

МИНИСТЕРСТВО
УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

Всесоюзный научно-исследовательский
и проектный институт

ЦЕНТРОГИПРОШАХТ

Методика расчета односкиповой с противовесом одноканатной подземной установки

Москва 197

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
В/О СОЮЗШАХТОПРОЕКТ

Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт
угольной промышленности
"ЦЕНТРОГИПРОШАХТ"

Согласовано:

Начальник управления
экспертизы проектов
и смет

Л.А.Кафорин

Утверждаю:

Начальник
В/О "Союзшахтопроект"

Н.Ф.Крылов

РАСЧЕТ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОДНОСКИПОВОЙ С ПРОТИВОВЕСОМ ОДНОКАНАТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

Директор института К.К.Кузнецов

Зам.директора по
научной части А.И.Митейко

Научный руководитель работы-
главный инженер проектов И.А.Рабинович

Москва - 1977

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

I. Методика расчета вертикальной односкиповой с противовесом одноканатной подъемной установки 3-47

2. Примерный расчёт 1-29

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

односкиповой одноканатной подъемной установки

В В Е Д Е Н И Е

I. Настоящая методика содержит расчет односкиповой с противовесом одноканатной подъемной установки шахт новых и реконструируемых (с проходкой нового ствола) и используется для составления алгоритмов основных проектно-вычислительных задач.

Разработанные алгоритмы предназначены для составления программ с последующей их реализацией на ЭВМ.

2. Основанием для разработки настоящей методики является приказ Шахтопроекта (В/О "Союзшахтопроект") № 6 от 30 декабря 1974 г.

3. При проектировании проектными организациями скиповых подъемных установок выявились разные подходы к решению одних и тех же технических вопросов. Единая методика расчета устраняет ошибки и разный подход к решению конкретных технических задач.

4. К числу основных задач, подлежащих решению с использованием настоящей методики при проектировании шахтных подъемных машин относятся расчет и выбор:

1. типа и основных параметров сосудов;
2. типа и основных параметров канатов;
3. типа и основных параметров подъемных машин;
4. основных параметров кинематики подъема;
5. типа и основных параметров электропривода.

5. При разработке методики были использованы следующие нормативно-методические материалы и работы:

- Т90 основных направлений развития подземного транспорта и подъема угольных шахт бассейнов, Центрогипрошахт, 1971 г.;
- "Основные направления и нормы технологического проектирования угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик ",Минуглепром СССР, 1973 г.

Конкретные проекты, выполненные институтами Южгипрошахт, Донгипрошахт, Гипрошахт и другими.

- "Основные направления и нормы технологического проектирования угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик", Минуглепром СССР, 1973.

Конкретные проекты, выполненные институтами Южгипрошахт, Донгипрошахт, Гипрошахт и другими.

- ГОСТ на канаты стальные, выпуск 2; 1969 г.
- ГОСТ на машины подъемные шахтные барабанные с диаметром барабана до 3,5 м
- ГОСТ на машины подъемные шахтные барабанные с диаметром барабана 4 м и более.

Авторы методики

Зам.директора по научной работе А.И.Митейко
Научный руководитель работы -
главный инженер проектов И.А.Рабинович

Составители методики:
Главный инженер проектов И.А.Рабинович
Начальник ЭМО Г.Пейсахович
Главный технолог Е.Шестопалова
Руководитель группы А.Гринберг
Руководитель группы Л.Талызина
Старший инженер А.Ранинская

Вертикальная одноканатная односкиповая с противовесом подъемная установка

К основным факторам, влияющим на выбор шахтных подъемных машин, относятся:

1. Производственная мощность шахты – A т.г.
2. Годовая производительность подъема – $A_{год}$ т.г.
3. Глубина разрабатываемого, а также всех последующих, подлежащих разработке, горизонтов – $H_{ш_1}$ (м); $H_{ш_2}$ и т.д.
4. Количество одновременно разрабатываемых горизонтов – $n_г$ (шт)
5. Количество горизонтов, всего подлежащих разработке – n_0 (шт)
6. Срок службы каждого из разрабатываемых горизонтов – $T_{л_1}$ (лет); $T_{л_2}$ и т.д.
7. Количество необходимых шахтовыдач – $n_ш$ (шт)
8. Количество и типы скиповых подъемов, намечаемых для выдачи данного ископаемого
9. Максимально возможные по условиям намечаемого сечения ствола габариты в плане скипов, подлежащих навеске
10. Режим работы шахты в целом:

а) N – число рабочих дней в году;
б) $T_{сут}$ – число часов работы подъема в сутки;
в) $K_н$ – коэффициент неравномерности работы подъема;
г) K_1 – характеристика горной массы (коэффициент K_I перевода объемного веса рядового угля в объемный вес поднимаемой горной массы).

Расчет односкиповой с противовесом одноканатной подъемной установки

I. По заданной годовой производительности подъема (т/год), с учетом объемного веса выдаваемой горной массы, определяется суточная производительность A сут. (по горной массе) в тоннах с учетом режима работы шахты

2

$$A_{сут} = \frac{A_{год} \cdot K_1}{N} \qquad (1)$$

где

A год - годовая производительность подъема, тонн рядового угля в год;

K_1 - коэффициент перевода объемного веса рядового угля в объемный вес горной массы;

N - число рабочих дней в году.

2. Часовая производительность подъемной установки (заданная).

$$A_{час} = \frac{A_{сут} \cdot K_н}{T_{сут}} \qquad (2)$$

где

A сут -суточная производительность шахты по горной массе в тоннах, определяемая с учетом режима работы шахты;

$K_н$ -коэффициент неравномерности поступления груза к стволу; по нормам проектирования Кн = I,5.

$T_{сут}$ - ~~число часов работы подъема в сутки по выдаче полезного ископаемого для шахт с большими промышленными запасами и хорошими горно-геологическими условиями~~ (со сроком службы 35-40 лет и более (мощность пластов - от 12м и более, без тектонических нарушений и пр.) 14,5 час/сутки, для остальных шахт - - I8 час/сут.

Выбор подъемного сосуда

3. Наивыгоднейшая грузоподъемность скипа

$$Q_р = \frac{K_п \sqrt{H_п} + \theta'}{3600} \cdot A_{час} \cdot Z \qquad (3)$$

где

$Q_р$ - расчетная наивыгоднейшая грузоподъемость скипа;

$K_п$ - коэффициент продолжительности одного цикла подъема;

$H_п$ - полная высота подъема, м;

Z - коэффициент, учитывающий тип подъема; Z = I при двухскиповом подъеме и Z = 2 при односкиповом с противовесом.

θ' - пауза между смежными подъемами, сек.

$K_п$ - при одноканатных односкиповых подъемах может изменяться в пределах 4-5.

Тсут – расчетное число часов работы подъема в сутки (15 или 18) должно быть обосновано проектом с учетом: уровня механизации, к-ва работающих лав и режима их работы, времени на проведение профилакт. мероприятий по предотвращению внезапных выбросов угля, породы, газа и др. мероприятий, а также времени на осмотр ствола, канатов, проводников и выполнению мелких ремонт. работ.

Целесообразно принимать при производительности подъемной установки до 1200 тыс.т в год включительно $K_п = 4$. При производительности подъемной установки свыше 1200 тыс.т в год и высоте подъема от 500 м и более следует рассмотреть целесообразность принятия $K_п = 5$. $K_п = 5$ следует принимать, если навеска скипа увеличенной емкости не вызывает необходимости в увеличении диаметра ствола и если увеличение общих капитальных затрат окупается не более, чем за 8-10 лет за счет уменьшения эксплуатационных расходов.

Общая пауза $\theta' = \theta_1 + \theta_2$ (4)

θ_1 - пауза при односкиповом подъеме с противовесом на загрузку или разгрузку скипа, зависящая от емкости скипа, в соответствии с данными, приведенными в табл.I.

Таблица I

Емкость скипа, $м^3$	5	9,5	11	15	20	25	35	55
Пауза, сек.	7	10	11	15	20	25	35	45

θ_2 - время на включение предварительных ступеней реостата (при асинхронном двигателе) или на нарастание момента (при двигателе постоянного тока) плюс время на растормаживание при односкиповом подъеме с противовесом за полный цикл (подъем груженого скипа + подъем противовеса)

$$\theta_2' = 2\ (2{,}5 \div 3)\ с = 5 \div 6\ с$$

Таким образом, общая пауза при односкиповом подъеме с противовесом за полный цикл:

$$\theta'' = 2\theta_1 + (5 \div 6)\ с \qquad (5)$$

В настоящее время угольные скипы емкостью 5-15 $м^3$ имеют секторный затвор; емкостью 20-35 $м^3$ - клапанный затвор; породные скипы конструкции Сибгипрошахта - секторный, конструкции Южгипрошахта - клапанный затвор.

$H_п$ - высота подъема в м

$$H_п = H_ш + h_{загр} + h_{рс} + h'_с + h_{преВ} \qquad (6)$$

где

$H_ш$ - глубина ствола до откаточного горизонта, м;

$h_с$ - высота скипа (без прицепных устройств), м;

$h_{загр}$ - высота от отметки околоствольного двора до отметки загрузки скипа у подземного бункера, м;

$h_{рс}$ - высота кромки приемного бункера на поверхности, м;

$h_{преВ}$ - превышение днища скипа в период разгрузки над кромкой приемного бункера на поверхности, м

($h_{преВ} \cong 0{,}35$ м)

Для предварительных расчетов высоту подъема можно принимать:

а) для угольных скипов при грузоподъемности

до I5 т $H_П = H_Ш + (50 \div 70)$ м (7)

от I5 т до 30 т

$$H_П = H_Ш + (70 \div I00 \text{ м}) \qquad (8)$$

б) для породных скиповых подъемов

$$H_П = H_Ш + (40 \div 60) \text{ м}$$

На основании полученной расчетной грузоподъемности выбирается к установке скип грузоподъемностью, ближайшей к расчетной из числа предусмотренных к изготовлению стандартных скипов

Q_V - геометрическая емкость скипа - $м^3$

$Q_п$ - грузоподъемность скипа - тс

$Q_м$ - собственный вес скипа, включая подвесные устройства - тс

Габариты выбранного скипа в плане прежде всего должны соответствовать сечению ствола, определенному по условиям вентиляции с учетом газового режима, ожидаемого при эксплуатации нижнего горизонта, намеченного проектом к разработке.

Если полезное ископаемое является ценным и боящимся дробления (антрациты и другие высокосортные энергетические угли), то с целью сокращения высоты падения угля при загрузке его в скип и при разгрузке - следует предпочесть выбор скипа большего сечения в плане и меньшей высоты, если это позволяет сечение ствола,

выбранное с учетом ряда условий (вентиляция, размещение труб, кабелей и проч.).

Но нельзя исключить такого положения, когда по условиям вентиляции на шахтах, не опасных по газу, или при нейтральных по вентиляции стволах, сечение ствола получается настолько малым, что разместить в этом стволе скипы необходимой грузоподъемности окажется невозможным.

При таких условиях приходится принимать сечение ствола с учетом размещения в нем наивыгоднейших по грузоподъемности сосудов и прочего оборудования (трубы, кабели и т.д.).

Если на данной шахте для выдачи полезного ископаемого используется один двухскиповой подъем и один односкиповой с противовесом, желательно, по возможности, типоразмеры скипов на обоих подъемах иметь одинаковыми.

Расчет противовеса

В условиях односкипового подъема с противовесом вес последнего равен собственному весу скипа плюс половина веса полезного груза в скипе:

$$Q_{прот} = Q_м + \frac{Q_{пол}}{2} \quad кгс \quad (9)$$

Выбор подъемного каната

Одним из существеннейших элементов, определяющим основные параметры подъемной машины, является тип навешиваемого подъемного каната.

В настоящее время в условиях одноканатных подъемов в СССР, в основном, используются круглопрядные канаты с линейным касанием проволок, а в особых случаях (при больших глубинах и концевых нагрузках) -закрытые канаты, возможно также использование трехграннопрядных канатов (по согласованию с канатным заводом).

При выборе трехграннопрядных и круглопрядных канатов следует, в основном, принимать канаты из проволочки с расчетным временным сопротивлением в пределах 160-180 кгс/мм^2.

При закрытых канатах принимаются проволочки с меньшим временным сопротивлением, чем при круглопрядных и трехграннопрядных, в пределах достигнутых величин при оптимальных показателях работы

канатов (~ 150 кгс/мм2).

При выборе хвостового каната следует ориентироваться на малокрутящиеся многопрядные (ГОСТы 3088-69; 16827-71; 16828-71) круглопрядные канаты или на плоские стальные (ГОСТы 3091-69; 3092-69) или резинотросовые.

Расчет подъемных канатов

Для расчета подъемного каната для скипа необходимо установить величину максимальной статической нагрузки, которая состоит из величины собственного веса сосуда ($Q_м$), веса полезного груза ($Q_п$) и веса полного отвеса каната (pH_0).

При одноканатном подъеме возможны три случая:

I) $q_{хк} = 0$ - хвостовой канат отсутствует, система является статически неуравновешенной;

2) $q_{хк} = P_{гк}$ - имеется равновесный хвостовой канат, система статически уравновешена;

3) $q_{хк} > P_{гк}$ - имеется тяжелый хвостовой канат, система статически переуравновешена. На практике, как правило, используют навеску равновесного хвостового каната;

Требующийся подъемный канат можно определить, рассчитав:
а) необходимое разрывное сопротивление каната, или
б) вес I пог.м требуемого каната.

а) При определении необходимого веса погонного метра каната:

вес I пог.м каната при неуравновешенной и уравновешенной системе подъема (схема I и 2)

$$P_р = \frac{Q_п + Q_м}{\frac{\sigma}{m\gamma_0} - H_0} \quad кгс \qquad (10)$$

Вес I п.м. подъемного каната при наличии тяжелого хвостового каната

$$P_{гк} = \frac{\varphi_п + \varphi_м + (q_{хк} - P_{гк})H_п}{\frac{\sigma}{m\gamma_0} - H_0} \quad кгс \qquad (11)$$

где σ, m и γ_0 - головных канатов.

$Q_п$ - полезный груз скипа, кгс,

$Q_м$ - собственный вес скипа, кгс

$\mathcal{L}_0$ - предельная отвесная длина каната, при которой вес каната вызывает в его опасном сечении (при сходе со шкива) наибольшее напряжение, допускаемое Правилами Безопасности.

$$\mathcal{L}_0 = \frac{\mathcal{B}}{m\gamma_0}, \text{ м} \qquad (12)$$

где

$\mathcal{B}$ - предел прочности проволоки, при растяжении (обычно I6 000- I8 000 кгс/см^2);

γ_0 - фиктивная плотность I м каната, кгс/м.см^2, приходящаяся на I см^2 сечения;

Для стандартных подъемных канатов γ_0 = 0,85-0,93кгс/м.см2

Расчетное значение можно принимать γ_0 =0,92 кгс/м.см2

m - постоянный запас прочности каната.

Для шахтных подъемных установок запас прочности каната (постоянный) должен быть при навеске не ниже 6,5 - кратного для одноканатных подъемных установок, служащих исключительно для спуска и подъема груза.

Канаты для шахт глубиной более 600 м могут рассчитываться при использовании переменного запаса прочности в зависимости от высоты подъема. При этом отношении суммарного разрывного усилия всех проволок каната к концевому грузу (без учета веса каната) должно быть не менее 8,5 - кратного для подъемных установок, служащих исключительно для спуска и подъема груза.

Переменный запас прочности с учетом веса каната не должен быть ниже 4,5- кратного для грузовых подъемов и 5-кратного для людских и грузолюдских подъемных установок, поэтому при расчете нового грузового каната запас прочности принимается n 5.

H_0 - максимальная длина отвеса каната от оси направляющего шкива до места крепления каната к сосуду при самом нижнем положении подъемного сосуда в стволе (м) плюс длина малой ветви петли хвостового каната (схемы I,2).

Максимальная длина отвеса каната определяется следующим образом:

$$H_0 = H_ш + H_{копра} + h_{загр} + h_x \qquad м \qquad (13)$$

где:

$H_{копра}$ – высота копра, м; (расстояние от отметки устья ствола до оси направляющего шкива);

h_x – длина одной ветви петли хвостового каната, м.

Высота копра определяется с учетом принятой схемы расположения направляющих шкивов.

б) При определении необходимого разрывного сопротивления каната:

Необходимое разрывное сопротивление требуемого каната

$$K_z = \frac{Q_к \cdot 6}{\frac{6}{m} - \gamma_0 H_0} \quad кгс \qquad (14)$$

где $Q_к$ – концевая нагрузка на канат, кгс

$$Q_к = Q_п + Q_м \qquad (15)$$

Головной канат для противовеса выбирается точно такой же, как и для скипа. С помощью одного из указанных выше двух способов рассчитывают канат и выбирают его необходимой конструкции и свивки по таблицам ГОСТов: 2688-69; 7665-69; 7668-69; 3079-69; 7685-69; 7669-69 (в основном; ГОСТ 7668-69)

Принимается канат типа . . . . ГОСТ . . . . .

K_z – суммарное разрывное усилие всех проволок каната. . . . . кгс

6 – предел прочности проволоки каната при растяжении. кгс/см2

$d_к$ – диаметр каната . . . . . мм

$P_{гк}$ – вес I п.м. каната. . . . . кг/п.м.

У подобранного каната проверяется статический запас прочности каната при неуравновешенной и уравновешенной системе подъема:

$$m = \frac{K_z}{Q_п + Q_м + P_{гк} H_0} \qquad (16)$$

при уравновешенной системе подъема в величину Но включается также длина отвеса нижней петли хвостового каната с учетом для нижней петли веса погонного метра хвостового каната.

Фактический запас прочности каната при наличии тяжелого хвостового каната будет равен:

$$m = \frac{K_z}{Q_п + Q_м + q_{хк} H_п + P_{гк} (h_{пп} + 0{,}75 R_ш)} \qquad (17)$$

Коэффициент статической неуравновешенности характеризует степень уравновешивания системы подъема:

$$\Delta = \frac{P_{гк} H_п}{K Q_п} \qquad (18)$$

К - коэффициент шахтных сопротивлений (для скиповых подъемов К = I,I5).

Технический предел, когда необходимо прибегать к уравновешиванию системы, наступает при Δ = 0,83-0,87.

Однако, на практике к уравновешиванию системы подъема обычно прибегают при $\Delta \geq 0,5 \div 0,6$ и при высоте подъема от 550-600 м и более.

При больших значениях Δ резко возрастает величина моментов на валу подъемной машины и эффективная мощность двигателя, если систему оставить неуравновешенной.

Расположение подъемной машины относительно ствола шахты

Расположение подъемной машины относительно ствола шахты зависит от многих факторов:

рельефа местности, расположения и компоновки надшахтных сооружений, схемы поверхностного транспорта, расположения подъемных сосудов в стволе и числа и типа устанавливаемых машин и пр.

Принятый тип околоствольного двора и направление движения по выработкам в последнем предопределяют расположение подъемных сосудов в стволе.

Около ствола могут располагаться одна или несколько подъемных машин:

подъемные машины могут располагаться одна за другой, на противоположных сторонах ствола, под углом 90° и вверообразно.

Наибольшее распространение получили две схемы с расположением копровых шкивов на одной горизонтальной оси и в одной вертикальной плоскости.

При скиповых подъемных установках рассмотрены 3 варианта расположения подъемных машин:

I. Подъемная машина двухбарабанная, шкивы расположены на одной горизонтальной оси (см.схему № I).

2. Подъемная машина однобарабанная, шкивы расположены в одной вертикальной плоскости (см.схему № 2).

3. Подъемная машина однобарабанная, шкивы расположены на одной горизонтальной оси (см.схему № 3).

При расположении подъемной машины у ствола должны быть определены следующие параметры:

высота копра от отметки уровня поверхности до горизонтальной оси направляющего шкива; удаление вертикальной оси органа навивки от отвеса канатов; длина струны каната, углы отклонения каната на цилиндрическом барабане, превышение горизонтальной оси органа навивки (барабана) над отметкой поверхности и другие.

Высота копра при расположении копровых шкивов на одной горизонтальной оси (схема № I) и при клиновых коушах:

$$H_{копра} \geqslant h_{рс} + h_{преВ} + h_{с} + h_{пп} + 0{,}75 R_{шк} \quad м \quad (19)$$

При расположении копровых шкивов в одной вертикальной плоскости (схема № 2).

$$H_{копра} \geqslant h_{рс} + h_{преВ} + h_{с} + h_{пп} + 0{,}75 R_{шк} + \ell_1 \quad м \quad (20)$$

$$\ell_1 = 1{,}5 D_{шк}, \; м \quad (21)$$

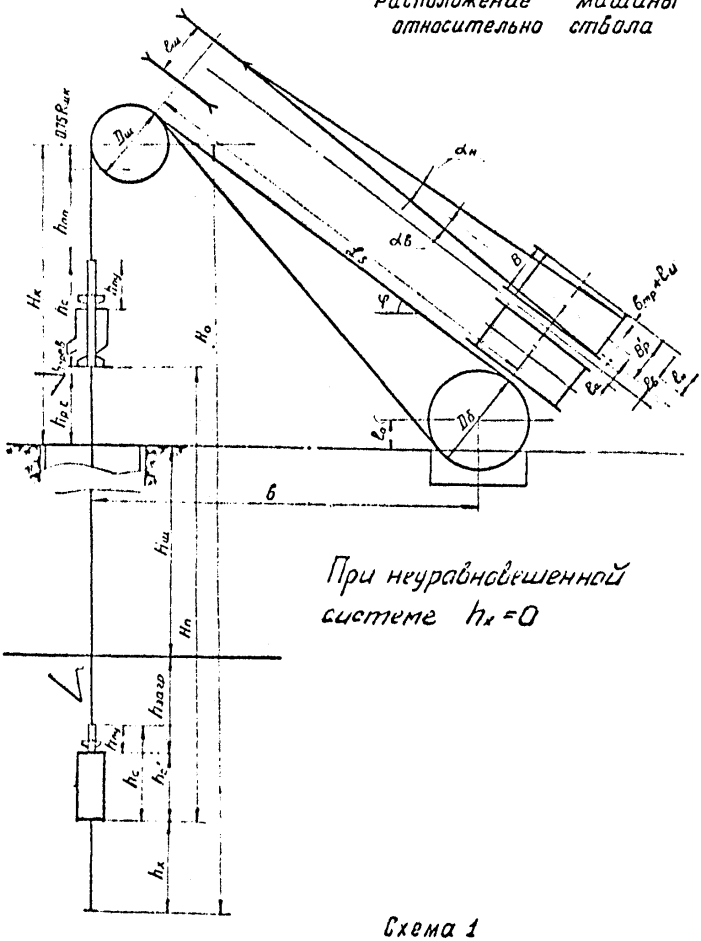
ℓ_1 – расстояние между осями верхнего и нижнего шкивов, м;

$h_{рс}$ – высота кромки бункера над отметкой земли, м;

$h_{преВ}$ – превышение днища скипа в период разгрузки над кромкой приемного бункера (обычно $h_{прев.} = 0{,}35$)м

$h_{с}$ – высота скипа с прицепным устройством до верхнего жимка на канате, м;

$h_{пп}$ – высота переподъема, м;


Расположение машины относительно ствола
При неуравновешенной системе $h_к = 0$
Схема 1

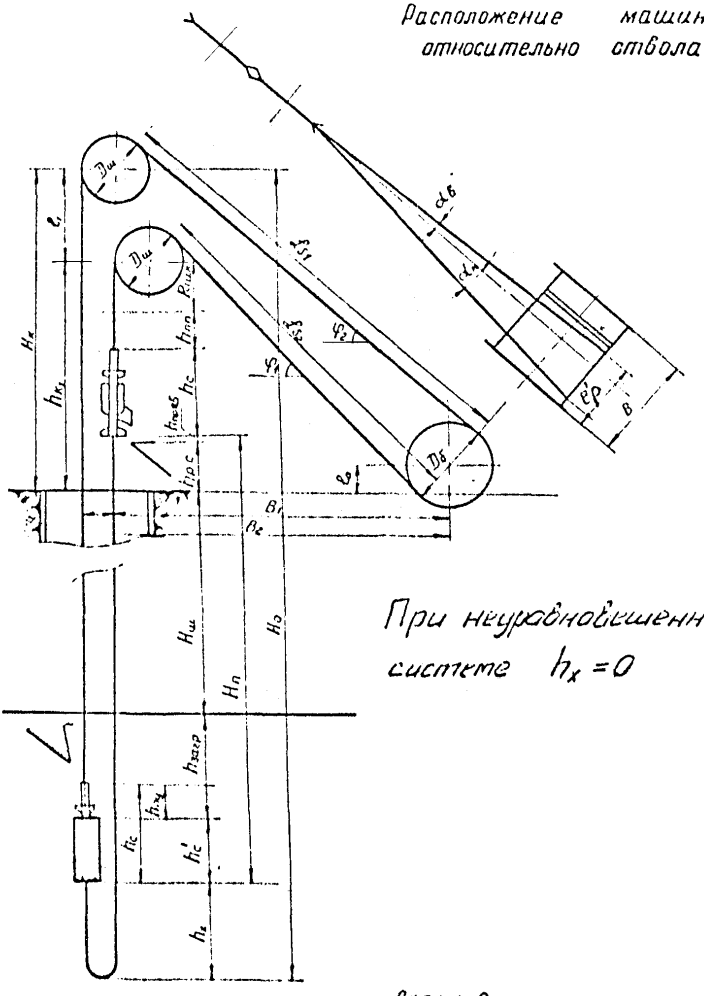

Расположение машины относительно ствола
При неуравновешенной системе $h_x = 0$

Схема 2

Расположение машины относительно ствола

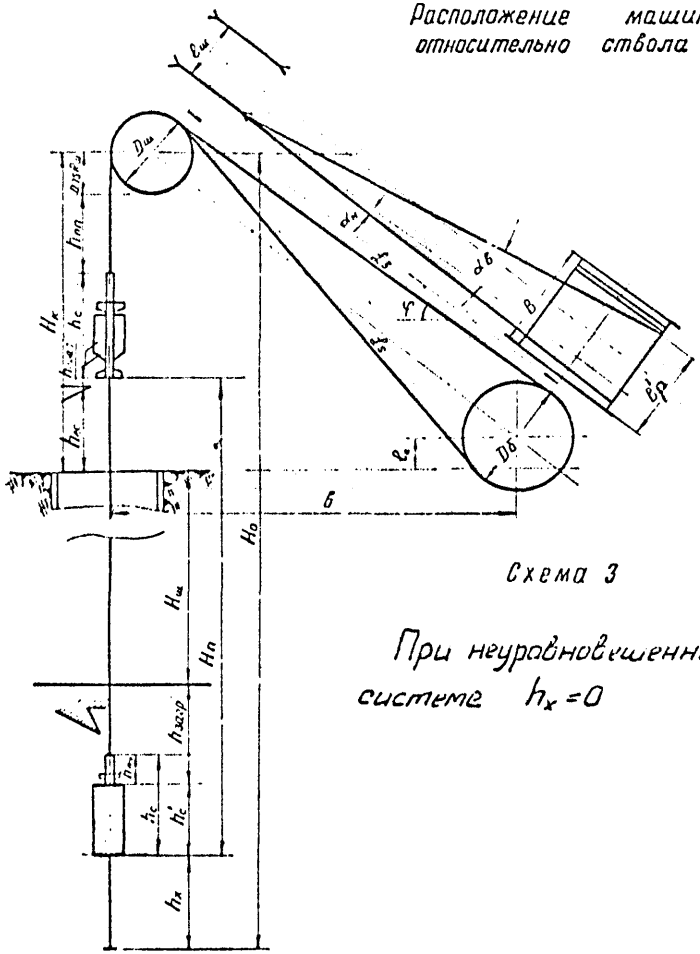


Схема 3

При неуравновешенной системе $h_x = 0$

Высотой переподъёма для грузовых подъёмов в скипах следует считать высоту, на которую может свободно подняться скип от нормального положения при разгрузке до соприкосновения верхнего жимка каната с ободом направляющего шкива или отдельных частей скипа с элементами копра.

Высота переподъема должна быть; на действующих грузовых подъемных установках со скипами не менее 2,5 м, а на вновь проектируемых грузовых скиповых установках - не менее 3 м.

При клиновых коушах в формуле: $H_{копра} \geq h_{рс} + h_{прев} + h_{с} + h_{пп} + 0{,}75 R_{шк}$ вместо „0,75 $R_{шк}$" принимается „$R_{шк}$".

Выбор подъемной машины

При определении необходимого минимального диаметра барабана подъемной машины, в соответствии с Правилами Безопасности следует руководствоваться отношением диаметра барабана к диаметру навешиваемого подъемного каната.

При одноканатных подъемных машинах это отношение для машин, устанавливаемых на поверхности при круглопрядных канатах, и при диаметре каната до 50 мм должно быть:

$$\frac{D_б}{d_к} \geq 79$$

При подземной установке машин

$$\frac{D_б}{d_к} \geq 60$$

При канате закрытой конструкции, учитывая усложненные условия его изгиба

$$\frac{D_б}{d_к} \geq 100$$

При одноканатном шкиве трения и канатах любой конструкции

$$\frac{D_б}{d_к} \geq 120$$

Диаметр направляющих шкивов, как правило, выбирается равным диаметру барабана для обеспечения наиболее благоприятных условий при изгибе каната.

Для вертикальных грузовых подъемных машин, установленных на поверхности, допускается двухслойная навивка канатов на барабаны, однако чаще всего используется однослойная навивка каната.

Ширина навивочной поверхности барабана рассчитывается:

а) при двухбарабанных подъемных машинах с цилиндрическими барабанами:

полная ширина одного цилиндрического барабана двухбарабанной подъемной машины при навивке каната в один слой:

$$B = \left(\frac{H_п + h_u}{\pi D_б} + n_{тр} + 1\right)(d_к + S) \quad \text{мм, где} \quad (22)$$

$H_п$ - длина каната, равная высоте подъема, м;

h_u - резервная длина каната, предназначенная для взятия проб на испытания (h_u = 30 м);

$D_б$ - диаметр барабана, м;

$n_{тр}$ - число витков трения каната

для барабанов с деревянной футеровкой $n_{тр} = 3$;

для барабанов с металлической футеровкой $n_{тр} = 5$

I - два полувитка неиспользуемой ширины барабана (полувитки при выходе каната на барабан и полувиток при сходе каната с барабана в конце навивки);

$d_к$ - диаметр каната, мм

$d_к + S$ - расстояние между центрами двух витков каната;

S - зазор между смежными витками канатов, принимаемый равным 2÷3 мм;
(для подъемных машин с диаметром барабана до 5 м включительно);

При расчетах в среднем можно принимать:

$d_к < 30$ мм	S = 2 мм
$d_к = 30 \div 40$ мм.	S = 2,5 мм
$d_к > 40$ мм.	S = 3 мм

$d_к + S = t_{нар}$ - шаг нарезки барабанов шахтных подъемных машин определяется:

В соответствии с рекомендацией завода НКМЗ для машин с диаметром до 5 м включительно:

$$t_{нар} = d_к + (2 \div 3 \text{ мм}) \quad (23)$$

для машин диаметром 6 мм

$$t_{нар} = 1{,}025\ d_к + 3{,}6 \text{ мм} \quad (24)$$

Рекомендуемые НКМЗ величины шага нарезки ($d_к$ +S) на барабане приведены в таблице. Таблица 2

Шаги нарезки футеровки барабанов (в соответствии с данными ГОСТа 18115-72)

Шаг нарезки, мм	Типоразмеры							
	2Ц-4хI,8 2Ц-2х2,3 ЦР- 4х х3/ 0,7	2Ц-5х2,4 ЦР- 5х3/0,6	2Ц- 6х2,4 ЦР- 6х3/0,6	2Ц- 6х2,8 ЦР-6х 3,4/0,6	2Ц- 5х2,8	2Ц- 6х2,8 У	БЦК- 9/5ж х2,5	БЦК- 8/5х 2х7
	Диаметр каната, мм, не более							
34	32,0	–	–	–	–	–	–	–
37	35,0	–	–	–	– –	–	–	–
40	38,0	38,0	35,5	–	–	–	–	–
44	42,0	4I,0	39,5	39,5	–	–	–	–
48	46,0	45,5	43,5	43,5	–	–	–	–
52	50,0	49,5	47,0	47,0	–	–	46,0	–
56	–	53,5	50,5	50,5	–	–	49,5	–
62	–	–	57,0	57,D	57,D	57,0	55,0	55,0
68	–	–	63,0	63,0	63,0	63,0	60,5	60,5
70	–	–	–	–	–	–	–	63,0

При многослойной навивке каната ширина барабана определяется:

$$B = \frac{1}{2i}\left(\frac{H_n + h_u}{\pi D_{ср}} + n_a\right)(d_к + S) \quad мм \quad (25)$$

$2i$ – число слоев навивки каната;

$D_{ср}$ – средний диаметр барабана, при многослойной навивке каната;

n_a – 7-число витков трения при деревянной футеровке с учетом передвижки каната на I/4 витка через каждые 2 месяца,

n_a = 9-число витков трения при металлической футеровке.

Средний диаметр барабана

$$D_{ср} = \frac{D_1 + D_i}{2} \quad \text{где} \quad (26)$$

D_1 – диаметр навивки первого слоя, м;
D_i – диаметр навивки верхнего слоя, м;

$$D_i \cong D_1 + 2(2i-1)d_к \qquad (27)$$

б) При подъемных машинах с одинарным цидиндрическим неразрезным барабаном.

Необходимая полная ширина барабана межлу ребордами при двухконцевом подъеме:

$$B = \left(\frac{H_n + 2h_u}{\pi D_б} + 2n_{тр} + n_1\right)(d_к + S) \quad мм \qquad (28)$$

где:

$2h_u$ – резервная длина двух ветвей канатов
$2h_u$ = 60 (при наличии специальных бобин для резервного каната эта длина не учитывается)

a_1 – зазор между навивающейся и свивающейся ветвями, равный не менее чем одному витку.

в) При однобарабанной подъемной машине с разрезным барабаном необходимо произвести проверку на размещение каната на навивочной поверхности заклиненной части барабана, имея ввиду, что канат со стороны заклиненной части барабана не должен переходить через разрез барабана (при существующей конструкции разрезного барабана).

Ширина заклиненной части барабана

$$B_з = \left(\frac{H_n + h_u}{\pi D_б} + n'_{тр} + n_{заз}\right)(d_к + S), \quad мм \qquad (29)$$

h_u = 30 м;

$n'_{тр}$ = 3 или 5 в зависимости от футеровки барабана, а с учетом двух полувитков неиспользуемой части барабана – 4 или 6.

$n_{заз}$ – I виток – зазор между навитым канатом и разрезом на барабане.

Ширина переставной части барабана при односкиповом подъеме с противовесом обычно *проверяется* по формуле:

$$B_{пер} = \left(\frac{H_{пер} + h_u}{\pi D_б} + n'_{тр} \right) (d_к + S), \text{ мм} \qquad (30)$$

где

$H_{пер}$ – рабочая длина каната, навиваемая на *переставной* части барабана

h_u – 30 м

$n'_{тр}$ – 3 или 5 в зависимости от футеровки барабана, а с учетом двух полувитков неиспользуемой ширины барабана – 4 или 6.

Общая ширина разрезного барабана: $B = B_з + B_{пер}$ мм (31)

Следует учесть, что ширина переставной незаклиненной части одинарного разрезного барабана для каждого типоразмера однобарабанной подъемной машины является постоянной и регламентируется ГОСТом 18115-72.

Основные параметры необходимой шахтной подъемной машины – максимальное статическое натяжение и разность статических натяжений

Определяем максимальное статическое натяжение канатов ($F_{ст.макс}$) и разность статических натяжений ($R_{ст.неур}$) и сравниваем эти значения с соответствующими значениями у выбранной машины.

Максимальное статическое натяжение каната получается:

а) При отсутствии уравновешивающего каната, т.е. при $Q_{хк} = 0$ в начале подъема груженой ветви

$$F_{ст.макс.} = Q_п + Q_м + P_{гк}(H_о - h'_с) \quad \text{кгс} \qquad (32)$$

б) при тяжелом хвостовом канате, т.е. при $Q_{хк} > P_{гк}$ в момент нахождения груженого сосуда у верхней приемной площадки

$$F_{ст.макс.} = Q_п + Q_м + P_{гк}(H_о - h_х - H_п - h'_с) + Q_{хк}(H_п + h_х), \quad \text{кгс} \qquad (33)$$

в) при уравновешенной системе, т.е. при $Q_{хк} = P_{гк}$ место расположения груженого сосуда не играет роли

$$F_{ст.макс.} = Q_п + Q_м + P_{гк}(H_о - h'_с) \quad \text{кгс}$$

г) при легком хвостовом канате, т.е. при $q_{xk} < p_{rk}$ в момент нахождения груженого сосуда у загрузочного устройства

$$F_{ст.макс.} = Q_п + Q_м + p_{rk}(H_o - h'_c - h_x) + q_{xk} h_x \quad \text{кгс (34)}$$

Максимальная разность статических натяжений канатов равна разности натяжений кататов со стороны ветви опускающегося противовеса:

I. При односкиповом с противовесом одноканатном подъеме:

а) при неуравновешенной системе, т.е. при

$$R_{ст.неур.} = Q_м + Q_п + p_{rk} H_п - Q_м - \frac{Q_{кол}}{2} = \frac{Q_п}{2} + p_{rk} H_п \quad \text{кгс (35)}$$

б) при тяжелом хвостовом канате, т.е. при $q_{xk} > p_{rk}$

$$R_{ст.неур} = \frac{Q_п}{2} + (q_{xk} - p_{rk}) H_п \quad \text{кгс (36)}$$

в) при уравновешенной системе, т.е. при $q_{xk} = p_{rk}$

$$R_{ст.неур.} = \frac{Q_п}{2} \quad \text{кгс (37)}$$

г) при легком хвостовом канате, т.е. при $q_{xk} < p_{rk}$

$$R_{ст\,неур} = \frac{Q_п}{2} + (p_{rk} - q_{xk}) H_п \quad \text{кгс (38)}$$

Необходимо указать, что механическая часть подъемной машины должна быть заказана с учетом максимальных статических величин натяжения и разности натяжений, приведенных в ГОСТе, но электрооборудование и тормозные устройства должны предназначаться и быть налажены для работы в условиях расчетной величины разности статических натяжений.

Длина струны каната

Под длиной струны каната подразумевают расстояние между точками касания каната на направляющем шкиве и на барабане.

В практических расчетах длину струны каната определяют как расстояние в плоскости струны между осью барабана подъемной машины и осью направляющего шкива. При расположении направляющих шкивов на одной горизонтальной оси (рис. I и 3) длина струны определяется:

$$l_s = \sqrt{(H_к - l_o)^2 + (в - R_ш)^2}$$, м (39), где $в$ – расстояние между осью барабана и отвесом каната $в = 0{,}6 H_к + 3{,}5 + D_б$ (40)

При расположении направляющих шкивов в одной вертикальной плоскости (схема № 2) длина большей струны:

$$\mathcal{L}_{S_1} = \sqrt{(H_к - \ell_o)^2 + (B_2 - R_ш)^2}, \text{ м} \qquad (41)$$

длина меньшей струны:

$$\mathcal{L}_{S_2} = \sqrt{(H_к - \ell_1 - \ell_o)^2 + (B_2 - \ell_c - R_ш)^2}, \text{ м} \qquad (42)$$

где

$H_к$ – высота копра

ℓ_o – превышение оси барабана над нулевой отметкой.

По заводским данным:

Для однобарабанных и двухбарабанных машин с $Д_б$=2,5 и 3 м, ℓ_o= 650 мм.

Для крупных подъемных машин НКМЗ с цилиндрическими барабанами ℓ_o = 600 мм.

B_1 – расстояние между осью барабана и отвесом каната малой струны

B_2 – расстояние между осью барабана и отвесом каната большой струны

ℓ_1 – расстояние между горизонтальными осями копровых шкивов при их расположении в одной вертикальной плоскости;

обычно:

$$\ell_1 = 1{,}5\ Д_ш, \text{ м}$$

ℓ_c – расстояние между отвесами канатов в стволе.

Длина струны каната не должна, как правило, превышать 63–65 м. При длине струны более, чем 63–65 м, необходимо предусматривать установку поддерживающих роликов за исключением случаев, когда расчеты показывают, что отсутствует опасность возникновения резонанса струн. При угле наклона струны к горизонту свыше 45° допускается увеличение её длины до 75 м без поддерживающих роликов.

Угол наклона струны каната к горизонту

Тангенс угла наклона струны к горизонту определяется по формуле:

а) при расположении направляющих шкивов на одной горизонтальной оси

$$tg\,\varphi = \frac{H_к - e_0}{B - R_ш} \qquad (43)$$

рекомендуется $\varphi \geq 30^0$ – для нижней ветви струны

Уменьшение угла наклона струны каната к горизонту, как и увеличение последнего влияет на распределение нагрузки на копер и местоположение укосины копра.

б) при расположении направляющих шкивов в одной вертикальной плоскости тангенс угла наклона меньшей струны:

$$tg\,\varphi_1 = \frac{H_к - e_0 - e_1}{B_2 - e_c - R_ш} \qquad (44)$$

в) тангенс угла наклона большей струны:

$$tg\,\varphi_2 = \frac{H_к - e_0}{B_2 - R_ш} \qquad (45)$$

При установке однобарабанных подъемных машин с диаметром барабана, равным 2 м; 2,5 м и 3 м из-за расположения исполнительного органа тормоза угол наклона нижней струны не должен находиться в пределах (соответственно по диаметрам барабанов):

2,0 м – $36^0 \div 56^0$
2,5 м – $36^0 \div 53^0$
3,0 м – $38^0 \div 55^0$

Углы отклонения каната

Угол, образованный крайним положением струны каната на барабане с вертикальной плоскостью, проходящей через отвес каната перпендикулярно оси барабана, называют углом отклонения или углом девиации.

Различают наружные $\alpha_н$ и внутренние $\alpha_в$ углы отклонения. Максимально допустимый угол отклонения каната для цилиндрических барабанов принят равным $\alpha = 1^0 30'$.

Величина углов отклонения зависит от схем расположения подъемной установки у ствола и размещения подъемных сосудов в стволе шахты, а также от размеров барабанов.

Определение углов отклонения (девиации) струн канатов для различных схем подъемных установок приведено ниже:

а) Подъемная установка с двумя цилиндрическими барабанами и шкивами, расположенными на одной горизонтальной оси.

B'_p - ширина необходимой для заданных условий навивочной поверхности барабана.

При деревянной футеровке

$$B'_p = \left(\frac{H_n + 30}{\Pi Д_б} + 4\right)\left(d_к + S\right)$$

При металлической футеровке

$$B'_p = \left(\frac{H_n + 30}{\Pi Д_б} + 6\right)\left(d_к + S\right)$$

$\ell_н$ - величина отклонения каната от плоскости шкива к наружной реборде:

$$\ell_н = B + \frac{\ell_а}{2} - \frac{\ell_ш}{2} - \left[\left(n_{тр} + 0{,}5\right)\left(d_к + S\right)\right] \qquad (46)$$

$\ell_а$ - расстояние между внутренними ребордами;

$\alpha_н$ - наружный угол отклонения каната на барабане:

$$\alpha_н = arctg \frac{\ell_н}{L_s} \qquad (47)$$

$\ell_б$ - величина отклонения каната от плоскости шкива к внутренней реборде

$$\ell_б = B'_p - \left[B + \frac{\ell_а}{2} - \frac{\ell_ш}{2}\right] \qquad (48)$$

$\alpha_б$ - внутренний угол отклонения каната на барабане

$$\alpha_в = arctg \frac{\ell_б}{L_s} \qquad (49)$$

В случае получения углов девиации $\alpha_н > 1^0 30'$ и $\alpha_б > 1^0 30'$ следует увеличить длину струны каната $\mathcal{L}_s$ за счет отнесения машины от ствола или за счет увеличения высоты копра.

б) Подъемная установка с одним цилиндрическим барабаном и шкивами, расположенными в одной вертикальной плоскости, и эта плоскость делит ширину барабана пополам.

Если учесть расположение витков трения у наружных реборд барабана, то

$$\alpha_н = arctg\left[\frac{B}{2} - n''_{тр}(d_к + S)\right] \cdot \frac{1}{\mathcal{L}_{s_2}}$$ где

$n''_{тр}(d_к + S)$ - ширина барабана, занимаемая витками трения +0,5 витка

$$\alpha_б = arctg\left[B'_р - \frac{B}{2}\right] \cdot \frac{1}{\mathcal{L}_{s_2}}$$

в) Подъемная установка с одним разрезным цилиндрическим барабаном и шкивами, расположенными на одной горизонтальной оси.

Внешний угол отклонения

$$\alpha_н = arctg\ \frac{B - \ell_ш - 2 \cdot n'_{тр}(d_к + S)}{2\mathcal{L}_s}$$

Величина внутреннего угла отклонения в этом случае

$$\alpha_б = arctg\ \frac{2B'_р - B + \ell_ш}{2\mathcal{L}_s}$$

Кинематика подъема

Имея грузоподъемность скипа; определяем основные элементы кинематики подъема:

$П_{час}$ – число подъемов скипа в час

$$П_{час} = \frac{А_{час}}{Q_п} \quad \frac{\text{подъемов}}{\text{час}} \qquad (50)$$

$Т_{полн}$ – возможная продолжительность одного полного цикла (подъем скипа и его спуск)

$$Т_{полн} = \frac{3600}{П_{час}} \quad с \qquad (51)$$

$Т_{чистп}$ – чистое время движения за один полный цикл

$$Т_{чистп.} = Т_{полн.п.} - 2\theta'' \quad (52)$$

(в соответствии с "Нормами технологического проектирования"

θ'' равно $\theta_1 + \theta_2$; θ_1 пауза на загрузку или разгрузку скипа; θ_2 – время на создание момента двигателя (или при асинхронном двигателе на включение предварительных ступеней реостата, а также на растормаживание $\theta_2 = 2{,}5 \div 3$, с

$V_{ср}$ – средняя скорость подъема

$$V_{ср} = \frac{2Нп}{Т_{чистп}} \quad м/с \qquad (53)$$

$V_{макс.ор.}$ – ориентировочная максимальная скорость подъема

$$V_{макс.ор} = \mathcal{L}' V_{ср} \qquad (54)$$

$\mathcal{L}'$ – множитель скорости (см. таблицу 3)

Ориентировочная величина множителя скорости зависит от производительности и высоты подъема, уравновешенности и чистого времени одного подъема. Величину множителя скорости, приведенную в таблице, учитывая потери времени, связанные с работой АЗК, следует умножить на I,I5 или I,I (последнее при асинхронном двигателе)

Таблица 3.

Ориентировочные значения коэффициентов α и ρ для предварительного расчёта максимальной скорости подъема и мощности приводного двигателя

Чистое время подъема, сек. (за полуцикл)	Производственная мощность, тыс.т																							
	Уравновешенная система														Неуравновешенная система									
	900						1200						900						1200					
	Высота подъема, м																							
	500		700		900		500		700		900		500		700		900		500		700		900	
	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ	α	ρ
75							1,45	2,1	1,7	2,8			1,48	2,9					1,45	2,4	1,7	4,2		
80	1,45	1,8	1,48	2,1			1,4	2,0	1,6	2,4			1,4	2,6	1,46	3,4			1,4	2,15	1,62	3,5		
85	1,39	1,75	1,41	2,0			1,35	1,9	1,56	2,2			1,35	2,5	1,39	3,07			1,35	2,0	1,55	3,3		
90	1,34	1,65	1,36	1,85					1,45	2,0	1,5	2,4	1,32	2,3	1,35	2,85					1,5	3,0	1,52	3,4
100	1,26	1,55	1,29	1,7					1,35	1,8	1,4	2,0	1,26	2,1	1,29	2,6					1,39	2,6	1,42	2,9
110			1,24	1,6					1,29	1,65	1,3	1,8	1,23	2,0	1,25	2,45					1,3	2,3	1,33	2,5
120			1,19		1,31	1,7			1,2	1,5	1,22	1,6			1,21	2,3	1,29	2,65			1,22	2,0	1,28	2,2
130					1,28	1,65					1,19	1,5					1,26	2,45					1,21	2,0
150					1,25	1,55					1,15	1,3					1,22	2,15					1,15	1,7

Максимальную скорость можно определить также следующим образом: см.тахограмму I:

условный путь при трапецоидальной тахограмме:

$$H_{оп} = H_п - (h_1 + h_5 + h_6) + \frac{v_1^2}{2j_1} + \frac{v_2^2}{2j_4} \quad м \quad (55)$$ x)

условное время при трапецидальной тахограмме:

$$T_o = T_{чист} - (t_1 + t_5 + t_6) + \frac{v_1}{j_1} + \frac{v_2}{j_4} \quad с \quad (56)$$

модуль ускорения:

$$a = \frac{T_o}{\frac{1}{j_2} + \frac{1}{j_3}} \quad (57)$$

ориентировочная максимальная скорость:

$$V_{макс.ор.} = 1{,}1 \left[a - \sqrt{a^2 - 2a V'_{ср}} \right] \quad м/с \quad (58)$$

где $V'_{ср} = \frac{H_{оп}}{T_o}$

коэфф. I,I принимается при высоте подъема до 600м включ ительно

Расчетная скорость вращения органа навивки при ориентировочной максимальной скорости подъема:

$$n_{расч} = \frac{60 V_{макс.ор.}}{\pi D_б} \quad об/мин \quad (59)$$

Если к установке намечается быстроходный двигатель, то, выбирая передаточное отношение зубчатой передачи i, определяем скорость вращения приводного двигателя

$$n_{дв} = n_{расч} \cdot i \text{ об/мин.} \quad об/мин \quad (60)$$

где i - передаточное отношение изготавливаемой и выбираемой зубчатой передачи. Значение i - (см.табл. № 2).

x) Значения величин $h_1, h_5, h_6, t_1, t_5, t_6, v_1, v_2, j_{1,2,3,4}$ приведены ниже.

Выбирая ближайшее большее асинхронное число оборотов асинхронного двигателя (или число оборотов двигателя постоянного тока) и при соответствующем передаточном отношении зубчатой передачи, определяется получаемая максимальная скорость:

$$V'_{макс} = \frac{\pi D_б \cdot n_{факт}}{60 \cdot i} \quad м/с \qquad (61)$$

$n_{факт}$ - выбираемая скорость вращения двигателя об/мин.

При тихоходном двигателе постоянного тока число оборотов двигателя $n_{дв}$ выбирается по каталогу близким необходимому числу оборотов органа навивки.

Выбрав двигатель постоянного тока с определенным числом оборотов, уточняется величина максимальной скорости.

При требуемой мощности привода скиповой одноканатной подъемной машины до 1000 квт предусматривается установка асинхронного привода;

При мощности порядка до 1800-2000 квт - два асинхронных двигателя, одновременно-работающих;

При мощности двигателей от 1800-2000 квт и выше принимаются к установке двигатели постоянного тока быстроходные или тихоходные.

В табл. 4 приведены возможные максимальные скорости при одноканатных подъемных машинах с цидиндрическими барабанами при быстроходных двигателях.

Элементы тахограммы подъема при скипах с секторным затвором

h_1 - общий путь разгрузки скипа с секторным затвором емкостью до 15 м^3 вкл., м

Обычно принимается $h_1 \cong 2{,}4$ м.

V_1 - скорость выхода порожнего скипа из разгрузочных кривых м/с

Обычно принимается $V_1 = 1$ и не более 1,2 м/с.

V_2 - скорость входа груженого скипа в разгрузочные кривые - 0,5 м/с.

t_1 - продолжительность периода ускоренного хода при выходе скипа из разгрузочных кривых - с

Диаграммы скорости, ускорений, движущих усилий и мощности на валу барабана при подъёме скипа

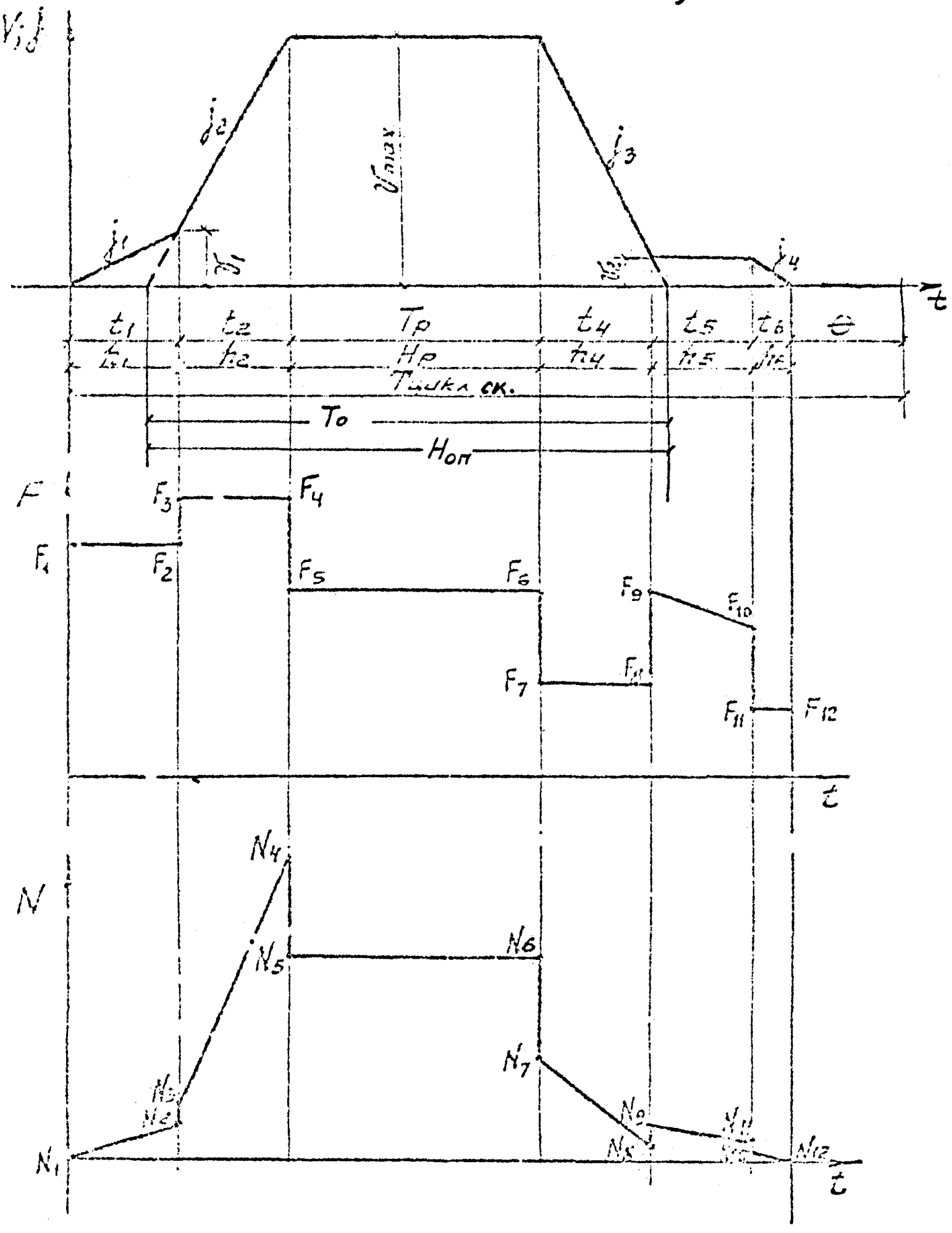


Рис 1.

Таблица 4

Возможные максимальные скорости подъема при одноканатных подъемных машинах с быстроходными двигателями

Типоразмер машин	Диаметр барабана, м	Передаточное число редуктора	Число оборотов двигателя, об/мин						
			240	290	367	485	580	735	960
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
2Ц-I,2x0,8	I,2	20						2,3	3,0
Ц-I,2xI		30						I,5	2,0
2Ц-I,6x0,8	I,6	20					2,4	3,I	4,0
Ц-I,6xI,2		30					I,6	2,0	2,7
2Ц-2xI,I	2,0	20					3,0	3,9	5,0
Ц-2xI,5		30					2,0	2,6	3,4
2Ц-2,5xI,2	2,5	20				3,2	3,8	4,8	
Ц-2,5x2		30				2,I	2,5	3,2	
		II,5				5,5	6,6	8,4	
2Ц-3xI,5	3,0	20				3,8	4,5	5,8	
Ц-3x2,2		30				2,5	3,0	3,8	
		II,5				6,6	7,9	I0,0	
2Ц-3,5xI,8	3,5	I0,5			6,4	8,5	I0,I	I2,9	
Ц-3,5x2,4		II,5			5,9	7,7	9,2	II,7	
ЦР-3,5x3,2/0,8		20			3,4	4,5	5,3	6,8	
		30			2,2	3,0	3,5	4,5	

-26-а

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
2Ц-4хI.8	4,0	I0,5		5,8	7,3	9,7	II,6	I4,6	
2Ц-4х2,3		II,5		5,3	6,7	8,8	I0,5	I3,4	
		20,0		3,0	3,8	5,I	6,I	7,7	
2Ц-5х2,4	5,0	I0,5	6,0	7,3	9,2	I2,I	I4,4	I8,3	
ЦР-5х3/0,6		II,5	5,5	6,7	8,3	II,0	I3,2	I6,7	
2Ц-6х2,4	6,0	I0,5	7,2	8,7	II,0	I4,5	I7;3		
2Ц-6х2,8		II,5	6,6	7,9	I0,0	I3,2	I5,8		
ЦР-6х3/0,6	6,0	I0,5	7 2	8,7	II,0	I4,5	I7,3		
ЦР-6х3,4/0,6		II,5	6,6	7,9	I0,0	I3,2	I5,8		
2Ц-5х2,8 2Ц-6х2,8У	безредукторный привод								

$$t_1 = \frac{2h_1}{V_1} \quad с \qquad (62)$$

j_1 – ускорение при ходе порожнего скипа в разгрузочных кривых м/с^2, обычно принимается равным 0,2–0,25 и не более 0,3 м/с^2.

$$j_1 = \frac{2h_1}{t_1^2} \quad м/с^2 \qquad (63)$$

j_2 – ускорение скипа в период основного ускоренного хода, м/с^2

t_2 – продолжительность периода основного ускорения, с

$$t_2 = \frac{V_{макс} - V_1}{j_2} \quad с \qquad (64)$$

h_2 – путь, пройденный в период основного ускорения

$$h_2 = \frac{V_{макс} + V_1}{2} t_2 \quad м \qquad (65)$$

V_2 – равномерная скорость движения скипа в период дотяжки, м/с

Обычно при скипах с секторным затвором принимается $V_2 = 0,5$ м/с
при скипах с клапанным затвором $V_2 = 0,4$ м/с

j_3 – основное замедление, м/с^2

t_4 – продолжительность периода основного замедления, с

$$t_4 = \frac{V_{макс} - V_2}{j_3} \qquad (66)$$

h_4 – путь, пройденный в период основного замедления, м

$$h_4 = \frac{V_{макс} + V_2}{2} t_4 \qquad (67)$$

j_4 – замедление при стопорении, м/с^2

Обычно принимается $j_4 = 0,2$–$0,25$ м/с^2

t_6 – время стопорения, с

$$t_6 = \frac{V_2}{j_4} \qquad (68)$$

Обычно принимается

$$t_б = \frac{0,5}{0,25} = 2 \text{ с} \quad \text{или} \quad t_б = \frac{0,4}{0,2} = 2 \text{ с}$$

$h_б$ – путь стопорения, м

$$h_б = \frac{j_4 t_б^2}{2} \qquad (69)$$

h_5 – путь равномерного движения скипа в разгрузочных кривых, м

При отсутствии потерь времени, связанных с работой АЗК при существующей схеме

$$h_5 = h_{кр} - h_б \quad м \qquad (70)$$

Однако при используемой в настоящее время схеме работы аппарата задания и контроля (АЗК) имеют место следующие дополнительные потери времени при скипах с секторным затвором и при асинхронном двигателе:

I) путь соответствующий потере времени, связанной с конечным числом зубьев в аппарате АЗК, который равен:

$$\frac{V_{макс}^2 - V_2^2}{2 j_3 n_{зуб} K_м} \qquad (71)$$

где $V_{макс}$ – максимальная скорость подъема, м/с

V_2 – малая равномерная скорость при входе скипа в разгрузочную кривую, при секторном затворе $V_2 = 0,5$ м/с;

j_3 – основное замедление, м/с2;

$n_{зуб}$ – количество зубьев аппарата АЗК; обычно $n_{зуб} = 88$;

$K_м$ – коэффициент использования поверхности муфты АЗК для расположения зубьев; принимаем $K_м = 0,89$.

2) путь, соответствующий потере времени, связанной с ошибкой в системе регулирования, равный:

$$\frac{V_{макс} - V_2}{j_3} \Delta V_1 \qquad (72)$$

где $\Delta V_1 = 0,1$

С учетом ошибок, связанных с работой АЗК при заданных условиях:

$$h'_5 = h_{кр} + \frac{V_м^2 - V_2^2}{2j_э \cdot n_{зуб} \cdot K_п} + \frac{V_{макс} - V_2}{j_э} \Delta V_1 - h_б \quad м \qquad (73)$$

Дополнительная потеря времени, связанная с величинами

$$\left(\frac{V_м^2 - V_2^2}{2j_э \cdot n_{зуб} \cdot K_п} + \frac{V_{макс} - V_2}{j_э} \Delta V_1 \right) \qquad (74)$$

имеет место при существующей схеме работы АЗК.

В настоящее время разработана ВНИИ-Электроприводом и опробована на 7 подъемных установках с двигателями постоянного тока, унифицированная блочная система регуляторов (УБСР) вместе с тиристорным возбудителем и электронным задатчиком программы движения.

Следует проверить работу этой системы также в условиях асинхронного привода с динамическим или низкочастотно-регулируемым торможением. Институтом ГМ и ТК им.М.М.Федорова разработана совместно с машзаводом им. ЛКСМУ интегральная схема, обеспечивающая заданную программу подъема по времени без механической связи с подъемной машиной.

Когда будет возможно использование указанных электрических схем при достаточно точной системе регулирования, получим

$$h'_5 = h_{кр} h_б \qquad (75)$$

При весовой дозировке потеря времени, связанная с ошибкой в системе регулирования уменьшается и может быть принята ориентировочно равной I с при точности дозировки загрузки до I0%.

t_5 - время дотяжки скипа при постоянной скорости, с

$$t_5 = \frac{h'_5}{V_2} \qquad (76)$$

где V_2 - равномерная скорость перед стопорением при секторном затворе = 0,5м/с

$H_р$ – путь, пройденный скипом в период равномерного хода при максимальной скорости, м

$$H_р = H_п - (h_1 + h_2 + h_4 + h_5 + h_6) \quad м \qquad (77)$$

$T_р$ – продолжительность периода равномерного хода при максимальной скорости, с

$$T_р = \frac{H_р}{V_{макс}} \qquad (78)$$

$T_{чист}$ – чистое время движения скипа, с

$$T_{чист} = t_1 + t_2 + T_р + t_4 + t_5 + t_6 \qquad (79)$$

$T_{цикла}$ – общее время одного полного цикла подъема скипа, а также противовеса, с

$$T_{цикла\,п} = 2\,[T_{чист} + \theta_1 + \theta_2] \qquad (80)$$

где θ_1 – время паузы на загрузку и такое же на разгрузку скипов

θ_2 – время на включение предварительных ступеней реостата (при асинхронном двигателе) и на растормаживание $\theta_2 = 2{,}5$–3 с; при односкиповом с противовесом $\theta_2 = 2{,}5$ с;

θ_1 – принимается из вышеприведенной таблицы 1, стр. 5.

Возможное число подъемов с грузом в час:

$$n_{час} = \frac{3600}{T_{цикла\,п}} \quad подъем./ч \qquad (81)$$

$A'_{час}$ – возможная часовая производительность подъема с учетом коэффициента неравномерности подъема

$$A'_{час} = \frac{n_{час} \cdot Q_п}{1{,}5} \qquad (82)$$

Число часов работы подъема в сутки (получаемое):

$$T_{сут} = \frac{A_{сут}}{A'_{час}} \quad ч/сут. \qquad (83)$$

($A_{сут}$ и $A'_{час}$ – приводятся с учетом коэффициента неравномерности подъема).

Ориентировочная мощность приводного двигателя односкипового подъема, квт

$$P_{op} = \frac{\rho \cdot Q_n \cdot H_n}{2 \cdot 102\, T_{чист} \cdot \eta_г} \qquad (84)$$

$\eta_г$ – кпд зубчатой передачи
при одноступенчатой зубчатой передаче – 0,96
при двухступенчатой зубчатой передаче – 0,92

ρ – динамический коэффициент эффективной мощности

$\rho = f(K_n \alpha' \varepsilon)$; принимается по таблице 3

где K_n – коэффициент продолжительности подъема,

α – множитель скорости
ε – коэффициент динамического режима.

Определив ориентировочную мощность двигателя и имея максимальную скорость подъема и число оборотов двигателя, по каталогам определяем мощность ближайшего стандартного двигателя, допустимую перегрузку двигателя $\gamma_{дв} = \frac{M_{max}}{M_{ном}}$, маховый момент ротора GD^2 кгс.м2.

Приведенная масса

При работе подъемной машины часть элементов получает вращательное движение: барабан машины, копровые шкивы, ротор приводного двигателя, зубчатые колеса редуктора;

часть элементов подъема перемещается прямолинейно: сосуды, груз, канаты.

I) Приведенный вес подъемной машины

$$G_б' = \frac{GD^2_{маш}}{D_б^2} \quad кгс \qquad (85)$$

$GD^2_{маш}$ – маховый момент машины кгс.м2.

2) Аналогично определяется приведенный вес (направляющих) шкивов кгс

$$G'_{шк} = 2\,\frac{GD^2_{шк}}{D^2_{шк}} \quad кгс \qquad (86)$$

$GD^2_{шк}$ – маховый момент отклоняющего шкивав кгс.м2.

3) Приведенный вес ротора одного приводного двигателя.

а) В случае, когда ротор соединен с валом барабана через редуктор

$$G'_{ipom} = n \cdot \frac{GD^2_{pom}}{D\delta^2} \; i^2 \qquad кгс \qquad (87)$$

GD^2_{pom} – маховый момент ротора двигателя кгс.м2. $G'_{i\,pom}$ при наличии нескольких одновременно работающих двигателей увеличивается на " n " – число одновременно работающих двигателей.

б) в случае применения тихоходного двигателя, соединенного непосредственно с валом барабана.

$$G'_{i\,pom} = \frac{GD^2_{pom}}{D\delta^2} \qquad кгс \qquad (88)$$

4) Приведенный вес редуктора

$$G'_{ред} = \frac{GD^2_{ред}}{D\delta^2} \qquad кгс \qquad (89)$$

$GD^2_{ред}$ – маховый момент редуктора, определяемый для выбранного типа редуктора.

Тип редуктора выбирается по необходимому передаточному отношению зубчатой передачи с учетом необходимого крутящего момента на его тихоходном валу.

Определение ориентировочного требуемого момента на тихоходном валу редуктора производится по формуле:

$$M = \left(\frac{830 P_н \eta_г}{n_{дв}} \; \gamma_g - 0{,}025 \cdot n \frac{GD^2_{pom}}{R\delta} \; i \right) i \qquad кгс.м \qquad (90)$$

$P_н$ – номинальная мощность предварительно выбранного двигателя, квт; (или выбранных двигателей).
$n_{дв}$ – число оборотов выбранного двигателя, об/мин.:
γ_g – перегрузочная способность двигателя;
$R\delta$ – радиус органа навивки (барабана), м;
GD^2_{pom} маховый момент ротора, кгс.м2;
i – передаточное отношение.
n – число одновременно работающих двигателей

При редукторе с двумя независимыми малыми шестернями передача указанного в заводских данных крутящего момента обеспечивается при работе двух двигателей.

По каталогу определяем тип редуктора и его маховый момент, приведенный к тихоходному валу кгс.м2.

5) Вес поступательно движущихся частей при неуравновешенном односкиповом с противовесом одноканатном подъеме при подъеме груженого скипа:

$$G_{пост} = Q_п + Q_м + Q_{прот} + 2p_{гк} l_{гк} \quad кгс \quad (91)$$

то же при уравновешенной системе подъема:

$$G'_{пост} = Q_п + Q_м + Q_{прот} + 2p_{гк} l_{гк} + q_{хк} l_{хк} \quad кгс \quad (92)$$

В условиях подъема противовеса вес поступательно движущихся частей при неуравновешенном односкиповом подъеме:

$$G''_{пост} = Q_м + Q_{прот} + 2p_{гк} l_{гк} \quad кгс \quad (93)$$

то же при уравновешенной системе подъема;

$$G'''_{пост} = Q_м + Q_{прот} + 2p_{гк} l_{гк} + q_{хк} l_{хк} \quad кгс \quad (94)$$

$l_{гк}$ – полная длина ветви головного каната, м.

$$l_{гк} = H_0 + \frac{\pi D_б}{2} + l_s + n_{тр} \pi D_б + h_u \quad (95)$$

где:

H_0 – максимальная длина отвеса каната при самом нижнем положении подъемного сосуда в стволе до оси направляющего шкива – м;

$\frac{\pi D_б}{2}$ – длина каната, огибающая направляющие шкивы;

$n_{тр} \pi D_б$ – длина витков трения каната, м;

h_u – резервная длина каждого из подъемных канатов, предназначенная для взятия проб на испытание (h_u = 30 м);

$l_{хк}$ – длина хвостового каната, м; (если предусмотрена уравновешенная система подъема);

$$l_{хк} = H_п + 2h_л \quad (96)$$

где $H_п$ – высота подъема, м;

$2h_х$ – длина петли хвостового каната, м с учетом зачалок, м (ориентировочно можно принимать 30 м при уравновешенной системе подъема).

Сумма приведенных к окружности органа навивки весов движущихся частей подъемной системы при подъеме груженого скипа:

$$\Sigma G' = G'_б + G'_{шк} + G'_{ipom} + G'_{peд} + G_{пост} \quad кгс \quad (97)$$

то же, при подъеме противовеса:

$$\Sigma G'' = G'_б + G_{шк} + G_{ipom} + G'_{peд} + G''_{пост} \quad кгс \quad (98)$$

Определяем массу движущихся элементов подъемной системы, при подъеме груженого скипа, приведенную к окружности навивки

$$m = \frac{\Sigma G'}{g} \quad кгс \cdot с^2/м \quad (99)$$

то же при подъеме противовеса

$$m' = \frac{\Sigma G''}{g} \quad (100)$$

где g = 9,81 м/с2.

Учитывая величину крутящего момента на тихоходном валу редуктора при неуравновешенной системе односкипового с противовесом подъема, определяем:

$$М_{макс} = \left[1,15 \frac{Q_п}{2} + p_{гк}(H_п - 2h_1) + J_п j_2\right] R_б \quad кгсм \quad (101)$$

Приведенный к оси машины момент инерции ротора двигателя /или роторов двигателей/

$$J_{р.д} = \frac{2 G'_{ipom}}{g} R_б^2 \quad (102)$$

где $G_{i\,рот}$ – приведенный вес ротора одного двигателя

$g = 9{,}81$ м/с^2

Уточненный крутящий момент на валу редуктора:
(в соответствии с указанием ГОСТа 18115-72, приложение 4)

$$M = M_{макс} - J_{р.д.} \Sigma \qquad (103)$$

где $\Sigma = \frac{j_2}{R_б}$ – угловое ускорение (104)

Выбор величины ускорения и замедления

При ориентировке на выбор ускорения, обеспечивающего полное использование перегрузочной способности двигателя в период пуска величина максимального ускорения равна:

а) при неуравновешенной системе подъема для машин с постоянным радиусом навивки

$$j_{макс} = \frac{\gamma_п F_{ном} - k Q_п - P_{гк} H_п}{\Sigma \gamma_п} \quad м/с^2 \qquad (105)$$

где $\gamma_п$ – принимаемое значение коэффициента перегрузки за период пуска, при асинхронном двигателе и металлическом реостате равно 0,7 $\gamma_{ном}$. При подъемном двигателе постоянного тока $\gamma_{пуск} = \gamma_{ном}$

$\gamma_{ном}$ – номинальное значение перегрузочной способности двигателя.

$F_{ном}$ – номинальная нагрузка двигателя, приведенная к окружности барабана

$$F_{ном} = \frac{102\, P_{ном}}{V_{max}} \cdot \eta_z \qquad (106)$$

$P_{ном}$ и $n_{ном}$ – соответственно номинальная мощность и число оборотов подъемного двигателя;

$\eta_з$ – кпд редуктора .

б) при уравновешенной системе подъема

$$j_{макс.} = \frac{\gamma F_{ном} - к Q_п}{\Sigma m} \quad м/с^2 \qquad (107)$$

Однако выбор величины максимального ускорения указанным выше способом был бы целесообразен только в том случае, если имелась бы уверенность в строгой точности величины поднимаемого скипом груза.

Поэтому исходим в своих расчетах из величин основных ускорения и замедления, зависящих от величины максимальной скорости, получающихся величин усилий, возможности свободного выбега в период основного замедления и пр.

Для определения движущих усилий на окружности органа навивки используем динамическое уравнение, для двухконцевого вертикального подъема (акад. М.М.Федорова)

$$F_{дв} = к Q_п + (P_{гк} - q_{хк})(H_п - 2x) \pm m j \qquad (108)$$

где

K – коэффициент, учитывающий влияние вредных сопротивлений (для скиповых подъемов К=I,I5).

$P_{гк}$ – вес I п.м. головных канатов, кг/м;

$q_{хк}$ – вес I п.м. хвостового (кравновешивающего) каната, кг/м;

$H_п$ – высота подъема в м;

x – путь, пройденный подъемным сосудом от начала подъема,

m – приведенная к окружности барабана масса движущихся частей подъемной установки, кгс.$с^2$/м;

j – ускорение (замедление) подъемного сосуда, м/$с^2$.

Основное уравнение подъема

а) при уравновешенной системе, когда $q_{хк} = p_{гк}$

$$F_{дв} = к\,Q \pm \gamma m j \qquad (109)$$

б) при неуравновешенной системе, когда $q_{хк} = 0$

$$F_{дв} = к\,Q_п + p_{гк}(H_п - 2x) \pm \gamma m j \qquad (110)$$

в) при переуравновешенной системе, когда $q_{хк} > p_{гк}$

$$F_{дв} = к\,Q_п - (q_{хк} - p_{гк})(H_п - 2x) \pm \gamma m j \qquad (111)$$

Значение усилий на ободе барабана в различные периоды работы скипового подъема, оборудованного скипами с секторным затвором, при:

I. уравновешенной системе односкипового с противовесом одноканатного подъема.

а) при подъеме скипа

усилие в начале и в конце периода первоначального ускорения

$$F_1 = F_2 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + \gamma m j_1 \quad кгс \qquad (112)$$

Усилие в начале и в конце периода основного ускорения

$$F_3 = F_4 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + \gamma m j_2 \quad кгс \qquad (113)$$

Усилие в начале и в конце периода равномерной скорости

$$F_5 = F_6 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} \quad кгс \qquad (114)$$

Усилие в начале и в конце основного замедления

$$F_7 = F_8 = 1{,}15\,\frac{Q}{2} - \gamma m j_3 \quad кгс \qquad (115)$$

Усилие в начале периода дотяжки скипа в разгрузочных кривых при равномерном движении

$$F_9 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} \quad кгс \qquad (116)$$

Усилие в конце периода дотяжки груженого скипа в разгрузочных кривых при равномерном движении $F\,10 = 0{,}85\,\frac{Q_п}{2}$ кгс (117)

Усилие в конце подъема груженого скипа

$$F_{11} = F_{12} = 0{,}6\,\frac{Q_п}{2} - \gamma m j_4 \quad кгс \qquad (118)$$

б) при подъеме противовеса и уравновешенной системе подъема:

Усилие в начале и в конце периода ускоренного подъема в разгрузочных кривых

$$F_1' = F_2' = 1{,}15\,\frac{Q_n}{2} + \gamma m' j_1 \quad \text{кгс} \qquad (119)$$

Усилие в начале и в конце периода основного ускорения

$$F_3' = F_4' = 1{,}15\,\frac{Q_n}{2} + \gamma m' j_2 \quad \text{кгс} \qquad (120)$$

Усилие в начале и в конце периода равномерной скорости

$$F_5' = F_6' = 1{,}15\,\frac{Q_n}{2} \quad \text{кгс} \qquad (121)$$

Усилие в начале и в конце основного замедления

$$F_7' = F_8' = 1{,}15\,\frac{Q_n}{2} - \gamma m' j_3 \quad \text{кгс} \qquad (122)$$

Усилие в начале и в конце периода дотяжки противовеса при равномерном движении с малой скоростью:

$$F_9' = F_{10}' = 1{,}15\,\frac{Q_n}{2} \quad \text{кгс} \qquad (123)$$

Усилие в конце подъема противовеса

$$F_{11}' = F_{12}' = 1{,}15\,\frac{Q_n}{2} - \gamma m' j_4 \quad \text{кгс} \qquad (124)$$

2) Неуравновешенной системе одноконцевого с противовесом одноканатного подъема, оборудованного скипами с секторным затвором:

а) при подъеме скипа:

Усилие в начале подъема

$$F_1 = 1{,}15\,\frac{Q_n}{2} + p_{гк} H_n + \gamma m j_1 \quad \text{кгс} \qquad (125)$$

Усилие в конце периода ускорения в разгрузочных кривых

$$F_2 = 1{,}15\,\frac{Q_n}{2} + p_{гк}\,(H_n - 2h_1) + \gamma m j_1 \quad \text{кгс} \qquad (126)$$

Усилие в начале периода основного ускорения

$$F_3 = 1{,}15\,\frac{Q_n}{2} + p_{гк}\,(H_n - 2h_1) + \gamma m j_2 \quad \text{кгс} \qquad (127)$$

Усилие в конце периода основного ускорения

$$F_4 = 1{,}15\,\frac{Q_n}{2} + p_{гк}\left[H_n - 2\,(h_1 + h_2)\right] + \gamma m j_2 \quad \text{кгс} \qquad (128)$$

Усилие в начале периода равномерной скорости

$$F_5 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + p_{гк}\left[H_п - 2\,(h_1 + h_2)\right] \quad кгс \quad (129)$$

Усилие в конце периода равномерной скорости

$$F_6 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + p_{гк}\left[H_п - 2\,(h_1 + h_2 + H_р)\right] \quad кгс \quad (130)$$

Усилие в начаое периода основного замедления

$$F_7 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + p_{гк}\left[H_п - 2\,(h_1 + h_2 + H_р)\right] - \gamma m j_3 \quad кгс \quad (131)$$

Усилие в конце периода основного замедления

$$F_8 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + p_{гк}\left[H_п - 2\,(h_1 + h_2 + H_р + h_4)\right] - \gamma m j_3 \quad кгс \quad (132)$$

Усилие в начале периода дотяжки скипа в разгрузочных кривых при равномерном движении

$$F_9 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + p_{гк}\left[H_п - 2\,(h_1 + h_2 + H_р + h_4)\right] \quad кгс \quad (133)$$

Усилие в конце периода дотяжки скипа в разгрузочных кривых при равномерном движении

$$F_{10} = 0{,}85\,\frac{Q_п}{2} - p_{гк}\,(H_п - 2{\cdot}0{,}5) \quad кгс \quad (134)$$

" Усилие в конце подъема скипа

$$F_{11} = F_{12} = 0{,}6\,\frac{Q_п}{2} - p_{гк}\,H_п - \gamma\gamma l j_4 \quad кгс \quad (135)$$

б) в условиях подъема противовеса.

Усилие в начале подъема

$$F_1' = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + p_{гк}\,H_п + \gamma m' j_1 \quad кгс \quad (136)$$

Усилие в конце периода ускорения в разгрузочных кривых

$$F_2' = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + p_{гк}\,(H_п - 2\,h_1) + \gamma m' j_1 \quad кгс \quad (137)$$

Усилие в начале периода основного ускорения

$$F_3' = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + p_{гк}\,(H_п - 2h_1) + \gamma m' j_2 \quad кгс \quad (138)$$

Усилие в конце периода основного ускорения

$$F_4' = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + p_{гк}\left[H_п - 2\,(h_1 + h_2)\right] + \gamma m' j_2 \quad кгс \quad (139)$$

Усилие в начале периода равномерной скорости

$$F_5^1 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + p_{гк}\left[H_п - 2(h_1 + h_2)\right] \quad \text{кгс} \qquad (140)$$

Усилие в конце периода равномерной скорости

$$F_6^1 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + p_{гк}\left[H_п - 2(h_1 + h_2 + H_р)\right] \quad \text{кгс} \qquad (141)$$

Усилие в начале периода основного замедления

$$F_7^1 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + p_{гк}\left[H_п - 2(h_1 + h_2 + H_р)\right] - \gamma m' j_3 \quad \text{кгс} \qquad (142)$$

Усилие в конце периода основного замедления

$$F_8^1 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + p_{гк}\left[H_п - 2(h_1 + h_2 + H_р + h_4)\right] - \gamma m' j_3 \quad \text{кгс} \qquad (143)$$

Усилие в начале периода дотяжки при равномерном движении

$$F_9^1 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} + p_{гк}\left[H_п - 2(h_1 + h_2 + H_р + h_4)\right] \quad \text{кгс} \qquad (144)$$

Усилие в конце периода дотяжки при равномерном движении

$$F_{10}^1 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} - p_{гк}\,(H_п - 2 \cdot 0{,}5) \quad \text{кгс} \qquad (145)$$

Усилие в конце подъема противовеса

$$F_{11}^1 = F_{12}^1 = 1{,}15\,\frac{Q_п}{2} - p_{гк} H_п - \gamma q j_4 \quad \text{кгс} \qquad (146)$$

Величина эффективного усилия определяется по формуле:

$$F_{эфф} = \sqrt{\frac{\Sigma F^2 t}{T_{эфф}}} \quad \text{кгс} \qquad (147)$$

При уравновешенной системе за полный цикл подъема (подъем скипа и подъем противовеса)

$$\Sigma F^2 t = F_1^2 t_1 + F_3^2 t_2 + F_5^2 T_р + F_7^2 t_4 +$$
$$+ (F_9^2 + F_{10}^2)\,\frac{t_5}{2} + F_{11}^2 t_6 + (F_1')^2 t_1 + (F_3')^2 t_2 + (F_5')^2 T_р +$$
$$+ (F_7')^2 t_4 + (F_9')^2 t_5 + (F_{11}')^2 t_6 \qquad (148)$$

При неуравновешенной системе за полный цикл подъема:

$$\Sigma F^2 t = (F_1^2 + F_2^2)\frac{t_1}{2} + (F_3^2 + F_4^2)\frac{t_2}{2} + (F_5^2 + F_5 \cdot F_6 + F_6^2)\frac{T_P}{3} +$$
$$+ (F_7^2 + F_8^2)\frac{t_4}{2} + (F_9^2 + F_{10}^2)\frac{t_5}{2} + (F_{11}^2 + F_{12}^2)\frac{t_6}{2} +$$
$$+ (F_1'^2 + F_2'^2)\frac{t_1}{2} + (F_3'^2 + F_4'^2)\frac{t_2}{2} + (F_5'^2 + F_5' \cdot F_6' + F_6'^2)\frac{T_P}{3} +$$
$$+ (F_7'^2 + F_8'^2)\frac{t_4}{2} + (F_9'^2 + F_{10}'^2)\frac{t_5}{2} + (F_{11}'^2 + F_{12}'^2)\frac{t_6}{2} \qquad (149)$$

$T_{эфф}$ – эквивалентная продолжительность цикла, т.е. время, в течение которого двигатель, вращающийся с максимальной скоростью, отдал бы окружающей среде такое же количество тепла, которое он отдает за время одного цикла подъема.

Для общего случая двухскипового подъема при шестипериодной диаграмме скорости (при скипе с секторным затвором):

$$T_{эфф} = \beta_1 (t_1 + t_2 + t_4 + t_5 + t_6) + T_P + \beta_2 \theta' \quad с \qquad (150)$$

где β_1 и β_2 – коэффициенты, учитывающие ухудшение охлаждения двигателя в период неустановившегося движения и во время паузы при асинхронном двигателе:

$$\beta_1 = 0{,}5 \qquad \beta_2 = 0{,}25$$

При односкиповом подъеме с противовесом и при асинхронных двигателях, принимаем, что $t_1 = t_1'$; $t_2 = t_2'$ и т.д. для полного цикла:

$$T_{эфф} = 0{,}5\left[2(t_1 + t_2 + t_4 + t_5 + t_6)\right] + 2T_P + 0{,}25 \cdot 2\theta' \quad с \qquad (151)$$

где: $\theta' = \theta_1 + \theta_2$;

θ_1 – время паузы, согласно приведенной выше таблицы.

θ_2 – время на включение предварительных ступеней реостата (при асинхронном двигателе) и на растормаживание, при односкиповом с противовесом $\theta_2 = 2{,}5$ с.

Для двигателей постоянного тока, учитывая наличие у них принудительной вентиляции, может быть использована следующая формула:

$$T_{эфф} = 2(t_1 + t_2 + t_4 + t_5 + t_6) + 2T_p + 2\theta' \qquad (152)$$

Определив $F_{эфф}$, находим эффективную мощность двигателя

$$P_{эфф} = \frac{F_{эфф} \cdot V_{макс.}}{102 \cdot \eta_z} \qquad (153)$$

при безредукторном приводе $\eta_z = 1$.

Зная величину $F_{макс} = 1{,}15 \frac{Qn}{2} + Jn j_2$ (при уравновешенной системе) и $F_{макс} = 1{,}15 \frac{Qn}{2} + P_{гк} H + Jn j_2$ (при неуравновешенной системе), проверяем строительную мощность двигателя по условию перегрузки.

$$P_{стр.} = \frac{(1{,}35-1{,}4)^x F_{макс.} \cdot V_{макс.}}{102 \cdot \gamma_{дв.} \cdot \eta_z} \qquad (154)$$

x) 1,35–1,4 – коэффициент, принимаемый при асинхронном двигателе, учитывает броски тока при использовании металлического реостата.

$\gamma_{дв}$ – перегрузочная способность двигателя.

Выбрав по каталогу необходимый двигатель с ближайшей большей мощностью, проверяем его номинальную перегрузочную способность γ ном, которая должна быть при асинхронном двигателе:

$$0{,}7\gamma_{ном} \geqslant \frac{F_{макс.}}{F_{ном.}} \qquad (155)$$

где 0,7 соответствует коэффициенту 1,4, учитывающему бросок тока при металлическом реостате.

При двигателях постоянного тока должна быть перегрузочная способность

$$\gamma_{ном.} \geqslant \frac{F_{макс.}}{F_{ном.}} \qquad (156)$$

Для подъемных двигателей величина γ принимается по каталожным данным, а ориентировочно:

$\gamma \leq 1{,}9 \div 2{,}1$

Ориентировочное значение γ двигателей постоянного тока

$\gamma \leq 2{,}1 \div 2{,}3$

Если кратковременная перегрузка двигателя превышает рекомендуемые пределы, то необходимо изменить кинематический и динамический режимы работы установки (уменьшить ускорение) или заменить выбранный приводной двигатель.

Установленная мощность двигателя постоянного тока принимается на 10-15% больше эффективной мощности, т.е.

$$P_{дв.\ пост.тока} = 1{,}1 \div 1{,}15\ P_{эфф.} \qquad (157)$$

Полезный расход энергии на один полный цикл подъема

$$W'_{пц} = W'_{пп} = 2\,\frac{\frac{Q_п}{2} \cdot H_п}{102 \cdot 3600} \qquad (158)$$

Полезный расход энергии на 1 т поднимаемого груза

$$W_{пл1т} = W_{пп1т} = \frac{W_{пп}'}{Q_п} = \frac{H_п}{367{,}3} \qquad (159)$$

Фактический расход энергии при асинхронном двигателе на один полный цикл (подъем скипа и противовеса):

$$W_{пп} = \frac{1.02\,V_{макс} \cdot \Sigma Ft}{102 \cdot \eta_ц \cdot \eta_{дв.}\,3600} + 0{,}0023\,T_ц \qquad (160)$$

где при уравновешенной системе подъема:

$$\Sigma Ft = F_1 t_1 + F_3 t_2 + F_5 T_p + F_7 t_4 +$$
$$+ \frac{F_9 + F_{10}}{2} t_5 + F_{11} t_6 + F_1' t_1 + F_3' t_2 +$$
$$+ F_5' T_p + F_7' t_4 + \frac{F_9' + F_{10}'}{2} t_5 + F_{11}' t_6 \qquad (161)$$

при неуравновешенной системе подъема:

$$\Sigma Ft = (F_1 + F_2)\frac{t_1}{2} + (F_3 + F_4)\frac{t_2}{2} + (F_5 + F_6)\frac{T_p}{2} + (F_7 + F_8)\frac{t_4}{2} + (F_9 + F_{10})\frac{t_5}{2} + (F_{11} + F_{12})\frac{t_6}{2} +$$

$$+ (F_1' + F_2')\frac{t_1}{2} + (F_3' + F_4')\frac{t_2}{2} + (F_5' + F_6')\frac{T_p}{2} + (F_7' + F_8')\frac{t_4}{2} +$$
$$+ (F_9' + F_{10}')\frac{t_5}{2} + (F_{11}' + F_{12}')\frac{t_6}{2} \qquad (162)$$

Тц – время одного полного цикла подъема, с.

Фактический расход энергии при двигателях постоянного тока на полный цикл подъема:

$$W_{фп} = \frac{\Sigma (Nt + N't)}{3600 \cdot \eta_{дв.} \cdot \eta_{умф.}} \qquad (163)$$

$\eta_{умф.}$ – к.п.д. умформера $\eta_{умф} = 0{,}85$
или " тиристора и трансформатора $= 0{,}94$

Мощность в отдельные периоды работы приводного двигателя постоянного тока при подъеме скипа:

$$N_1 = \frac{F_1 \cdot V_0}{102 \cdot \eta_z} = 0; (164) \quad N_2 = \frac{F_2 \cdot V_1}{102 \cdot \eta_z}; (165) \quad N_3 = \frac{F_3 \cdot V_1}{102 \cdot \eta_z}; (166)$$

$$N_4 = \frac{F_4 \cdot V_{макс.}}{102 \cdot \eta_z}; (167) \quad N_5 = \frac{F_5 \cdot V_{макс.}}{102 \cdot \eta_z}; (168) \quad N_6 = \frac{F_6' \cdot V_{макс.}}{102 \cdot \eta_z}; (169)$$

$$N_7 = \frac{F_7 \cdot V_{макс.}}{102 \cdot \eta_z}; (170) \quad N_8 = \frac{F_8 \cdot V_2}{102 \cdot \eta_z}; (171) \quad N_9 = \frac{F_9 \cdot V_2}{102 \cdot \eta_z}; (172)$$

$$N_{10} = \frac{F_{10} \cdot V_2}{102 \cdot \eta_z}; (173) \quad N_{11} = \frac{F_{11} \cdot V_2}{102 \cdot \eta_z}; (174) \quad N_{12} = \frac{F_{12} \cdot V_0}{102 \cdot \eta_z} = 0 \quad (175)$$

Мощность в отдельные периоды при подъеме противовеса, когда подъемный привод – двигатель постоянного тока:

$$N_1' = \frac{F_1' \cdot \vartheta_0}{102 \cdot \eta_z} = 0; (176) \quad N_2' = \frac{F_2' \cdot \vartheta_1}{102 \cdot \eta_z}; (177) \quad N_3' = \frac{F_3' \cdot \vartheta_1}{102 \cdot \eta_z}; (178)$$

$$N_4' = \frac{F_4' \cdot \vartheta_{макс}}{102 \cdot \eta_z}; (179) \quad N_5' = \frac{F_5' \cdot \vartheta_{макс}}{102 \cdot \eta_z} (180) \quad N_6' = \frac{F_6' \cdot \vartheta_{макс}}{102 \cdot \eta_z}; (181)$$

$$N_7' = \frac{F_7' \cdot \vartheta_{макс}}{102 \cdot \eta_z}; (182) \quad N_8' = \frac{F_8' \cdot \vartheta_2}{102 \cdot \eta_z}; (183) \quad N_9' = \frac{F_9' \cdot \vartheta_2}{102 \cdot \eta_z}; (184)$$

$$N_{10}' = \frac{F_{10}' \cdot \vartheta_2}{102 \cdot \eta_z}; (185) \quad N_{11}' = \frac{F_{11}' \cdot \vartheta_2}{102 \cdot \eta_z}; (186) \quad N_{12}' = \frac{F_{12}' \cdot \vartheta_0}{102 \cdot \eta_z} = 0 (187)$$

Расход энергии

а) при подъеме скипа

$$W_{п_1} = \frac{(N_1 + N_2)\, t_1}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{умф}} \quad (188)$$

$$W_{п_2} = \frac{(N_3 + N_4) \cdot t_2}{2 \cdot 3600\, \eta_{дв} \cdot \eta_{умф}} \quad (189)$$

$$W_{п_3} = \frac{(N_5 + N_6) \cdot T_p}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{умф}} \quad (190)$$

$$W_{п_4} = \frac{(N_7 + N_8) \cdot t_4}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{умф}} \quad (191)$$

$$W_{п_5} = \frac{(N_9 + N_{10}) \cdot t_5}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{умф}} \quad (192)$$

$$W_{п_6} = \frac{(N_{11} + N_{12}) \cdot t_6}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{умф}} \quad (193)$$

б) при подъеме противовеса

$$W'_{п1} = \frac{(N'_1 + N'_2)\, t_1}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{умф}} \quad (194) \qquad W'_{п2} = \frac{(N'_3 + N'_4) \cdot t_2}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{умф}} \quad (195)$$

$$W'_{п3} = \frac{(N'_5 + N'_6)\, T_р}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{умф}} \quad (196) \qquad W'_{п4} = \frac{(N'_7 + N'_8)\, t_4}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{умф}} \quad (197)$$

$$W'_{п5} = \frac{(N'_9 + N'_{10})\, t_5}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{умф}} \quad (198) \qquad W'_{п6} = \frac{(N'_{11} + N'_{12})\, t_6}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{умф}} \quad (199)$$

Фактический расход энергии при двигателях постоянного тока за полный цикл подъема

$$W_{фп\,1п} = \Sigma W_{п\,1\text{-}6} + \Sigma W'_{п\,1\text{-}6'} \qquad квтч \qquad (200)$$

Дополнительный расход энергии, учитывающий расход энергии при неработающем подъемном двигателе, а также на освещение и пр.

$$\Sigma W_{доп} = 0{,}0023\ Т_ц \qquad квтч \qquad (201)$$

Расход энергии за полный цикл подъема

$$W_п = 1{,}02\ W_{фп\,1п} + \Sigma W_{доп} \qquad квтч \qquad (202)$$

Удельное значение фактического расхода энергии на 1 т расчетного поднимаемого груза при двигателях постоянного тока

$$W_{фп\,1т} = \frac{W_п}{Q_п} \qquad (203)$$

КПД подъёмной установки

$$\eta_у = \frac{W'_{пп\,1т}}{W_{фп\,1т}} \qquad (204)$$

Выше приведен полный расчёт подъёмной установки, с учётом возможной в настоящее время наибольшей потери времени, связанной с ошибками в работе АЗК по условиям конечного числа зубьев на муфте АЗК, отклонения скорости за счет ошибок в системе авторегулирования электроприводом и принимая, что АЗК отключается в конце каждого подъёма и вновь включается в процессе начинающегося подъёма при двигателе постоянного тока, а при асинхронном приводе - перед основным замедлением.

Однако можно с вполне достаточной степенью точности вести расчёт, сперва условно принимая, что ошибок и потери времени, связанных с работой АЗК, в настоящее время нет, т.е. величины;

$$\frac{v^2_{макс} - v_1^2}{2j_2 n к},$$

$$\frac{v^2_{макс} - v_2^2}{2j_3 n к},$$

$$\frac{v_{макс} - v_2}{j_3} \Delta v$$

Таблица № 4

При односкиповом подъеме с противовесом при скипе с секторным затвором при $v_1 = v_2 = 0{,}5$ м/с, а также при скипе с клапанным затвором при $v_1 = v_2 = 0{,}4$ м/с.

$v_{макс}$	При асинхронном двигателе				При двигателе постоянного тока			
	Общая длина пути, эквивалентная потере времени за полный цикл подъема (подъем скипа + подъем противовеса) $h_{пм} = 2\left(\frac{v_{макс}^2 - v_2^2}{2j_3} \frac{n}{к} + \frac{v_{макс} v_2}{j_3} \Delta v\right)$		Потеря времени за полный цикл, с		Общая длина пути, эквивалентная потере времени за полный цикл подъема (подъем скипа + подъем противовеса) $h_{пм} = 2\left(\frac{v_{макс}^2 - v_1^2}{2j_2} \frac{n}{к} + \frac{v_{макс}^2 - v_2^2}{2j_3} \frac{n}{к} + \frac{v_{макс} - v_2}{j_3} \Delta v\right)$		Потеря времени за полный цикл, с	
	При сект. затворе $v_1 = v_2 = 0{,}5$	При клап. затворе $v_1 = v_2 = 0{,}4$	при $v_1 = v_2 = 0{,}5$	при $v_1 = v_2 = 0{,}4$	При сект. затворе $v_1 = v_2 = 0{,}5$	При клапанном затворе $v_1 = v_2 = 0{,}4$	при $v_1 = v_2 = 0{,}5$	при $v_1 = v_2 = 0{,}4$
6	2,074	2,104	4,2	5,3	2,682	2,744	5,4	6,8
7	2,562	2,592	5,1	6,5	3,392	3,424	6,8	8,6
8	3,086	3,112	6,2	7,8	4,172	4,198	8,3	10,5
9	3,64	3,668	7,3	9,2	5,014	5,044	10,0	12,6
10	4,23	4,26	8,5	10,65	5,928	5,96	11,6	14,9
11	4,856	4,886	9,7	12,2	6,912	6,946	13,3	17,4
12	5,514	5,54	11,0	13,8	7,962	7,988	15,9	20,0
13	6,204	6,234	12,4	15,6	9,076	9,108	18,1	22,8
14	6,932	6,96	13,9	17,4	10,264	10,294	20,5	25,7
15	7,692	7,72	15,4	19,3	11,518	11,548	23,0	28,9
16	8,486	8,516	17,0	21,3	12,840	12,872	25,7	32,2

Потеря времени в секундах, связанная с работой АЗК при его механическом соединении с подъемной установкой. При скиповом подъеме со скипами с секторным затвором при $v_{I} = v_{2} = 0,5$ м/с, а также с клапанным затвором при $v_{I} = v_{2} = 0,4$ м/с при двухскиповом подъеме за один цикл, а при односкиповом подъеме – за полуцикл подъема.

v макс		При асинхронном двигателе		При двигателе постоянного тока			
		В период до основного ускорения	В период после основного замедления $\frac{v^2_{макс} - v^2_2}{2.0,75.88.0,89} + \frac{v_{max} - v_2}{j_3}\Delta v$	В период до основного ускорения $\frac{v^2_{max} - v^2_1}{2.0,75.88.0,89}$		В период после основного замедления $\frac{v^2_{max} - v^2_2}{2.0,75.88.0,89} + \frac{v_{max} - v_2}{j_3}$	
			при $v_2 = 0,5$	при $v_2 = 0,4$	при $v_1 = 0,5$	при $v_1 = 0,4$	при $v_2 = 0,5$	при $v_2 = 0,4$
6	При асинхронном двигателе в этот период нет потерь времени, связанных с работой АЗК.		2,I	2,6	0,6	0,76	2,07	2,63
7			2,6	3,2	0,83	I,04	2,56	3,24
8			3,I	3,9	I,09	I,36	3,09	3,89
9			3,6	4,6	I,37	I,72	3,64	4,59
I0			4,2	5,3	I,7	2,I3	4,23	5,33
II			4,9	6,I	2,06	2,58	4,86	6,I
I2			5,5	6,9	2,45	3,06	5,5I	6,93
I3			6,2	7,8	2,87	3,59	6,2	7,8
I4			6,9	8,7	3,33	4,I7	6,9	8,7
I5			7,7	9,6	3,83	4,79	7,7	9,65
I6			8,5	I0,6	4,35	5,45	8,5	I0,65

не учитываются и тогда, как указывалось выше, при асинхронном двигателе $h_5 = h_{кр} - h_6$, а при двигателе постоянного тока

$$h_2 = h_{кр} - h_1 \text{ (205) и } h_6 = h_{кр} - h_7 \text{ (206)}$$

Но в этом случае при определении общего времени одного цикла, чистого времени одного подъема и возможной производительности подъема к полученному по расчету полному времени одного цикла подъема (см.стр.) прибавляется время, соответствующее потере времени за один подъем, которое приведено в прилагаемых двух таблицах:

таблица № 3 - для двухскипового подъема;
таблица № 4 - для односкипового с противовесом;

В каждой из этих таблиц величина потери времени за период полного цикла подъема дана в зависимости от:

1. величины максимальной скорости;

2. системы привода: асинхронный или постоянного тока;
3. конструкции затвора: секторный (V_1 и V_2 = 0,5 м/с) или клапанный (V_1 и V_2 =0,4 м/с)

Таким образом, фактическое полное время одного цикла подъема будет при этом методе расчета равно сумме расчетного времени на 1 цикл плюс время, соответствующее потере времени, связанной с работой АЗК

$$T_{полн.расч} = T_{п.цикла} + t_{пот.вр} = T_{чист.ц} + \Theta' + t_{пот.вр.} \quad с \text{ (207)}$$

Уточненное фактическое число подъемов груженого скипа в час:

$$n_{ч.факт} = \frac{3600}{T_{полн.расч.}} \text{ (208)}$$

Фактическая часовая производительность подъема:

$$A_{час.факт.} = n_{час.факт.} \cdot Q_n \quad т/час \text{ (209)}$$

Фактическая продолжительность работы подъема по выдаче суточной добычи, час/сутки

$$T_{сут.факт.} = \frac{A_{сут} \cdot K_н}{A_{час.факт.}} \qquad (210)$$

Ориентировочная мощность приводного двигателя двухскипового подъема в этом случае:

$$P_{ор.дв.} = \frac{\rho\, Q_п H_п}{102\,(T_{чист.ц.} + t_{пот.бр}) \cdot \eta_z} \quad кВт \qquad (211)$$

Ориентировочная мощность приводного двигателя односкипового подъема с противовесом при этом методе расчета:

$$P_{ор.одн.} = \frac{\rho\, \frac{Q_д}{2} \cdot 2H_п}{102\,(T_{чист.ц.} + t_{пот.бр.ц}) \cdot \eta_z} \quad кВт \qquad (212)$$

где $t_{пот.бр.ц.}$ потеря времени за полный цикл подъема (подъем скипа + подъем противовеса)

Далее считается все по тексту методики, приведенному выше.

При этом расчете эффективная мощность практически очень незначительно увеличится, а расчетный расход энергии незначительно снизится.

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ
УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
"ЦЕНТРОГИПРОШАХТ"

Методика расчета односкиповой одноэтажной подъемной установки
/примерные расчеты/

ДИРЕКТОР ИНСТИТУТА К.К.КУЗНЕЦОВ
ЗАМ.ДИРЕКТОРА ПО НАУЧНОЙ РАБОТЕ А.И.Шитейко
Научный руководитель работы - Главный инженер проектов И.А.Рабинович

Москва - 1976

РАСЧЁТ ОДНОСКИПОВОЙ ОДНОКАНАТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ШАХТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТЬЮ 600 ТЫС.Т. В ГОД ПРИ ГЛУБИНЕ ШАХТЫ 400 м

Наименование	Един. измерения	Числовые значения
I	2	3
Исходные данные:		
Производственная мощность шахты А год	тыс.т.	600
Глубина шахты Нш	м	400
Режим работы шахты в целом: число рабочих дней в году N		300
число часов работы подъема в сутки	ч	I8
коэффициент неравномерности работы подъема $K_н$		I,5
коэффициент перевода объемного веса рядового угля в объемный вес поднимаемой горной массы K_1		I,I

I	2	3
Расчётные данные:		
Определение суточной производительности подъема при выдаче горной массы $A_{сут} = \frac{A_{год} \cdot K_I}{N}$	т/сут	$A_{сут} = \frac{600.000 \cdot I,I}{300} = 2200$
Предварительное определение часовой производительности подъема при выдаче горной массы с учетом коэффициента неравномерности: $A_{час} = \frac{A_{сут} \cdot K_н}{T_{сут}}$	т/ч	$A_{час} = \frac{2200 \cdot I,5}{I8} \cong I83$
Определение высоты подъема при намечаемом расположении направляющих шкивов на одной горизонтальной оси: $H_п = H_ш + h_{загр.} + h_{рс} + h'_с + h_{прев.}$	м	$H_п = 400 + 25 + 25 + I0,3 + 3 + 0,35 \cong 464$

I	2	3
Определение наивыгоднейшей грузоподъемности скипа $Q_p = \frac{K_п \sqrt{H_п} + (\theta_1 + \theta_2)}{3600} \cdot A_{час} \cdot Z$	тс	$Q_p = \frac{4\sqrt{464} + (II+3)}{3600} \cdot 183.2 = 10,2$
где $K_п = 4$ ([illegible])		
θ_1 - время на загрузку или разгрузку скипа	с	$\theta_1 = II$
Q_2 - время на включение предварительных ступеней реостата и на растормаживание	с	$\theta_2 = 3$
Принятый емкость Q_v	м3	II,0
скип - грузоподъемность $Q_п$	тс	9,5
мертвый вес скипа $Q_м$	тс	8,I
Концевая нагрузка на канат $Q_к = Q_п + Q_м$	тс	$Q_к = 9,5 + 8,I = I7,6$

I	2	3
Расчет противовеса		
Вес противовеса $Q_{прот} = Q_м + \frac{Q_п}{2}$	тс	$Q_{прот} = 8,1 + \frac{9,5}{2} = 12,85$
Расчет подъемного каната		
Высота копра $H_к = h_{рс} + h_{преВ} + h_с + h_{пп} + 0,75R_{шк}$	м	$H_к = 25,0+0,35+10,3+3+0,75 \cdot 2,0 \cong 40$
Максимальная длина отвеса каната $H_0 = H_ш + H_{копра} + (h_{загр} - h_{пу})$	м	$H_0 = 400+40+(25-3) = 462$
Предельная отвесная длина каната $L_0 = \frac{\sigma}{m\gamma_a}$	м	$L_0 = \frac{17.000}{6,5 \cdot 0,92} = 2843$
Определение расчетного веса I п.м. каната $P_р = \frac{Q_п + Q_м}{L_0 - H_0}$	кгс/пм	$P_р = \frac{9500+8100}{2043 - 462} = 7,4$

I	2		3
Принимаемый тип подъемного каната	ГОСТ		7668-69
	диаметр каната $d_к$	мм	46,5
	вес I пм каната $P_{гк}$	кГс	8,37
	предел прочности проволоки каната при растяжении	кгс/мм2	I70
	разрывное сопротивление каната (агрегатное)	кгс	I44000
Принимаемый тип уравновешивающего каната			Система неуравновешенная

Определение запаса прочности подъемного каната

$$m = \frac{K_z}{Q_п + Q_м + P_{гк} \cdot H_o} \geqslant 6,5$$

$$m = \frac{I44000}{9500+6I00+8,37 \cdot 462} = 6,7$$

-5-1-

60

I	2	3

Выбор подъемной машины

Учитывая принятое расположение направляющих шкивов на одной горизонтальной оси и намечаемый к навеске головной канат диаметром $d_к$=46,5 мм к установке намечается подъемная машина типа 2Ц -4х2,3

Отношение диаметра барабана к диаметру каната

$$\frac{D_б}{d_к} \geqslant 79$$

$$\frac{D_б}{d_к} = \frac{4000}{46{,}5} = 86$$

Максимальное статическое натяжение

$$F_{ст\ макс} = Q_п + Q_м + p_{гк}(H_0 - h_c)$$

кГс $F_{ст.макс.} = 9500 + 8100 + 8{,}37(462{,}0 - 13{,}3) = 21355$

Разность статических натяжений канатов

$$R_{ст.неур.} = \frac{Q_п}{2} + p_{гк} H_п$$

кгс $R_{ст.неур.} = \frac{9500}{2} + 8{,}37 \cdot 464 = 8634$

Ширина одного цилиндрического барабана двухбарабанной подъемной машины при навивке каната в один слой:

$$B'_р = \left(\frac{H_п + h_0}{\pi D_б} + n_{тр} + 1\right)(d_к + S)$$

мм $B'_р = \left(\frac{464+30}{3{,}14 \cdot 4} + 6\right)(46{,}5+3) = 2244$

I	2	3
Принимаемая машина Тип		2Ц-4х2,3
Максимальное статическое натяжение	кГс	25000
Разность статических натяжений	кГс	I6.000
Расстояние от оси барабана до отвеса канала при расположении направляющих шкивов на одной горизонтальной оси $b = 0{,}6\ H_к + 3{,}5 + D_б$	мм	$\therefore b = 0{,}6 \cdot 40 + 3{,}5 + 4 = 31{,}5$
Длина струны каната $l_s = \sqrt{(H_к - l_0)^2 + (b - R_ш)^2}$	м	$l_s = \sqrt{(40-0{,}6)^2 + (31{,}5-2)^2} = \sqrt{2420} = 49{,}2$
Тангенс угла наклона струны к горизонту $tg\varphi = \frac{H_к - l_0}{b - R_ш}$	град	$tg\varphi = \frac{40-0{,}6}{31{,}5-2} = 1{,}337 \quad \varphi = 53^0\ 11'$
Величина отклонения каната от плоскости, проходящей через направляющий шкив, к наружной реборде $l_н = B + \frac{l_a}{2} - \frac{l_ш}{2} - \left[(n_{тр} + 0{,}5)(d_к + S)\right]$	мм	$l_н = \frac{2300+600}{2} - \frac{2100}{2} - \left[(5+0{,}5)(46{,}5+3)\right] = 1278$

I	2	3

Наружный угол отклонения каната на барабане

$$\alpha_н = \operatorname{arctg} \frac{\ell_н}{\ell_s}$$

$$\alpha_н = \operatorname{arctg} \frac{1278}{49200} = 0{,}0259$$

$$\alpha_н = 1°29'$$

Величина отклонения каната от плоскости, проходящей через направляющий шкив, к внутренней реборде барабана

$$\ell_в = Б'р - \left[В + \frac{\ell_а}{2} - \frac{\ell_ш}{2}\right]$$

мм $$\ell_в = 2244 - \left[2300 + \frac{600}{2} - \frac{2100}{2}\right] = 694$$

Внутренний угол девиации

$$\alpha_в = \operatorname{arctg} \frac{\ell_в}{\ell_s}$$

$$\alpha_в = \operatorname{arctg} \frac{694}{49200} = 0{,}0141$$

$$\alpha_в = 50'$$

Кинематика подъема

Определение предварительного числа полных циклов (т.е. подъем скипа + подъем противовеса) в час

$$n'_{час} = \frac{А \cdot час}{Q_п}$$

подъем/ч $$n'_{час} = \frac{183}{9{,}5} = 19{,}26$$

I	2	3
Полное время движения за один полный цикл (предварительное) $T_{полн.ц} = \frac{3600}{n}$	с	$T_{полн.ц} = \frac{3600}{19,26} = 186,9$
Чистое время движения за один полный цикл $T_{чист.ц} = T_{полн.ц} - 2(\theta_1 + \theta_2)$	с	$T_{чист.ц} = 186,9 - (2 \cdot 11 + 2 \cdot 3) = 158,9$
Чистое время движения за один полуцикл $T_{ч.п.ц} = T_{чист.ц}$	с	$T_{чист.п.ц} = \frac{158,9}{2} = 79,45$
Средняя скорость подъема $v_{ср} = \frac{2H_п}{T_{чист.ц}}$	м/с	$v_{ср} = \frac{2 \cdot 464}{158,9} = 5,84$
Ориентировочная макс. скорость $v_{макс} = 1,1 \cdot v_{ср}$	м/с	$v_{макс.ор.} = 1,1 \cdot 1,35 \cdot 5,84 = 8,7$
Определение максимальной скорости (при необходимости дополн. проверки) $H_0 = H_п - (h_1 + h_5 + h_6) + \frac{v_1^2}{2j_1} + \frac{v_2^2}{2j_4}$ (см. далее)	м	$H_0 = 464 - (2,4 + 1,9 + 1,762 + 0,5) + \frac{1}{2 \cdot 0,21} + \frac{1}{2 \cdot 0,25} = 461,8$
$T_0 = T_{2.пц} - (t_1 + t_5 + t_6) + \frac{v_1}{j_1} + \frac{v_2}{j_4}$ (см. далее)	с	$T_0 = 79,45 - (4,8 + 7,32 + 2,0) + \frac{1}{0,21} + \frac{0,5}{0,25} = 72,09$

I	2	3
Модуль ускорения $a = \frac{T_0}{\frac{1}{t_2^2} + \frac{1}{t_3^2}}$		$a = \frac{72,09}{\frac{1}{0,75} + \frac{1}{0,75}} = 27,03$
Средняя скорость подъема (ориентировочная) $V_p = \frac{H_0}{T_0}$	м/с	$V_p = \frac{461,8}{72,09} = 6,4$
Максимальная скорость подъема (ориентировочная) $V_{макс.ор} = 1,1\ (a - \sqrt{a^2 - 2a V_{ср}})$ (Значения $h_{1,5,6}$; $t_{1,5,6}$; $V_{1,2}$, $a_{1,2,3,4}$ - см. далее)	м/с	$V_{макс.ор} = 1,1 \cdot (27,03 - \sqrt{730,6 - 2 \cdot 27,03 \cdot 6,4}) = 8,2$
Расчётное число оборотов органа навивки $n_{расч.} = \frac{60\, V_{макс.ор.}}{\pi D_б}$	об/мин	$n_{расч} = \frac{60 \cdot 8,2}{3,14 \cdot 4} = 39,2$
Принимаем передаточное отношение зубчатой передачи		$i = 11,5$
число оборотов расчётное	об/мин	$n_{дв.расч.} = 39,2 \cdot 11,5 = 450$
число оборотов приводного двигателя $n_{дв} = n_{расч} \cdot i$	об/мин	$n_{дв} = 485$
Получаем максимальную скорость	м/с	$V_{макс} = 8,8$

I	2	3
Расчёт тахограммы подъема		
Общий путь разгрузки в кривых скипа h_1, принимается при скипах с секторным затвором	м	$h_1 = 2,4$
Скорость выхода скипа из разгрузочных кривых принимается	м/с	$V_1 = 1,0$
Продолжительность периода ускорения при перемещении скипа в разгрузочных кривых $t_1 = \frac{2h_1}{V_1}$	м	$t_1 = \frac{2 \cdot 2,4}{1,0} = 4,8$
Ускорение при перемещении скипа в разгрузочных кривых $j_1 = \frac{2h_1}{t_1^2}$	м/с^2	$j_1 = \frac{2 \cdot 2,4}{4,8^2} = 0,21$
Нормальное ускорение скипа вне разгрузочных кривых j_2 принимается	м/с2	$j_2 = 0,75$

I	2	3
Скорость движения скипа в период дотяжки V_2 принимается	м/с	$V_2 = 0,5$
Продолжительность периода основного ускорения $t_2 = \frac{V_{макс} - V_1}{j_2}$	с	$t_2 = \frac{8,8 - I,0}{0,75} = I0,4$
Путь, пройденный в период основного ускорения $h_2 = \frac{V_{макс} + V_1}{2} t_2$	м	$h_2 = \frac{8,8 + I,0}{2} \cdot I0,4 = 5I,0$
Нормальное замедление j_3 принимается	м/с2	$j_3 = 0,75$
Замедление при стопорении j_4 принимается	м/с2	$j_4 = 0,25$
Продолжительность периода основного замедления $t_4 = \frac{V_{макс} - V_2}{j_3}$	с	$t_4 = \frac{8,8 - 0,5}{0,75} = II,07$

I	2	3
Путь, пройденный в период основного замедления $h_4 = \frac{v_{макс} + v_2}{2} t_4$	м	$h_4 = \frac{8,8+0,5}{2} \cdot 11,07 = 51,5$
Время стопорения $t_6 = \frac{v_2}{j_4}$	с	$t_6 = \frac{0,5}{0,25} = 2,0$
Путь стопорения. $h_6 = \frac{j_4 t_6^2}{2}$	м	$h_6 = \frac{0,25 \cdot 2^2}{2} = 0,5$
Путь, соответствующий потере времени, связанной с конечным числом зубьев на муфте АВК $h_{зуб} = \frac{v_{макс}^2 - v_2^2}{2 \cdot 0,75 \cdot 88 \cdot 0,89}$	м	$h_{зуб} = \frac{8,8^2 - 0,5^2}{2 \cdot 0,75 \cdot 88 \cdot 0,89} = 0,656$
Путь, соответствующий потере времени, связанной с ошибкой в регулировании скорости $h_{рег} = \frac{v_{макс} - v_2}{0,75} \cdot 0,1$	м	$h_{рег} = \frac{8,8-0,5}{0,75} \cdot 0,1 = 1,106$

I	2	3
Путь равномерного движения в разгрузочных кривых $h_5 = h_{кр}.h_6 + h_{зуб} + h_{рег}$	м	h_5 =2 ,4-0,5+0,656+ I,I06 =3,66
Время дотяжки скипа при постоянной скорости $t_5 = \frac{h_5}{v_2}$	с	$t_5 = \frac{3,66}{0,5} = 7,32$
$\Sigma h' = h_{кр}.h_2 + h_4 + h_5 + h_6$	м	$\Sigma h'$ =2,4'+5I,0 + 5I,5+3,66+0,5 =I09,0
Путь, пройденный скипом в период равномерной скорости $H_p = H_п - \Sigma h'$	м	H_p =464-I09 = 355
Продолжительность периода равномерной скорости за полуцикл $T_p = \frac{H_p}{v_{макс}}$	с	$T_p = \frac{355}{8,8} = 40,34$
Чистое время движения скипа за полуцикл $T_{чист\ полуцикла} = t_1 + t_2 + T_p + t_4 + t_5 + t_6$	с	Т чист (полуцикла) =4,8+I0,4+40,34 + +II,07 + 7,32+2,0 =75,93
Общее время цикла $T_{полн.\ цикла} = 2 T_{чист} + 2(\theta_1 + \theta_2)$	с	$T_{полн.\ цикла}$ = 2.75,93+2(II+3) = I79,9

I	2	3
Определяем фактическое число подъемов груженого скипа в час $n_{час} = \frac{3600}{T\ полн.\ цикла}$	с	$n_{час} = \frac{3600}{179,9} = 20$
Часовая производительность подъема с учетом коэффициента неравномерности $A_ч' = \frac{n_{час} \cdot Q_п}{1,5}$	т/ч	$A_ч' = \frac{20.9,5}{1,5} = 126,7$
Продолжительность работы подъема по выдаче суточной добычи $T_{сут} = \frac{A_{сут}}{A_{час}}$	ч	$T\ сут = \frac{2200}{126,7} = 17,36$
Определяем ориентировочную мощность приводного двигателя $P_{ор} = \frac{P \cdot \frac{Q_п}{2} \cdot 2H_п}{102.2\,T_{час} \cdot \eta_г}$	квт	$P_{ор} = \frac{2,8 \cdot 9500 \cdot 464 \cdot 2}{102.2.75,9.0,98 \cdot 2} = 850$

- 15 -

20

I		2	3
Ориентировочно принимаемый двигатель	Тип		АКН-2-I6-39-I2У.4
	Мощность	квт	2х500
	Число оборотов двигателя	об/мин	490
	Перегрузочная способность		2,3
	$6Д^2$ (одного двигателя)	тсм2	0,78
Ориентировочный момент на тихоходном валу редуктора	$M=\left(\frac{830 P_н h_z}{n_{дв}}\gamma_д - 0{,}025\frac{n\,6D^2_{рот}}{R_{бар}}i\right)i$	кгсм	$M=\left(\frac{830 \cdot 1000 \cdot 0{,}93}{490} \cdot 2{,}3 - 0{,}025\ \frac{1560}{2} \times 11{,}5\right) \cdot 11{,}5 = 39088$
Ориентировочно выбираемый редуктор	Тип		ЦО-I6
	Крутящий момент	кгс.м.	38.000 (имея ввиду, что при уточнении крутящий момент, как правило, оказывается меньшим, чем определяемый по приведенной выше формуле)

I	2	3

Расчет приведенной массы

Приведенный вес подъемной машины

$$G'_б = \frac{GD^2_б}{D_б^2}$$

кГс $\quad G'_б = \frac{500.000}{4^2} = 31250$

Приведенный вес копровых шкивов

$$G'_{шк} = 2 \cdot \frac{GD^2_{шк}}{D^2_{шк}}$$

КГс $\quad G'_{шк} = 2\ \frac{34500}{4^2} = 4312$

Приведенный вес редуктора

$$G'_{ред} = \frac{GD^2_{ред}}{D_б^2}$$

КГс $\quad G'_{ред} = \frac{65000}{4^2} = 4062,5$

Приведенный вес ротора одного приводного двигателя

$$G'_{iрот} = \frac{GD^2_{рот}}{D_б^2}\, i^2$$

кГс $\quad G'_{iрот} = \frac{780}{4^2} \cdot 11,5^2 = 6447$

Длина одного головного каната

м $\quad l_{гк} = 464 + \frac{3,14 \cdot 4}{2} + 4845 \cdot 3,14 \cdot 4 + 30 =$

$= 611$

$$l_{гк} = H_0 + \frac{\pi D_{шк}}{2} + l_s + n_{тр} \cdot \pi D_б + h_и$$

КФ

I	2	3

Вес поступательно движущихся частей при подъеме скипа

$$G'_{пост}=Q_п+Q_м+Q_{прот}+2p_{гк}l_{гк}$$

кгс $\quad G_{пост} = 9500+8100+12850 + 2.8,37.611 = 40678$

Суммарный приведенный вес вращающихся и поступательно движущихся частей подъема при подъеме скипа

$$\Sigma G'=G'_б+G'_{шк}+2G'_{i\,рот}+G'_{ред}+G_{пост}$$

кГс $\quad \Sigma G' = 31250+4312 +2.6447+ 4062,5 + +40678 = 93196$

Масса движущихся элементов подъемной системы при подъеме груженого скипа

$$m=\frac{\Sigma G'}{q}$$

$\frac{кГс.с2}{м}$ $\quad m = \frac{93196}{9,81} = 9500$

Проверяем величину крутящего момента на валу редуктора

Максимальный момент на тихоходном валу редуктора, который будет при неуравновешенной системе подъема

$$M_{макс}=\left[1,15\,\frac{Q_п}{2}+p_{гк}(H_п-2h_1)+\gamma m j_2\right]R_б$$

кгс.м $\quad M.макс \left[1,15 \frac{9500}{2} +8,37 (464-2.2,4)+ +9500.0,75 \right] . 2 = 32852$

Приведенный к оси машины мо-

I	2	3
мент инерции роторов двигателей $J_{рд} = \frac{2G'_{i\,рот}}{g} \cdot R_б^2$	кгс.м.с^2	$J_{рд} = \frac{2.6447}{9,81} \cdot 2^2 = 5290$
Величина углового ускорения $\Sigma = \frac{\gamma_2}{R_б}$	рад/с2	$\Sigma = \frac{0,75}{2} = 0,375$
Крутящий момент на валу редуктора $M = M_{макс} - J_{рд}\Sigma$	кгс.м	$M = 32862 - 5290 \cdot 0,375 = 30882$
Принимаемый редуктор Тип	кГсм	ЦО-I6
крутящий момент		38.000
Вес поступательно движущихся частей при неуравновешенном односкиповом подъеме в условиях подъема противовеса $G''_{пост} = Q_м + Q_{прот} + 2\rho_{гк}L_{гк}$	кГс	$G''_{пост} = 8100 + 12850 + 2.8,37.611 = 31178$
Сумма приведенных к окружности органа навивки весов движущихся частей подъемной системы при подъеме противовеса $\Sigma G'' = G'_б + G'_{шк} + G'_{i\,рот} + G'_{ред} + G''_{пост}$	кГс	$\Sigma G'' = 31250 + 4312 + 2.6447 + 4062,5 + 31178 = 83696,5$

24

I	2	3
Приведенная масса при подъеме противовеса $m' = \frac{\Sigma G^{п}}{q}$	$\frac{кГс.с2}{м}$	$m' = \frac{88696,5}{9,81} = 8532$
Расчет усилий		
а) При подъеме скипа первоначального Усилие в начале периода ускорения в разгрузочных кривых $F_1 = 1,15 \frac{Q_п}{2} + p_{гк} H_п + \gamma m j_1$	кГс	$F_1 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 \cdot 464 + 9500 \cdot 0,21 =$ $= 11342$
первоначального Усилие в конце периода ускорения в разгрузочных кривых $F_2 = 1,15 \frac{Q_п}{2} + p_{гк}(H_п - 2h_1) + \gamma m j_1$	кГс	$F_2 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 (464 - 2 \cdot 2,4) +$ $+ 9500 \cdot 0,21 = 11301,5$
Усилие в начале периода основного ускорения $F_3 = 1,15 \frac{Q_п}{2} + p_{гк}(H_п - 2h_1) + \gamma m j_2$	кГс	$F_3 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37(464 - 2 \cdot 2,4) +$ $+ 9500 \cdot 0,75 = 16431,5$

I	2	3
Усилие в конце периода основного ускорения $F_4 = 1{,}15\frac{Q_n}{2} + p_{гк}[H_n - 2(h_1+h_2)] + \gamma_n j_2$	кГс	$F_4 = 1{,}15\frac{9500}{2} + 8{,}37\,[464-2\,(2{,}4+51)] + 9500 \cdot 0{,}75 = 15578{,}4$
Усилие в начале периода равномерной скорости $F_5 = 1{,}15\frac{Q_n}{2} + p_{гк}[H_n - 2(h_1+h_2)]$	кГс	$F_5 = 1{,}15\frac{9500}{2} + 8{,}37\,[464-2\cdot(2{,}4+51)] = 8453{,}4$
Усилие в конце периода равномерной скорости $F_6 = 1{,}15\frac{Q_n}{2} + p_{гк}[H_n - 2(h_1+h_2+H_p)]$	кГс	$F_6 = 1{,}15\frac{9500}{2} + 8{,}37\,[464-2\cdot(2{,}4+51+355)] = 2510{,}7$
Усилие в начале периода основного замедления $F_7 = 1{,}15\frac{Q_n}{2} + p_{гк}[H_n - 2(h_1+h_2+H_p)] - \gamma_n j_3$	кГс	$F_7 = 1{,}15\frac{9500}{2} + 8{,}37\,[464-2\,(2{,}4+51+355)] - 9500 \cdot 0{,}75 = -4614{,}3$

I	2	3
Усилие в конце периода основного защепления кГс $F_8 = 1{,}15\ \frac{Q_n}{2} + p_{гк}\left[H_n - 2(h_1+h_2+H_p+h_4)\right] - \gamma m j_3$		$F_8 = 1{,}15\ \frac{9500}{2} + 8{,}37\ [464-2\ (2{,}4+51 + +355 + 51{,}5] \quad -9500.0{,}75 = -5476$
Усилие в начале периода дотяжки скипа в разгрузочных кривых при равномерном движении $F_9 = 1{,}15\ \frac{Q_n}{2} + p_{гк}\left[H_n - 2(h_1+h_2+H_p+h_4)\right]$ кГс		$F_9 = 1{,}15\ \frac{9500}{2} + 8{,}37[464-2\ (2{,}4+51+ +355+51{,}5\ )] = 1649$
Усилие в конце периода дотяжки скипа в разгрузочных кривых при равномерном движении $F_{10} = 1{,}15\ \frac{Q_n}{2} + p_{гк}\left[H_n - 2(h_1+h_2+H_p+h_4+h_5)\right]$ кГс		$F_{10} = 1{,}15\ \frac{9500}{2} + 8{,}37\ [464-2\ (2{,}4 + +51 + 355+51{,}5 + 3{,}66)] = 1535$
Усилие в конце подъема скипа кГс $F_{11} = F_{12} = 0{,}6\ \frac{Q_n}{2} + p_{гк}\left[H_n - 2(h_1+h_2 + +H_p+h_4+h_5)\right] - \gamma m j_4$		$F_{11} = F_{12} = 0{,}6\ \frac{9500}{2} + 8{,}37\ [464-2\cdot(2{,}4+51 + +355 + 51{,}5 + 3{,}66)] - 9500.0{,}25 = -3404{,}5$

I	2	3
б) в условиях подъема противовеса		
Усилие в начале подъема $F_1^1 = 1{,}15\frac{Q_п}{2} + P_{гк}H_п + Jn^1 j_1$	кГс	$F_1^1 = 1{,}15\ \frac{9500}{2} + 8{,}37\ .464 + 8532.0{,}21 = 11128$
Усилие в конце периода первоначального ускорения в разгрузочных кривых $F_2^1 = 1{,}15\frac{Q_п}{2} + P_{гк}(H_п - 2h_1) + Jn^1 j_1$	кГс	$F_2^1 = 1{,}15\ \frac{9500}{2} + 8{,}37\ (464 - 2.2{,}4) + 8532.0{,}21 = 11098$
Усилие в начале периода основного ускорения $F_3^1 = 1{,}15\frac{Q_п}{2} + P_{гк}(H_п - 2h_1) + Jn^1 j_2$		$F_3^1 = 1{,}15\ \frac{9500}{2} + 8{,}37\ (464 - 2.2{,}4) + 8532.0{,}75 = 15705$
Усилие в конце периода основного ускорения $F_4^1 = 1{,}15\frac{Q_п}{2} + P_{гк}[H_п - 2(h_1 + h_2)] + Jn^1 j_2$	кГс	$F_4^1 = 1{,}15\ \frac{9500}{2} + 8{,}37\ [464 - 2\ (2{,}4 + 51)] + 8532.0{,}75 = 14852$

-23- Г

78

I	2	3
Усилие в начале периода равномерной скорости $F_5' = I,I5 \frac{Q_n}{2} + P_{гк} [H_n - 2(h_1 + h_2)]$ кГс		$F_5' = I,I5 \frac{9500}{2} + 8,87 [464 - 2 \cdot (2,4 + 5I)] =$ 8458,4
Усилие в конце периода равномерной скорости $F_6' = I,I5 \frac{Q_n}{2} + P_{гк} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p)]$ кГс		$F_6' = I,I5 \frac{9500}{2} + 8,87 [464 - 2 (2,4 + 5I + 355] =$ $= 25I0,7$
Усилие в начале периода основного замедления $F_7' = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{гк} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p)] - \gamma m_3' j_3$ кГс		$F_7' = I,I5 \frac{9500}{2} + 8,87 [464 - 2 (2,4 + 5I + 355)] - 8532 \cdot 0,75 = 3888,3$
Усилие в конце периода основного замедления $F_8' = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{гк} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p + h_4)] - \gamma m_3' j_3$ кГс		$F_8' = I,I5 \frac{9500}{2} + 8,87 [464 - 2 (2,4 + 5I + 355 + 5I,5)] - 8532 \cdot 0,75 = -4750$

I	2	3
Усилие в начале периода потяжки при равномерном движении $F_9' = I,I5\frac{Q_n}{2} + p_{rk}\left[H_n - 2(h_1+h_2+H_p+h_4)\right]$	кГс	$F_9' = I,I5\ \frac{9500}{2} + 8,87\ [464 - 2\cdot(2,4+5I + 355+5I,5] = I649$
Усилие в конце периода потяжки при равномерном движении $F_{10}' = I,I5\frac{Q_n}{2} + p_{rk}\left[H_n - 2(h_1+h_2+H_p+h_4+h_5)\right]$	кГс	$F_{10}' = I,I5\ \frac{9500}{2} + 8,87\ [464 - 2\cdot(2,4+51 + 355+5I,5 + 3,66)] = I583,5$
Усилие в конце подъема противовеса $F_{11}' = F_{12}' = I,I5\frac{Q_n}{2} + p_{rk}\left[H_n - 2(h_1+h_2+H_p+h_4+h_5)\right] - \gamma n' j_4$	кГс	$F_{11}' = F_{12}' = I,I5\ \frac{9500}{2} + 8,87\ [464 - 2\cdot(2,4+5I + 355+5I,5 + 3,66)] - 8532 \times 0,25 = -549,5$
За полный цикл подъема $\Sigma F^2 t = \left(F_1^2+F_2^2\right)\frac{t_1}{2} + \left(F_3^2+F_4^2\right)\frac{t_2}{2} + \left(F_5^2+F_5\cdot F_6+F_6^2\right)\frac{T_p}{3} + \left(F_7^2+F_8^2\right)\frac{t_4}{2} +$		$\Sigma F^2 t = (II342^2 + II80I^2)\cdot\frac{4,8}{2} + (I643I,5^2 + I5578,4^2)\ \frac{I0,4}{2} + (8453,4^2 + 8453,4\cdot 25I0,7 + 25I0,7^2)\ \frac{40,84}{3} + (46I4^2 + 5476^2)\times$

I	2	3

$$\left(F_9^2+F_{10}^2\right)\frac{t_5}{2}+\left(F_{11}^2+F_{12}^2\right)\frac{t_6}{2}+$$

$$+\left(F_1'^2+F_2'^2\right)\frac{t_1}{2}+\left(F_3'^2+F_4'^2\right)\frac{t_2}{2}+\left(F_5'^2+F_5'\cdot F_6'+F_6'^2\right)\frac{T_p}{3}+$$

$$+\sqrt{\left(F_7'^2+F_8'^2\right)\frac{t_4}{2}}+\left(F_9'^2+F_{10}'^2\right)\frac{t_5}{2}+\left(F_{11}'^2+F_{12}'^2\right)\frac{t_6}{2}$$

$$\times\frac{11{,}07}{2}+\left(1649^2+1585^2\right)\cdot\frac{7{,}32}{2}+2\cdot(3404{,}5)^2\times$$

$$\times\frac{2{,}0}{2}+\left(1113{}^8{}^2+1109{}^8{}^2\right)\cdot\frac{4{,}8}{2}+\left(1570{}^5{}^2+1485{}^2{}^2\right)\times$$

$$\times\frac{10{,}4}{2}+\left(8453{,}4^2+8453{,}4\cdot 2510{,}7+2510{,}7^2\right)\times$$

$$\times\frac{40{,}34}{3}+\left(3888{,}3^2+4750^2\right)\cdot\frac{11{,}07}{2}+\left(1649^2+\right.$$

$$\left.+1583{,}5^2\right)\cdot\frac{7{,}32}{2}+\left(549{,}5^2+549{,}5^2\right)\frac{2{,}0}{2}=$$

$$=9519{,}7\cdot 10^6$$

Эквивалентная продолжительность цикла полного

$$T_{эфф}=0{,}5\left[2\left(t_1+t_2+t_4+t_5+t_6\right)\right]+2T_p+$$

$$+0{,}25\cdot 2\left(\theta_1+\theta_2\right)$$

с $T_{эфф.}=0{,}5\left[2\cdot(4{,}8+10{,}4+11{,}07+7{,}32+2)\right]+$

$$+2\cdot 40{,}3+0{,}25\cdot 2\cdot(11+3)=123{,}3$$

Величина эффективного усилия кГс

$$F_{эфф}=\sqrt{\frac{\Sigma F^2 t}{T_{эфф}}}$$

$$F_{эфф}=\sqrt{\frac{9519{,}7\cdot 10^6}{123{,}3}}=8815$$

18

I	2	3

Эффективная мощность двигателя

$$P_{эфф} = \frac{F_{эфф} \cdot V_{макс}}{102 \cdot \eta_{г}}$$

$$P_{эфф} = \frac{8315 \cdot 8{,}8}{102 \cdot 0{,}93} = 818$$

Окончательно принимаемый двигатель

Тип		АКН2-I6-39-I2У4
Мощность	квт	2 x 500
Число оборотов двигателя	об/мин	490
Перегрузочная способность δ		2,3
GD_2 (одного двигателя)		0,78

Проверяем строительную мощность

$$P_{стр} = \frac{1{,}4 F_{макс} \cdot V_{макс}}{102 \gamma_{дв} \cdot \eta_{г}}$$

$$P_{стр} = \frac{1{,}4 \cdot 16482 \cdot 8{,}8}{102 \cdot 2{,}3 \cdot 0{,}93} = 928$$

Полезный расход энергии за один полный цикл подъема

$$W_{па} = W'_{пп} = 2 \frac{\frac{Q_п}{2} \cdot H_п}{102 \cdot 3600}$$ квтч

$$W_{па} = 2 \frac{9500 \cdot 464}{2 \cdot 102 \cdot 3600} = 12{,}0$$

-27-

82

I	2	3

Полезный расход энергии на I т. фактически поднимаемого груза

$$W_{no\,1m} = W_{nn\,1m} = \frac{W'_{nn}}{Q_n}$$

квт ч $W_{no\,1m} = \frac{12,0}{9,5} = 1,26$

Фактический расход энергии на один полный цикл подъема

$$W_{no} = \frac{1,02\,\gamma_{макс}\cdot\Sigma Ft}{102\cdot\eta_2\cdot\eta_{об}\cdot 3600} + 0,0023\,T_ц$$

квт ч $W_{no} = \frac{1,02\cdot 8,8\cdot 1010552}{102\cdot 0,93\cdot 0,98\cdot 3600} + 0,0023\cdot 179,9 = 29$

$$\Sigma Ft = (F_1+F_2)\frac{t_1}{2} + (F_3+F_4)\frac{t_2}{2} + (F_5+F_6)\frac{T_p}{2} + (F_7+F_8)\frac{t_4}{2} + (F_9+F_{10})\frac{t_5}{2} + (F_{11}+F_{12})\frac{t_6}{2} + (F'_1+F'_2)\frac{t_1}{2} + (F'_3+F'_4)\frac{t_2}{2} + (F'_5+F'_6)\frac{T_p}{2} + (F'_7+F'_8)\frac{t_4}{2} + (F'_9+F'_{10})\frac{t_5}{2} + (F'_{11}+F'_{12})\frac{t_6}{2}$$

$$\Sigma Ft = (11342 + 11301)\frac{4,8}{2} + (16431,5 + 15578)\cdot\frac{10,4}{2} + (8453,4 + 2510,7)\cdot\frac{40,84}{2} + (4614,3 + 5476)\frac{11,07}{2} + (1649+1585)\frac{7,32}{2} + (3404,5+3404,5)\frac{2,0}{2} + (11158+11098)\frac{4,8}{2} +$$

I	2	3

$$+(15705 + 14852)\ \frac{10,4}{2} + (8453,4+2510,7)\ \frac{40,34}{2} +$$

$$+(3888,3 + 4750)\ \frac{11,07}{2} + (1649+1583,5)\ \frac{7,32}{2} +$$

$$+(\ 549,5 + 549,5)\ \frac{2,0}{2} = 1010552$$

Удельное значение фактического расхода энергии на 1 т. поднимаемого груза

$$W_{фа}\,1m = \frac{W_{па}}{Q_n}$$

$$W_{фа}\,1m = \frac{29}{9,5} = 3,06$$

КПД подъемной установки

$$\eta_y = \frac{W_{па}\,1m}{W_{фа}\,1m}$$

$$\eta_y = \frac{1,26}{3,06} = 0,41$$

gost.e-ecolog.ru

48