*
			производительность, т/ч	угол наклона трассы, град	расстояние перемещения, км	
Ленточные конвейеры	Скорости транспортирования крупнодробленой горной массы до 3,5 м/с; большие производительности; высокая прочность ленты, позволяющая иметь значительную длину конвейеров	Необходимость дробления горной массы перед транспортированием	При перемещении крупнодробленой горной массы			
			I000-3000	0	Менее I-I,5	-
			4000-6000	0	Все исследованные расстояния	
			I000-3000	I8	То же	
			4000-6000	I8	Менее I-3	
Многоприводные с фрикционными приводами конвейеры	Скорости транспортирования крупнодробленой горной массы до 3,5 м/с; большие производительности; бесперегрузочный транспорт на большие расстояния	Необходимость дробления горной массы перед транспортированием; повышенная потребность в конвейерных лентах (особенно на наклонных линиях)	4000-6000	I8	Более 3-4	Снижение транспортных расходов на I т·км на I0% и более
Ленточно-канатные конвейеры	Скорости транспортирования крупнодробленой горной массы до 3,I5 м/с; небольшая металлоемкость; высокая долговечность лент на длинных конвейерах	Необходимость дробления горной массы перед транспортированием; меньшая производительность; небольшая длина става на наклонных трассах; малый срок службы канатов	I000-3000	0	Более I-I,5	Снижение транспортных расходов на I т·км до 30%
Ленточно-колесные конвейеры	Возможность перемещения крупнокусковой горной массы; сравнительно высокая долговечность лент на длинных конвейерах	Ограниченная 2 м/с скорость ленты; повышенная металлоемкость, необходимость установки в перегрузочных пунктах приводных питателей, снижающих надежность линии	При перемещении крупнокусковой горной массы			
			I000-6000	0	До 3 и более (в зависимости от производительности)	Снижение транспорт. расходов на I т·км до I0-40%
			I000-6000	I8	Менее 5-2 (в зависимости от производительности)	Снижение транспорт. расходов на I т·км до 25-35%
Пластинчатые конвейеры	Возможность перемещения крупнокусковой горной массы, в том числе по криволинейным в плане трассам	Малая скорость движения полотна; повышенная металлоемкость; малая длина конв.става на наклонных трассах, необходимость установки в перегрузоч. пунктах приводных питателей, снижающих надежность линии	Предпочтительных областей применения на прямолинейных трассах не имеют			Перспективны на горизонтальных криволинейных в плане трассах с малыми радиусами

* В сравнении с ленточными конвейерами: для остальных исследованных расстояний перемещения эффективнее использовать ленточные конвейеры, в затратах на которые учтено механическое дробление горной массы.

точных конвейеров при производительности более 2000 т/ч на всех исследованных длинах (рис. 5.8, а). Для таких производительностей экономичность ленточно-колесных конвейеров объясняется меньшими эксплуатационными затратами на ленту благодаря ее более высокому сроку службы в сравнении с ленточными конвейерами, а также сниженными расходами на электроэнергию в связи с меньшим коэффициентом сопротивления движению ходовых опор по рельсам, чем ленты по роликам у обычного конвейера. Ленточно-колесные конвейеры для производительности 1000 т/ч имеют высокие затраты на линейную часть, расходы на ремонт оборудования и материалы в связи с несоответствием ширины ленты необходимой производительности: ширина выбрана по максимальному размеру куска.

С увеличением угла наклона трассы области применения ленточно-колесных конвейеров сужаются. Ленточно-колесные конвейеры выгоднее ленточных в линиях с наклоном 9° при расстоянии до 2000-5000 м (рис. 5.8, б), а с наклоном в 18° – 1000-3000 м (рис. 5.8, в) в зависимости от производительности. На наклонных трассах большей протяженности ленточно-колесные конвейеры уступают по эффективности ленточным конвейерам в связи с более интенсивным снижением надежности работы. У ленточно-колесных конвейеров в узлах перегрузки устанавливаются приводные вибропитатели с коэффициентом готовности 0,96, меньшим по сравнению с коэффициентом готовности неприводного оборудования (0,996), примененного для подачи материала на ленту обычных конвейеров. При большом числе ставов, имеющих место на наклонных трассах, низкая надежность перегрузочных узлов приводит к существенному возрастанию габаритов ленточно-колесных конвейеров и, соответственно, затрат на оборудование. Причиной этого также является малая скорость движения ленты ленточно-колесных конвейеров. Различие в приведенных затратах на перемещение горной массы обычными и ленточно-колесными конвейерами при некоторых исследованных условиях эксплуатации более наглядно представлено на рис. 5.2. Результаты расчетов параметров колесно-ленточных конвейеров и затрат на транспортирование ими в конкретных условиях приведены в приложении 6.2.

Области преимущественного применения различных видов конвейеров, определенные на основе технико-экономических расчетов, тенденций развития конвейерного оборудования и примеров его использования, а также оценки целесообразных условий его работы, приведены в табл.5.2.

Определенные области эффективного использования различных типов конвейеров не являются стабильными. Изменение их зависит от дальнейшего конструктивного совершенствования узлов и деталей оборудо-

вания, повышения долговечности и надежности работы элементов конвейеров и других технических факторов. Однако основные положения разработанной методики могут быть применены при указанных изменениях.

Расчеты по разработанной методике указывают на целесообразность расширения типоразмерного ряда ленточных карьерных конвейеров для перемещения скальных пород и руд, в частности путем освоения серийного выпуска конвейеров с лентами шириной 1200, 1400 и 1800 мм. Это обеспечит выбор оптимальных параметров конвейерного оборудования для большинства видов трасс, встречающихся на карьерах (приложение 6.3).

Учитывая положительный опыт эксплуатации на карьерах различных типов конвейеров и исследования по определению областей их применения, становится очевидной целесообразность выпуска отечественной промышленностью ленточно-канатных с лентой шириной до 1600 мм и ленточно-колесных конвейеров. В перспективе для подъема горной массы из глубоких карьеров возникает необходимость в освоении выпуска многоприводных конвейеров. С целью повышения эффективности циклично-поточной технологии целесообразно изготовление конвейеров, работающих на открытом воздухе без укрытий или в легких укрытиях в суровых климатических условиях.

Анализ сопоставительных расчетов показал возможность и необходимость использования предложенной методики для определения оптимальных параметров оборудования, комплектующего конвейерные линии в конкретных условиях.

6. ПРИЛОЖЕНИЯ

6.1. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ПАРАМЕТРОВ КОНВЕЙЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОТЯЖЕННОЙ ТРАССЫ

При длине трассы 13,72 км (разность отметок 13,72 км – подъем, производительность 26 млн.т, конвейеры Ново-Краматорского машиностроительного завода с лентой шириной 1800 мм) применение двух линий конвейеров (их дублирование) повышает приведенные затраты почти на 60% по сравнению с установкой одной линии конвейеров (варианты 1 и 3, табл.6.1). С учетом затрат на сооружение и содержание склада полезного ископаемого с емкостью, соответствующей производительности однолинейной конвейерной системы, затраты на перемещение угля дублированной системой выше на 40%.

Таблица 6.I

Затраты на транспортирование угля от промплощадки разреза "Березовский" до ГРЭС-I

№ варианта	Характеристика варианта	Число конвейеров в линии	Необходимая производительность, т/ч	Ширина ленты, мм	Скорость ленты, м/с	Коэффициент готовности линии	Капитальные затраты с учетом монтажа оборудования, тыс.руб.		Эксплуатационные расходы, тыс.руб.		Приведенные затраты, руб/т
							на конвейеры	на галереи и перегруз. узлы	на конвейеры	на галереи и перегруз. узлы	
I	Две параллельные линии конвейеров равной производительности в отапливаемой галерее	6	4260	I800	4,6	0,94	22300	8290	65I5	3I4	0,408
2	Две параллельные линии конвейеров равной производительности в холодной галерее	6	4500	I800	4,6	0,905	22700	5650	6570	223	0,324
3	Одна линия конвейеров в отапливаемой галерее	6	5300	I800	5,0	0,757	II500	48I5	4280	206	0,250
4	Одна линия конвейеров в отапливаемой галерее	I0	6350	2000	5,24	0,63	I2000	7660	434I	304	0,274
5	Одна линия конвейеров в холодной галерее	I0	6700	2000	5,24	0,595	I2320	48I0	442I	240	0,265
6	Одна линия конвейеров без учета надежности работы оборудования в отапливаемой галерее	6	4000	I800	4,35	-	I0850	48I5	43I7	206	0,333

Приведенные затраты на транспортирование угля одной конвейерной линией, параметры которой условно рассчитаны без учета надежности работы оборудования, но с учетом возможных потерь годовой производительности (наиболее вероятная годовая производительность при 6 конвейерах в линии составит около 19,5 млн.т при заданной в 26 млн. т), превышают на 30% приведенные затраты на перемещение угля линией, в которой параметры конвейеров выбраны с учетом надежности (варианты 3 и 6).

Значения коэффициентов готовности конвейерных линий с различными параметрами конвейеров свидетельствуют о существовании оптимального уровня надежности, при котором коэффициент готовности не превышает 0,8 в линиях длиной порядка 10 км. Это согласуется с мнением зарубежных исследователей, согласно которому дальнейшее улучшение этого показателя представляется экономически невыгодным, так как дополнительные затраты оказываются больше, чем получаемый эффект.

Установка конвейеров в типовых отапливаемых и холодных галереях незначительно отражается на удельных приведенных затратах в виду несущественного отличия в стоимости галерей (варианты I и 2, 4 и 5, см. табл. 6.I). Разница в приведенных затратах составляет лишь около 3%, то есть находится в пределах точности расчетов. С целью сокращения затрат возможна установка конвейеров в легких укрытиях, устраиваемых по типу примененных на уральских угольных разрезах. Основанием к этому служит отсутствие существенного повышения сопротивления движению ленты по роликам с понижением температуры воздуха, в результате чего потребляемая приводом мощность практически не возрастает, отсутствие поломок металлоконструкций ставов конвейеров в зимний период, достаточно высокий срок службы лент конвейеров, установленных на открытом воздухе.

6.2. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСНО-ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ И ЗАТРАТ НА ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

Расчеты приведенных затрат на перемещение скальных пород из карьера до отвала выполнены для следующих схем: I - дробление вскрыши в карьере с дальнейшей ее доставкой обычными конвейерами (вариант I, табл. 6.2); 2 - перемещение вскрыши ленточно-колесными конвейерами из карьера на его борт, дробление на поверхности с последующей транспортировкой обычными конвейерами (варианты 2 и 3); 3 - перемещение вскрышных пород из карьера на поверхность ленточно-колесными конвейерами, грохочение пород на поверхности и транспортирование под-

Таблица 6.2

Параметры конвейерных линий, скомплектованных из различных конвейеров, и затраты на транспортирование на карьере "Джанатас" ГХК "Каратау"

№ варианта	Наименование оборудования в порядке следования от узла загрузки в карьере	№ конвейера	Параметры конвейеров				Годовая производительность, тыс.т	Затраты на конвейеры, тыс.руб.		Приведенные затраты, коп/т
			ширина ленты, мм	скорость ленты, м/с	мощность, кВт	тип ленты		капитальные	эксплуатационные	
I	Дробилка, наклонный ($I6^0$) ленточный конвейер № I длиной 250м, то же № 2 (6^0, 245 м), горизонтальный ленточный конвейер № 3 длиной 700 м	I 2 3	I400 I400 I400	2,5 2,5 2,5	800 360 300	РТЛ-2500 ТА-300/4 ТА-300/4	I3750	600	343	7,II
2	Наклонный ($I6^0$) ленточно-колесный конвейер № I длиной 250 м, то же № 2 (6^0, 245 м), дробилка, горизонтальный ленточный конвейер № 3 длиной 700 м	I 2 3	I600 I600 I600	I,5 I,5 2,5	630 320 320	ТА-300/I0 ТА-300/6 ТА-300/6	I0600	773	308	7,92
3	Наклонный ($I6-6^0$) ленточно-колесный конвейер № I длиной 490 м, дробилка, горизонтальный ленточный конвейер № 2 длиной 700 м	I 2	I800 I400	I,5 2,5	II20 320	РТЛ-5000 ТА-300/6	I3750	775	356	7,36
4	Наклонный ($I6^0$) ленточно-колесный конвейер № I длиной 250 м, то же № 2 (6^0, 245 м), грохот, экскаватор, автосамосвалы, ленточный конвейер № 3 (0^0, 700 м)	I 2 3	I600 I600 I600	I,5 I,5 2,5	630 320 320	ТА-300/I0 ТА-300/6 ТА-300/6	I0800	8I3	306,6	I0,5

5	Наклонный (16-6°) ленточно-колесный конвейер № 1 длиной 490 м, грохот, экскаватор, автосамосвалы, ленточный конвейер №2 (00, 700 м)	I	I400	I,5	II20	РТП-5000	I3750	810	335,8	9,8
		2	I400	2,5	320	ТА-300/6				

грохотного продукта класса -400 (содержание 86%) ленточными конвейерами до отвала, надгрохотного продукта класса плюс 400 мм – автосамосвалами (варианты 4 и 5). Во второй и третьей схемах рассмотрено использование ленточно-колесных конвейеров, спроектированных Ждановским заводом тяжелого машиностроения с параметрами, определенными без учета надежности работы оборудования (варианты 2 и 4), и конвейеров с параметрами, определенными по вышеописанной методике (варианты 3 и 5). Наиболее эффективными являются схемы транспорта с дроблением породы, в которых параметры конвейеров определены с учетом надежности работы оборудования (варианты I и 3). Приведенные затраты в случаях применения конвейерных комплексов без учета надежности работы выше в связи с возможным снижением годовой производительности из-за аварийных простоев оборудования. Наибольшие приведенные затраты получены в схеме с грохочением материала в связи с расходами на погрузку надгрохотного продукта экскаватором и последующей транспортировкой его автосамосвалами до отвала.

6.3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОПОСТАВЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ И РАССЧИТАННЫХ ПО МЕТОДИКЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЙ

Для условий карьеров Оленегорского, № 3 Ново-Криворожского и Стойленского ГОКов возможно использовать конвейеры с лентой шириной соответственно I200, I400 и I600 мм при скорости ее движения 3,I5 м/с (табл. 6.3). В этом случае параметры конвейеров являются оптимальными, что соответствует минимуму приведенных затрат на конвейерный транспорт. В связи с отсутствием серийных конвейеров с необходимыми параметрами (в том числе мощности привода) вынуждены выбрать конвейеры из выпускаемого отечественной промышленностью оборудования соответственно с лентой шириной I600, I600 и 2000 мм. Это повышает приведенные затраты по сравнению с использованием конвейеров с оптимальными параметрами на I5–25%.

Таблица 6.3

Показатели конвейерных линий

Показатель	Карьер		
	Оленегорский	№ 3 НК ГОКа	Стойленский
Производительность линии, млн.т/год	I4,I	22	25
Длина линии, м	84I	I080	I230
Ширина ленты, мм	I600* / I200	I600 / I400	2000 / I600
Затраты на оборудование, тыс.руб.:			
капитальные	687 / 542,2	I037,4 / 886,6	I300,2 / I079
эксплуатационные	4I2,3 / 328,4	7I3 / 5I2,2	904 / 605,8
Затраты на вспомогательные сооружения и горнокапитальные работы, тыс.руб.:			
капитальные	249I / 2284,5	39I8 / 3860,4	2930 / 2873
эксплуатационные	I52 / I42,5	244,8 / 24I,8	I78,6 / I67,3
Приведенные затраты, коп/т	7,4 / 6,4	7,7 / 6,6	6,86 / 5,46

* Над чертой показатели при использовании серийного оборудования, под чертой – оборудования с оптимальными параметрами.

Содержание

I. Введение 3
2. Методика выбора вида оборудования конвейерных линий 4
Основные положения при выборе оборудования 4
3. Экономико-математические модели расчета параметров конвейеров и приведенных затрат на транспортирование горной массы конвейерными линиями 12
3.I. Принципиальная блок-схема расчета параметров конвейеров и приведенных затрат на транспортирование горной массы конвейерными линиями 12
3.2. Расчет затрат на транспорт ленточными конвейерами 13
3.3. Расчет затрат на транспорт ленточно-канатными конвейерами 25
3.4. Расчет затрат на транспорт многоприводными ленточными конвейерами 29
3.5. Расчет затрат на транспорт ленточно-колесными конвейерами 36
4. Определение целесообразности резервирования конвейерных линий 43
5. Предпочтительные области применения различного конвейерного оборудования 46
5.I. Однолинейные и дублированные системы 46
5.2. Ленточные, ленточно-канатные, многоприводные и ленточно-колесные конвейеры 51
6. Приложения 59
6.I. Результаты расчетов параметров конвейерного оборудования для протяжения трасс 59
6.2. Результаты расчетов параметров колесно-ленточных конвейеров и затрат на транспортирование 62
6.3. Результаты сопоставления проектных и рассчитанных по методике показателей конвейерных линий 64

Руководство
по выбору оборудования конвейерных линий
на карьерах черной металлургии

Институт горного дела
Министерства черной металлургии СССР
620219, Свердловск, ГСП-936, С.Ковалевской, 14

Объем 4,25 п.л. Тираж 300 Заказ №45 Бесплатно

Ротапринт Института горного дела МЧМ СССР

gost.e-ecolog.ru