

МИНИСТЕРСТВО
УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
Всесоюзный научно-исследовательский
и проектный институт
ЦЕНТРОГИПРОШАХТ

**Методика расчета односкиповой
с противовесом одноканатной
подземной установки**

Москва 197

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
В/О СОЮЗШАХТПРОЕКТ

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

Согласовано:

Начальник управления
экспертизы проектов
и смет

А.А.Кафорин

Утверждаю:

Начальник
В/О "Союзшахтпроект"

Н.Ф.Крылов

РАСЧЕТ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОДНОСКИПОВОЙ С ПРОТИВОВЕСОМ
ОДНОКАНАТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

Директор института

Зам.директора по
научной части

Научный руководитель работы -
главный инженер проектов



К.К.Кузнецов

А.И.Мигейко

И.А.Рабинович

Москва - 1977

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
I. Методика расчета вертикальной односкиповой с противовесом одноканатной подъемной установки	3-47
2. <i>Примерный расчёт</i>	<i>1-29</i>

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

односкиповой одноканатной подъемной установки

В В Е Д Е Н И Е

1. Настоящая методика содержит расчет односкиповой с противовесом одноканатной подъемной установки шахт новых и реконструируемых (с проходкой новоствола) 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 "Соззшахтопроект") № 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:

- ТЭО основных направлений развития подземного транспорта и подъема угольных шахт бассейнов, Центроргипршахт, 1971 г.;

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

Конкретные проекты, выполненные институтами Южгипршахт, Донгипршахт, Гипршахт 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
Научный руководитель работы -
главный инженер проектов

Составители методики:
Главный инженер проектов
Начальник ЭМО

Главный технолог
Руководитель группы
Руководитель группы
Старший инженер

А.И.Митейко

И.А.Рабинович

И.А.Рабинович

Г.Пейсахович

Е.Шестошлова

А.Гринберг

Л.Талызина

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 - $H_{ш1}$ (м); $H_{ш2}$ и т.д.
4. Количество одновременно разрабатываемых горизонтов - n_r (шт)
5. Количество горизонтов, всего подлежащих разработке - n_0 (шт)
6. Срок службы каждого из разрабатываемых горизонтов - $T_{л1}$ (лет); $T_{л2}$ и т.д.
7. Количество необходимых шахтовидач - $n_{ш}$ (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_H - коэффициент неравномерности работы подъема;
- г) K_1 - характеристика горной массы (коэффициент K_1 перевода объемного веса рядового угля в объемный вес поднимаемой горной массы).

Расчет односкиповой с противовесом одноканатной подъемной установки

1. 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

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

где $A_{\text{год}}$ - 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).

$$A_{\text{час}} = \frac{A_{\text{сут}} \cdot K_H}{T_{\text{сут}}} \quad (2)$$

где $A_{\text{сут}}$ - суточная производительность шахты по горной массе в тоннах, определяемая с учетом режима работы шахты;

K_H - коэффициент неравномерности поступления груза к стволу; по нормам проектирования $K_H = 1,5$.

$T_{\text{сут}}$ - ~~число часов работы подъема в сутки по выдаче полезного ископаемого для шахт с большими промышленными запасами и хорошими горно-геологическими условиями (мощность пластов - от 62 м и более, без тектонических нарушений и т.п.)~~ 14,5 час/сутки, для остальных шахт -

~~18 час/сут.~~

Выбор подъемного сосуда

3. Наибольшая грузоподъемность скипа

$$Q_p = \frac{K_n \sqrt{H_n + \theta'}}{3600} \cdot A_{\text{час}} \cdot Z \quad (3)$$

где Q_p - расчетная наибольшая грузоподъемность скипа;

K_n - коэффициент продолжительности одного цикла подъема;

H_n - полная высота подъема, м;

Z - коэффициент, учитывающий тип подъема; $Z = 1$ при двухскиповом подъеме и $Z = 2$ при односкиповом с противовесом.

θ' - пауза между смежными подъемами, сек.

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

Тема - расчетное число часов работы по времени
в сутки (15 или 18) должно быть обосновано.
Указан с учетом: уровня механизации,
к-ва работающих на в. р. и р. и их ра-
боты, времени на проверку черт. и акт.
недопустимо по преобразованием врезан-
ных чертежей. Указ, изданы, все и др. ме-
роприятия, а также времени на освоение
стала, канатов, проводников и выпол-
нению мелких ремонт. работ.

Целесообразно принимать при производительности подъемной установки до 1200 тыс.т в год включительно $K_n = 4$. При производительности подъемной установки свыше 1200 тыс.т в год и высоте подъема от 500 м и более следует рассмотреть целесообразность принятия $K_n = 5$. $K_n = 5$ 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.

$$\text{Общая пауза } \theta^1 = \theta_1 + \theta_2 \quad (4)$$

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 релюста (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)

$$\theta_2^1 = 2 (2,5 \div 3) \text{ с} = 5 \div 6 \text{ с}$$

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

$$\theta'' = 2 \theta_1 + (5 \div 6) \text{ с} \quad (5)$$

В настоящее время угольные скипы емкостью 5-15 м³ имеют секторный затвор; емкостью 20-35 м³ - клапанный затвор; породные скипы конструкции Сибгипрошахта - секторный, конструкции Южгипрошахта - клапанный затвор.

H_{Π} - высота подъема в м

$$H_{\Pi} = H_{\text{ш}} + h_{\text{загр}} + h_{\text{рс}} + h_{\text{с}}^1 + h_{\text{прев}} \quad (6)$$

где

$H_{\text{ш}}$ - глубина ствола до откаточного горизонта, м;

$h_{\text{с}}$ - высота скипа (без прицельных устройств), м;

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

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

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

$$(h_{\text{прев}} \approx 0,35 \text{ м})$$

Для предварительных расчетов высоты подъема можно принимать:

а) для угольных скипов при грузоподъемности

$$\text{до } 15 \text{ т } H_{\Pi} = H_{\text{ш}} + (50 \div 70) \text{ м} \quad (7)$$

от 15 т до 30 т

$$H_{\Pi} = H_{\text{ш}} + (70 \div 100) \text{ м} \quad (8)$$

б) для породных скиповых подъемов

$$H_{\Pi} = H_{\text{ш}} + (40 \div 60) \text{ м}$$

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

$Q_{\text{г}}$ - геометрическая емкость скипа - м³

$Q_{\text{п}}$ - грузоподъемность скипа - тс

$Q_{\text{м}}$ - 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 наиболее выгодных 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:

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

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/мм².

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 ~~круглопрядные канаты~~ или на плоские стальные ~~или резино-стальные~~ канаты.
 (ГОСТы 3088-69; 16827-77; 16828-71) / (ГОСТы 3041-69; 3092-69)

Расчет подъемных канатов

Для расчета подъемного каната для скипа необходимо установить величину максимальной статической нагрузки, которая состоит из величины собственного веса сосуда (Q_m), веса полезного груза (Q_n) и веса полного отбеса каната (ρH_0).

При одноканатном подъеме возможны три случая:

- 1) $q_{хк} = 0$ - 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;

Требуемый подъемный канат можно определить, рассчитав:

- а) необходимое разрывное сопротивление каната, или
- б) вес 1 пог.м требуемого каната.

а) При определении необходимого веса погонного метра каната:

вес 1 пог.м каната при неуравновешенной и уравновешенной системе подъема (схема 1 и 2)

$$P_p = \frac{Q_n + Q_m}{2\gamma_0 - H_0} \quad \text{кгс} \quad (10)$$

Вес 1 п.м. подъемного каната при наличии тяжелого хвостового каната

$$P_{гк} = \frac{Q_n + Q_m + (q_{хк} - P_{гк})H_n}{\frac{\sigma}{m\gamma_0} - H_0} \quad \text{кгс} \quad (11)$$

где σ, m и γ_0 - головных канатов.

Q_n - полезный груз скипа, кгс.

Q_m - собственный вес скипа, кгс

L_0 - предельная отвесная длина каната, при которой вес каната вызывает в его опасном сечении (при сходе со шкива) наибольшее напряжение, допускаемое Правилами Безопасности.

$$L_0 = \frac{\sigma}{\pi \gamma_0} \quad , \quad \text{м} \quad (12)$$

где

σ - предел прочности проволоки, при растяжении (обычно 16 000- 18 000 кгс/см²);

γ_0 - фиктивная плотность 1 м каната, кгс/м.см², приходящаяся на 1 см² сечения;

Для стандартных подъемных канатов $\gamma_0 = 0,85-0,93 \frac{\text{кгс}}{\text{м.см}^2}$

Расчетное значение можно принимать $\gamma_0 = 0,92 \text{ кгс/м.см}^2$

π - 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 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 1,2).

Максимальная длина отвеса каната определяется следующим образом:

$$H_0 = H_{\text{ш}} + H_{\text{копр}} + h_{\text{заг}} + h_x \quad \text{м} \quad (13)$$

где:

$H_{\text{копра}}$ - 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

$$K_z = \frac{Q_k \cdot \sigma}{\frac{\sigma}{m} - \gamma_0 H_0} \quad \text{кгс} \quad (14)$$

где Q_k - конечная нагрузка на канат, кгс

$$Q_k = Q_n + Q_m \quad (15)$$

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 ГОСТ 7668-69)

K_z - суммарное разрывное усилие всех проволок каната. кгс

σ - предел прочности проволоки каната при растяжении. кгс/см²

d_k - диаметр каната мм

$P_{гк}$ - вес 1 п.м. каната. кг/п.м.

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

$$m = \frac{K_z}{Q_n + Q_m + P_{гк} H_0} \quad (16)$$

при уравновешенной системе подъема в величину H_0 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:

$$m = \frac{K_z}{Q_n + Q_m + \frac{Q_{хк}}{\gamma_{хк}} H_n + P_{гк} (h_{nn} + 0,75 R_{ш})} \quad (17)$$

Коэффициент статической неуравновешенности характеризует степень уравновешивания системы подъема:

$$\Delta = \frac{P_{гк} H_{п}}{K Q_{п}} \quad (18)$$

K - коэффициент шахтных сопротивлений (для скиповых подъемов $K = 1,15$).

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

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 вперемежку.

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:

1. Подъемная машина двухбарабанная, шкивы расположены на одной горизонтальной оси (см. схему № 1).

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 № 1) и при *клиновых коушах*:

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

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

$$H_{\text{копра}} \cong h_{\text{рс}} + h_{\text{прев}} + h_{\text{с}} + h_{\text{пп}} + 0,75 R_{\text{шк}} + \varrho_1 \quad \text{м} \quad (20)$$

$$\varrho_1 = 1,5 D_{\text{шк}}, \text{ м} \quad (21)$$

ϱ_1 - расстояние между осями верхнего и нижнего шкивов, м;

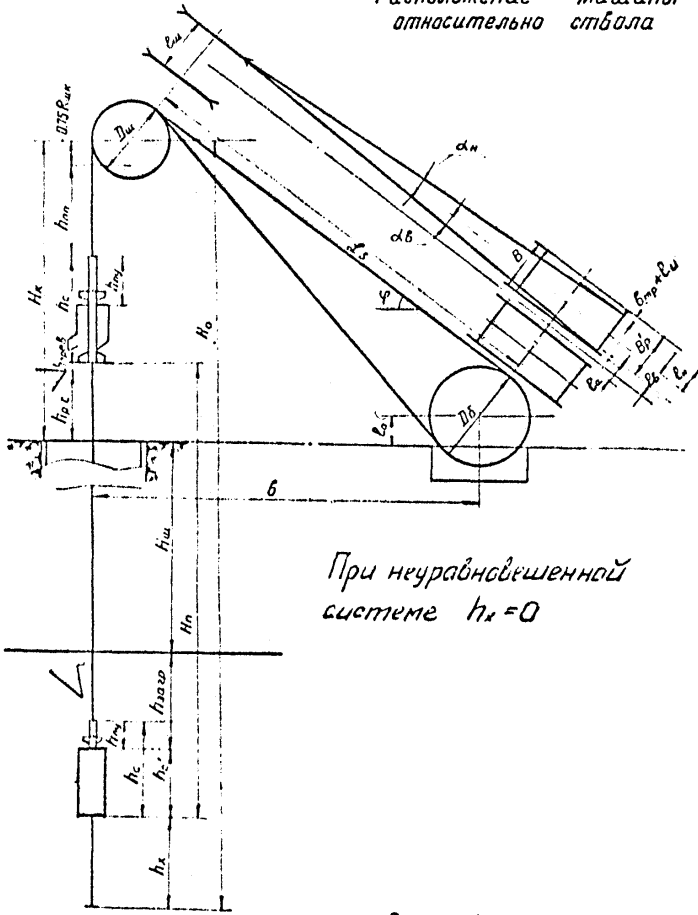
$h_{\text{рс}}$ - высота кромки бункера над отметкой земли, м;

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

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

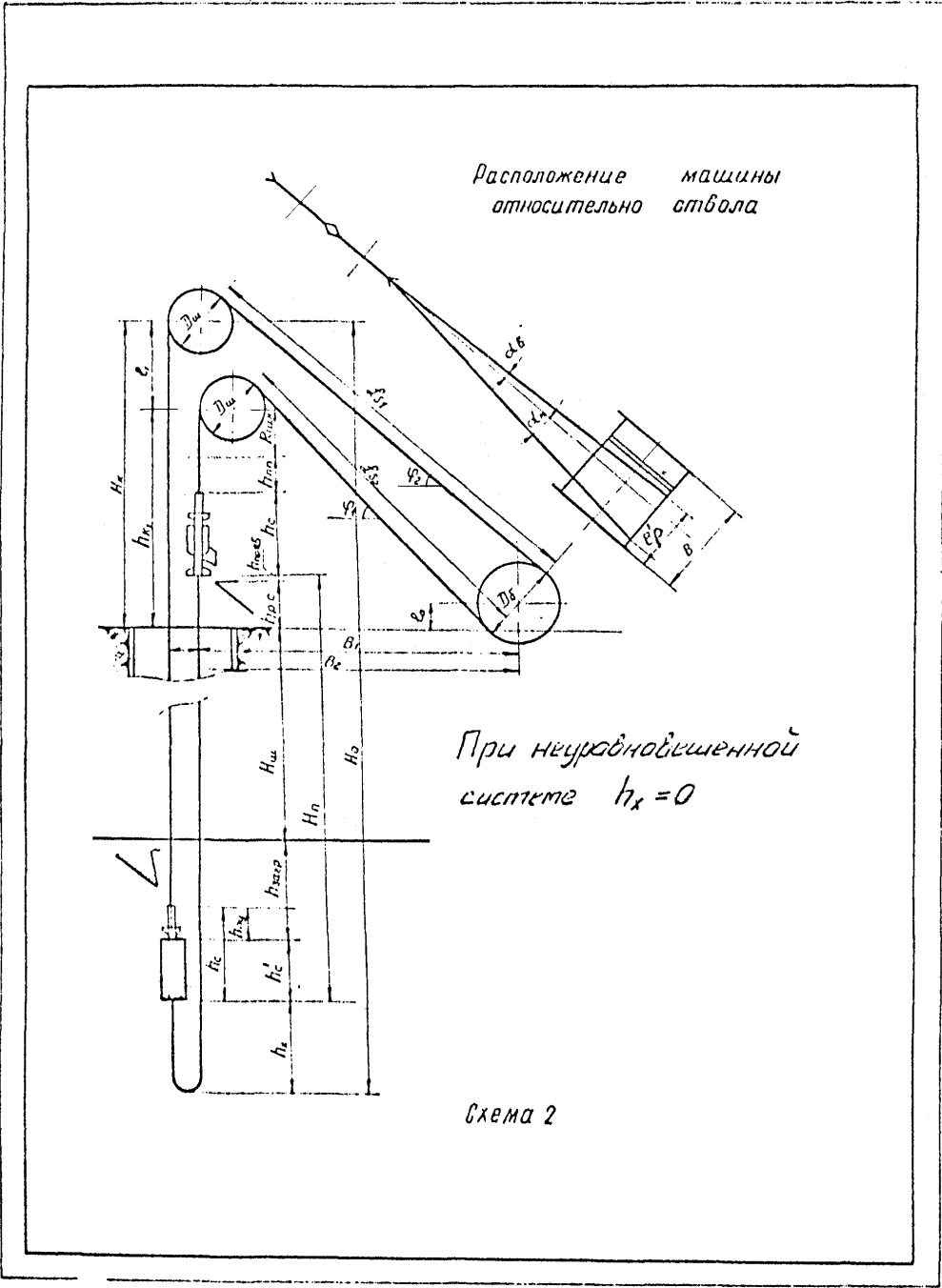
$h_{\text{пп}}$ - высота переподъема, м;

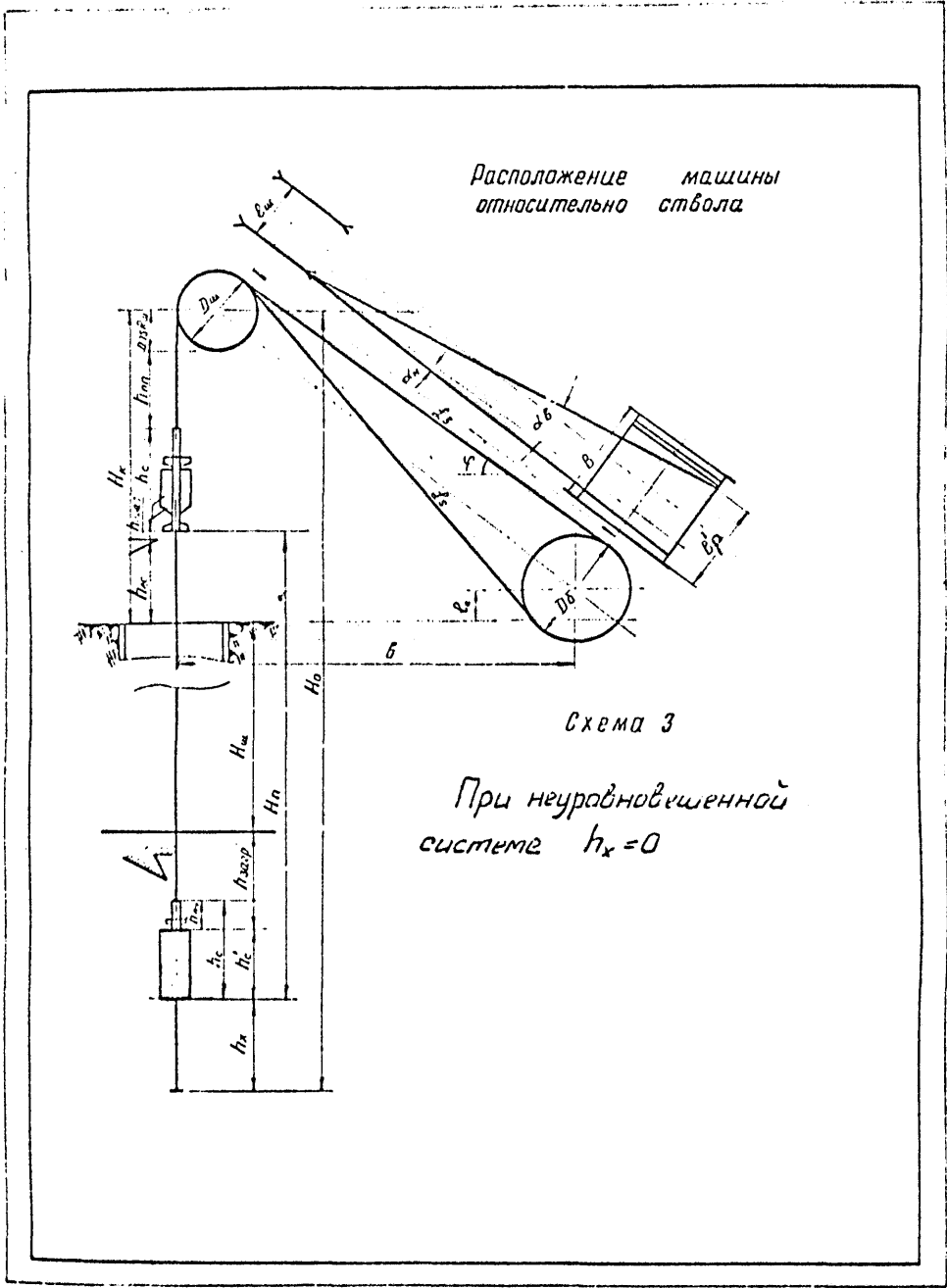
Расположение машины
относительно стбала



При неравновешенной
системе $h_k = 0$

Схема 1





Высотой переподъема для грузовых подъемов в скипах следует считать высоту, на которую может свободно подниматься скип от нормального положения при разгрузке до соприкосновения верхнего жимка каната с оградом 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: $H_{\text{копра}} \geq h_{\text{pc}} + h_{\text{np}} + h_{\text{c}} + h_{\text{np}} + 0,75 R_{\text{шк}}$ высота "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 подземного каната.

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

$$\frac{D_{\delta}}{d_{\text{к}}} \geq 79$$

При подземной установке машин

$$\frac{D_{\delta}}{d_{\text{к}}} \geq 60$$

При канате закрытой конструкции, учитывая усложненные условия его изгиба

$$\frac{D_{\delta}}{d_{\text{к}}} \geq 100$$

При одноканатном шкиве трения и канатах любой конструкции

$$\frac{D_{\delta}}{d_{\text{к}}} \geq 120$$

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:

$$B = \left(\frac{H_n + h_u}{\pi D_b} + n_{тр} + i \right) (d_k + S) \quad \text{мм, где (22)}$$

H_n - длина каната, равная высоте подъема, м;

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

D_b - 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_k - диаметр каната, мм

$d_k + S$ - 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:

$d_k < 30$ мм $S = 2$ мм

$d_k = 30-40$ мм $S = 2,5$ мм

$d_k > 40$ мм $S = 3$ мм

В соответствии с рекомендацией завода НКСМЗ

$d_k + S = t_{нар}$ - шаг нарезки барабанов шахтных подъемных машин определяется: для машин с диаметром до 5 м включительно:

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

для машин диаметром 6 мм

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

Рекомендуемые НКСЗ величины шага нарезки ($d_k + S$) на барабане приведены в таблице.

Таблица 2

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

Шаг нарезки, мм	Типоразмеры							
	2Ц-4х1,8	2Ц-5х2,4	2Ц-6х2,4	2Ц-6х2,8	2Ц-5х2,8	2Ц-6х2,8	БЦК-9/5ж	БЦК-8/5х
	2Ц-2х2,3	ЦР-5х3/0,6	ЦР-6х3/0,6	ЦР-6х3,4/0,6		ЦР-6х3,4/0,6	ЦР-6х3,4/0,6	
	ЦР-4х3/0,7							
Диаметр каната, мм, не более								
34	32,0	-	-	-	-	-	-	-
37	35,0	-	-	-	-	-	-	-
40	38,0	38,0	35,5	-	-	-	-	-
44	42,0	41,0	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	57,0	57,0	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:

$$B = \frac{1}{Z_i} \left(\frac{H_n + H_{ii}}{\pi D_{cp}} + \Pi_a \right) (d_k + S) \quad \text{мм} \quad (25)$$

Z_i - число слоев навивки каната;

D_{cp} - средний диаметр барабана, при многослойной навивке каната;

Π_a - 7-число витков трения при деревянной футеровке с учетом передвижки каната на 1/4 витка через каждые 2 месяца,

Π_a = 9-число витков трения при металлической футеровке.

Средний диаметр барабана

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

D_1 - диаметр навивки первого слоя, м;

D_i - диаметр навивки верхнего слоя, м;

$$D_i \approx D_1 + 2(Z_i - 1) d_k \quad (27)$$

б) При подъемных машинах с одинарным цилиндрическим неразрезным барабаном.

Необходимая полная ширина барабана между ребордами при двухконцевом подъеме:

$$B = \left(\frac{H_n + 2n_u}{\pi D_b} + 2n_{mp} + \frac{\pi}{4} d_i \right) (d_k + S) \quad \text{мм} \quad (28)$$

где:

$2n_u$ - резервная длина двух ветвей канатов

$2n_u = 60$ (при наличии специальных бобин для резервного каната эта длина не учитывается)

d_i - 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

$$B_3 = \left(\frac{H_n + n_u}{\pi D_b} + n'_{mp} + n_{303} \right) (d_k + S), \quad \text{мм} \quad (29)$$

$n_u = 30$ м;

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

n_{303} - I виток - зазор между навитым канатом и разрезом на барабане.

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

$$B_{\text{пер}} = \left(\frac{H_{\text{пер}} + h_{\text{ш}}}{\pi D \delta} + n'_{\text{пр}} \right) (d_k + S), \text{ мм} \quad (30)$$

где

$H_{\text{пер}}$ - рабочая длина каната, навиваемая на *переставной* части барабана

$h_{\text{ш}}$ - 30 мм

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

Общая ширина разрезного барабана: $B = B_3 + B_{\text{пер}}$ мм (31)

Следует учесть, что ширина переставной незаклиненной части одностороннего 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 $Q_{\text{хк}} = 0$ в начале подъема груженой ветви

$$F_{\text{ст. макс.}} = Q_n + Q_m + P_{\text{гк}} (H_0 - h'_c) \quad \text{кгс} \quad (32)$$

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

$$F_{\text{ст. макс.}} = Q_n + Q_m + P_{\text{гк}} (H_0 - h_x - H_n - h'_c) + Q_{\text{хк}} (H_n + h_x) \quad \text{кгс} \quad (33)$$

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

$$F_{\text{ст. макс.}} = Q_n + Q_m + P_{\text{гк}} (H_0 - h'_c) \quad \text{кгс}$$

г) при легком хвостовом канате, т.е. при $q_{хк} < p_{гк}$ в момент нахождения грузеного сосуда у загрузочного устройства

$$F_{ст. макс.} = Q_{п} + Q_{м} + p_{гк}(h_0 - h'_c - h_x) + q_{хк} h_x \quad \text{кгс (34)}$$

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

I. При одношкиповом с противовесом одноканатном подъеме:

а) при неуравновешенной системе, т.е. при

$$R_{ст. неур.} = Q_{м} + Q_{п} + p_{гк} H_{п} - Q_{м} - \frac{Q_{мкл}}{2} = \frac{Q_{п}}{2} + p_{гк} H_{п} \quad \text{кгс (35)}$$

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

$$R_{ст. неур.} = \frac{Q_{п}}{2} + (q_{хк} - p_{гк}) H_{п} \quad \text{кгс (36)}$$

в) при уравновешенной системе, т.е. при $q_{хк} = p_{гк}$

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

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

$$R_{ст. неур.} = \frac{Q_{п}}{2} + (p_{гк} - q_{хк}) H_{п} \quad \text{кгс (38)}$$

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 настроены 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. 1 и 3) длина струны определяется:

$$L_s = \sqrt{(H_k - l_0)^2 + (b - R_w)^2}$$

, м (39), где b - расстояние между осью барабана и отвесом каната $b = 0,6H_k + 3,5 + D\delta$ (40)

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

$$L_{S_1} = \sqrt{(H_K - e_o)^2 + (B_2 - R_w)^2}, \text{ м} \quad (41)$$

длина меньшей струны:

$$L_{S_2} = \sqrt{(H_K - e_1 - e_o)^2 + (B_2 - e_c - R_w)^2}, \text{ м} \quad (42)$$

где

H_K - высота копра

e_o - превышение оси барабана над нулевой отметкой.

По заводским данным:

Для однобарабанных и двухбарабанных машин с $D_{\sigma} = 2,5$ и 3 м, $e_o = 650$ мм.

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

B_1 - расстояние между осью барабана и отвесом каната малой струны

B_2 - расстояние между осью барабана и отвесом каната большой струны

e_1 - расстояние между горизонтальными осями копровых шкивов при их расположении в одной вертикальной плоскости;

обычно:

$$e_1 = 1,5 D_w, \text{ м}$$

e_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 ее длины до 75 м без поддерживающих роликов.

Угол наклона струны каната к горизонту роликов.

Тангенс угла наклона струны к горизонту определяется по формуле:

а) при расположении направляющих шкивов на одной горизонтальной оси

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{H_k - \rho_0}{B - R_w} \quad (43)$$

рекомендуется $\varphi \geq 30^\circ$ - для нижней ветви струны

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

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

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{H_k - \rho_0 - \rho_1}{B_2 - \rho_c - R_w} \quad (44)$$

в) тангенс угла наклона большей струны:

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{H_k - \rho_0}{B_2 - R_w} \quad (45)$$

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):

$$\begin{aligned} 2,0 \text{ м} &- 36^\circ \div 56^\circ \\ 2,5 \text{ м} &- 36^\circ \div 53^\circ \\ 3,0 \text{ м} &- 38^\circ \div 55^\circ \end{aligned}$$

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 α_n и внутренние α_s углы отклонения. Максимально допустимый угол отклонения каната для цилиндрических барабанов принят равным $\alpha = 1^\circ 30'$.

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 необходимая для заданных условий навивочной поверхности барабана.

При деревянной футеровке

$$B'_p = \left(\frac{H_n + 3D}{\pi D_s} + 4 \right) (d_k + S)$$

При металлической футеровке

$$B'_p = \left(\frac{H_n + 3D}{\pi D_s} + 6 \right) (d_k + S)$$

ℓ_H - величина отклонения каната от плоскости шкива к наружной реборде:

$$\ell_H = B + \frac{\ell_a}{2} - \frac{\ell_w}{2} - \left[(n_{mp} + 0,5) (d_k + S) \right] \quad (46)$$

ℓ_a - расстояние между внутренними ребордами;

α_H - наружный угол отклонения каната на барабане:

$$\alpha_H = \arctg \frac{\ell_H}{L_s} \quad (47)$$

ℓ_B - величина отклонения каната от плоскости шкива к внутренней реборде

$$\ell_B = B'_p - \left[B + \frac{\ell_a}{2} - \frac{\ell_w}{2} \right] \quad (48)$$

α_B - внутренний угол отклонения каната на барабане

$$\alpha_B = \arctg \frac{\ell_B}{L_s} \quad (49)$$

В случае получения углов девиации $\alpha_H > 1^\circ 30'$
и $\alpha_B > 1^\circ 30'$ 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

$$\alpha_H = \arctg \left[\frac{B}{2} - n''_{mp} (d_k + S) \right] \cdot \frac{1}{\mathcal{L}_{S_2}} \quad \text{где}$$

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

$$\alpha_B = \arctg \left[B'_p - \frac{B}{2} \right] \cdot \frac{1}{\mathcal{L}_{S_2}}$$

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

Внешний угол отклонения

$$\alpha_H = \arctg \frac{B - \rho_w - 2 \cdot n'_{mp} (d_k + S)}{2 \mathcal{L}_S}$$

Величина внутреннего угла отклонения в этом случае

$$\alpha_B = \arctg \frac{2 B'_p - B + \rho_w}{2 \mathcal{L}_S}$$

Кинематика подъема

Имея грузоподъемность скипа; определяем основные элементы кинематики подъема:

$\Pi_{час}$ - число подъемов скипа в час

$$\Pi_{час} = \frac{A_{час}}{Q_n} \quad \frac{\text{ПОДЪЕМОВ}}{\text{ЧАС}} \quad (50)$$

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

$$T_{полн} = \frac{3600}{\Pi_{час}} \quad \text{с} \quad (51)$$

$T_{чистл}$ - чистое время движения за один полный цикл

$$T_{чистл} = T_{полн} \cdot \theta'' \quad (\text{в соответствии с "Нормами технологического проектирования"}) \quad (52)$$

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 $\theta_2 = 2,5-3$, с

$V_{ср}$ - средняя скорость подъема

$$V_{ср} = \frac{2Hn}{T_{чистл}} \quad \text{м/с} \quad (53)$$

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

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

L' - множитель скорости (см. таблицу)

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 1,15 или 1,1 (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					1,23	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 трапециoidalной тахограмме:

$$H_{0\text{н}} = H_n - (h_1 + h_s + h_6) + \frac{v_1'^2}{2j_1} + \frac{v_2'^2}{2j_4} \quad \text{м} \quad (55)$$

условное время при трапециoidalной тахограмме:

$$T_0 = T_{\text{чист}} - (t_1 + t_s + t_6) + \frac{v_1'}{j_1} + \frac{v_2'}{j_4} \quad \text{с} \quad (56)$$

модуль ускорения:

$$a = \frac{T_0}{\frac{1}{j_2} + \frac{1}{j_3}} \quad (57)$$

ориентировочная максимальная скорость:

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

где $V'_{\text{ср}} = \frac{H_{0\text{н}}}{T_0}$

коэфф. 1,1 принимается при высоте подъема до 600м включительно

Расчетная скорость вращения органа навивки при ориентировочной максимальной скорости подъема:

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

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

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

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

*) Значения величин $h_1, h_s, h_6, t_1, t_s, t_6, v_1, v_2, j_{1,2,3,4}$ 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:

$$V_{\text{макс}}' = \frac{ПДБ \cdot n_{\text{факт}}}{60 \cdot i} \quad \text{м/с} \quad (61)$$

$n_{\text{факт}}$: - выбираемая скорость вращения, двигателя об/мин.

При тихоходном двигателе постоянного тока число оборотов двигателя $n_{гв}$ 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 двигателя постоянного тока быстроходные или тихоходные.

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

Элементы тахограммы подъема при скипах с секторным затвором

h_1 - общий путь разгрузки скипа с секторным затвором емкостью до 15 м³ 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

Программы скорости, ускорений, обобщенных усилий и мощности на валу барабана при повороте скипа 28

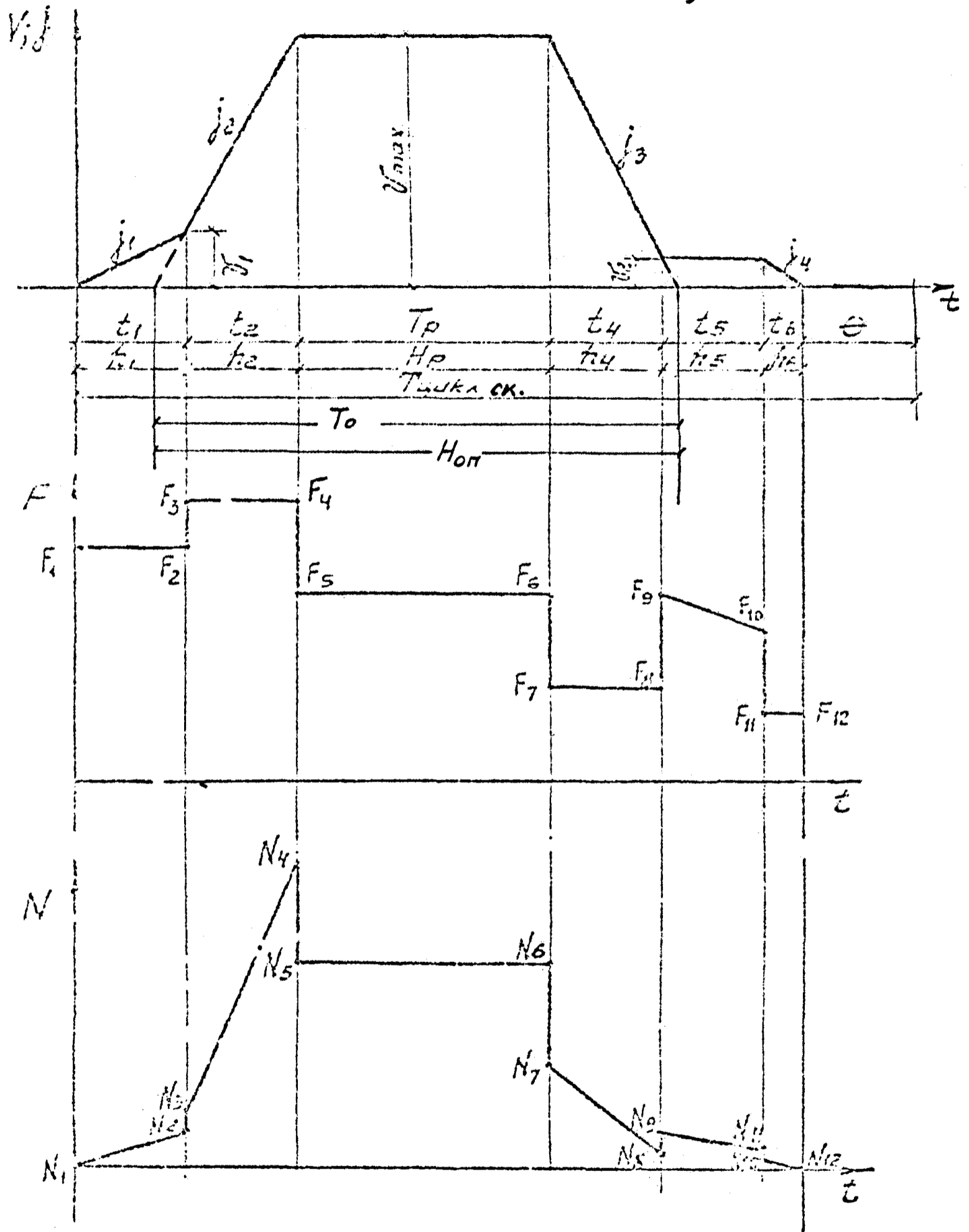


Рис 1.

Возможные максимальные скорости подъема при
одноканатных подъемных машинах с быстроходными
двигателями

Типоразмер машин	Диаметр бараба- на, м	Передачное число редук- тора	Число оборотов двигателя, об/мин							
			240	290	367	485	580	735	960	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2Ц-I,2x0,8 Ц-I,2x1	1,2	20 } 30 }						2,3 1,5	3,0 2,0	
2Ц-I,6x0,8 Ц-I,6x1,2	1,6	20 } 30 }					2,4 1,6	3,1 2,0	4,0 2,7	
2Ц-2x1,1 Ц-2x1,5	2,0	20 } 30 }					3,0 2,0	3,9 2,6	5,0 3,4	
2Ц-2,5x1,2 Ц-2,5x2	2,5	20 } 30 } II,5 }				3,2 2,1 5,5	3,8 2,5 6,6	4,8 3,2 8,4		
2Ц-3x1,5 Ц-3x2,2	3,0	20 } 30 } II,5 }				3,8 2,5 6,6	4,5 3,0 7,9	5,8 3,8 10,0		
2Ц-3,5x1,8 Ц-3,5x2,4 ЦП-3,5x3,2/0,8	3,5	10,5 } II,5 } 20 } 30 }			6,4 5,9 3,4 2,2	8,5 7,7 4,5 3,0	10,1 9,2 5,3 3,5	12,9 11,7 6,8 4,5		

-26-2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2Ц-4x1,8	4,0	10,5		5,8	7,3	9,7	11,6	14,6	
2Ц-4x2,3		11,5		5,3	6,7	8,8	10,5	13,4	
		20,0		3,0	3,8	5,1	6,1	7,7	
2Ц-5x2,4	5,0	10,5	6,0	7,3	9,2	12,1	14,4	18,3	
ЦР-5x3/0,6		11,5	5,5	6,7	8,3	11,0	13,2	16,7	
2Ц-6x2,4	6,0	10,5	7,2	8,7	11,0	14,5	17,3		
2Ц-6x2,8		11,5	6,6	7,9	10,0	13,2	15,8		
ЦР-6x3/0,6	6,0	10,5	7,2	8,7	11,0	14,5	17,3		
ЦР-6x3,4/0,6		11,5	6,6	7,9	10,0	13,2	15,8		
2Ц-5x2,8 } 2Ц-6x2,8У }	безредукторный привод								

-27- 2

30

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

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 .

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

j_2 - ускорение скипа в период основного ускоренного хода, м/с^2
 t_2 - продолжительность периода основного ускорения, с

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

h_2 - путь, пройденный в период основного ускорения

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

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

Обычно при скипах с секторным затвором принимается $V_2 = 0,5 \text{ м/с}$
 при скипах с клапаннм затвором $V_2 = 0,4 \text{ м/с}$

j_3 - основное замедление, м/с^2

t_4 - продолжительность периода основного замедления, с

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

h_4 - путь, пройденный в период основного замедления, м

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

j_4 - замедление при стопорении, м/с^2

Обычно принимается $j_4 = 0,2-0,25 \text{ м/с}^2$

t_6 - время стопорения, с

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

Обычно принимается

$$t_6 = \frac{0,5}{0,25} = 2 \text{ с} \quad \text{или} \quad t_6 = \frac{0,4}{0,2} = 2 \text{ с}$$

h_6 — путь стопорения, м

$$h_6 = \frac{j_4 t_6^2}{2} \quad (69)$$

h_5 — путь равномерного движения скипа в разгрузочных кривых, м

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

$$h_5 = h_{кр} - h_6 \quad \text{м} \quad (70)$$

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:

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

$$\frac{v_{\text{макс}}^2 - v_2^2}{2 j_3 n_{\text{зуб}} K_m} \quad (71)$$

где $v_{\text{макс}}$ — 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;

$n_{\text{зуб}}$ — количество зубьев аппарата АЗК; обычно $n_{\text{зуб}} = 38$;

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

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

$$\frac{v_{\text{макс}} - v_2}{j_3} \Delta v_1 \quad (72) \quad \text{где} \quad \Delta v_1 = 0,1$$

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

$$h'_s = h_{кр} + \frac{U_1^2 - U_2^2}{2j_3 \cdot \Pi_{зуб} \cdot K_n} + \frac{U_{макс} - U_2}{j_3} \Delta U_1 - h_6 \quad \text{м} \quad (73)$$

Дополнительная потеря времени, связанная с величинами

$$\left(\frac{U_1^2 - U_2^2}{2j_3 \cdot \Pi_{зуб} \cdot K_n} + \frac{U_{макс} - U_2}{j_3} \Delta U_1 \right) \quad (74)$$

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 задачиком 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 машинозаводом ЧМ ДКСМУ} 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

$$h'_s = h_{кр} h_6 \quad (75)$$

При весовой дозировке потеря времени, связанная с ошибкой в системе регулирования уменьшается и может быть принята ориентировочно равной 1 с при точности дозировки загрузки до 10%.

t_s - время дотяжки скипа при постоянной скорости, с

$$t_s = \frac{h'_s}{U_2} \quad \text{перед стопорением} \quad (76)$$

где U_2 - равномерная скорость при секторном затворе = 0,5 м/с

H_p - путь, пройденный ^{скипом} в период равномерного хода при максимальной скорости, м

$$H_p = H_n - (h_1 + h_2 + h_4 + h_5 + h_6) \quad \text{м} \quad (77)$$

T_p - продолжительность периода равномерного хода при максимальной скорости, с

$$T_p = \frac{H_p}{U_{\max}} \quad (78)$$

$T_{\text{чист}}$ - чистое время движения скипа, с

$$T_{\text{чист}} = t_1 + t_2 + T_p + t_4 + t_5 + t_6 \quad (79)$$

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

$$T_{\text{цикла}} = 2 [T_{\text{чист}} + \theta_1 + \theta_2] \quad (80)$$

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:

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

$A'_{\text{час}}$ - возможная часовая производительность подъема с учетом коэффициента неравномерности подъема

$$A'_{\text{час}} = \frac{n_{\text{час}} \cdot Q_n}{1,5} \quad (82)$$

Число часов работы подъема в сутки (получаемое):

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

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

Ориентировочная мощность приводного двигателя одношкипового подъема, кВт

$$P_{op} = \frac{\rho \cdot Q_n \cdot H_n}{2 \cdot 102 \cdot T_{чист} \cdot \eta_z} \quad (84)$$

η_z - кпд зубчатой передачи
 при *одноступенчатой* зубчатой передаче - 0,96
 при *двухступенчатой* зубчатой передаче - 0,92

ρ - динамический коэффициент эффективной мощности

$\rho = f(K_n \alpha^2 \xi)$; принимается по таблице 3.

где K_n - коэффициент продолжительности подъема,

α - множитель скорости

ξ - 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 $\gamma_{об} = \frac{M_{max}}{M_{ном}}$, маховый момент ротора $G D^2$ 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.

1) Приведенный вес подъемной машины

$$G \delta' = \frac{G D_{маш}^2}{D \delta^2} \quad \text{кгс} \quad (85)$$

$G D_{маш}^2$ - маховый момент машины кгс.м².

2) Аналогично определяется приведенный вес (направляющих) шкивов кгс

$$G_{шк}' = 2 \frac{G D_{шк}^2}{D^2_{шк}} \quad \text{кгс} \quad (86)$$

$G_{шк}^2$ - маховый момент отклоняющего шкива кгс.м².

3) Приведенный вес ротора одного приводного двигателя.

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

$$G'_{\text{рот}} = n \cdot \frac{GD^2_{\text{рот}}}{D\delta^2} i^2 \quad \text{кгс} \quad (87)$$

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

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

$$G'_{\text{рот}} = \frac{GD^2_{\text{рот}}}{D\delta^2} \quad \text{кгс} \quad (88)$$

4) Приведенный вес редуктора

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

$GD^2_{\text{ред}}$ - 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:

$$M = \left(\frac{830 P_n \eta_z}{n_{\text{об}}} \gamma_{\text{г}} - 0,025 \cdot n \frac{GD^2_{\text{рот}}}{R\delta} i \right) i \quad \text{кгсм} \quad (90)$$

P_n - номинальная мощность предварительно выбранного двигателя, квт; (или выбранных двигателей),

$n_{\text{об}}$ - число оборотов выбранного двигателя, об/мин.;

$\gamma_{\text{г}}$ - перегрузочная способность двигателя;

$R\delta$ - радиус органа навивки (барабана), м;

$GD^2_{\text{рот}}$ - 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 входному валу кгс.м².

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

$$G_{\text{пост}} = Q_n + Q_m + Q_{\text{прот}} + 2\rho_{\text{гк}} L_{\text{гк}} \quad \text{кгс} \quad (91)$$

то же при уравновешенной системе подъема:

$$G'_{\text{пост}} = Q_n + Q_m + Q_{\text{прот}} + 2\rho_{\text{гк}} L_{\text{гк}} + Q_{\text{хк}} L_{\text{хк}} \quad \text{кгс} \quad (92)$$

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

$$G''_{\text{пост}} = Q_m + Q_{\text{прот}} + 2\rho_{\text{гк}} L_{\text{гк}} \quad \text{кгс} \quad (93)$$

то же при уравновешенной системе подъема;

$$G'''_{\text{пост}} = Q_m + Q_{\text{прот}} + 2\rho_{\text{гк}} L_{\text{гк}} + Q_{\text{хк}} L_{\text{хк}} \quad \text{кгс} \quad (94)$$

$L_{\text{гк}}$ - полная длина ветви головного каната, м.

$$L_{\text{гк}} = H_0 + \frac{\pi D \delta}{2} + L_s + n_{\text{тр}} \pi D \delta + h_u \quad (95)$$

где:

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

$\frac{\pi D \delta}{2}$ - длина каната, огибающая направляющие шкивы;

$n_{\text{тр}} \pi D \delta$ - длина витков трения каната, м;

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

$L_{\text{хк}}$ - длина хвостового каната, м; (если предусмотрена уравновешенная система подъема);

$$L_{\text{хк}} = H_n + 2h_x \quad (96)$$

где H_n - высота подъема, м;
 $2h_x$ - длина петли хвостового каната, м с учетом зачалок, м
 (ориентировочно можно принимать 30 м при уравновешенной системе подъема).

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

$$\Sigma G' = G'_\delta + G'_{шк} + G'_{ipom} + G'_{ред} + G'_{паст} \quad \text{кгс} \quad (97)$$

то же, при подъеме противовеса:

$$\Sigma G'' = G''_\delta + G''_{шк} + G''_{ipom} + G''_{ред} + G''_{паст} \quad \text{кгс} \quad (98)$$

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

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

то же при подъеме противовеса

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

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

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

$$M_{\text{макс}} = \left[1,15 \frac{Q_n}{2} + p_{rx} (H_n - 2h_x) + \gamma_1 j_2 \right] R_\delta \quad \text{кгс} \cdot \text{м} \quad (101)$$

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

$$J_p \cdot g = \frac{2 G'_{ipom}}{g} R_\delta^2 \quad (102)$$

где $G_{\text{рот}}$ — приведенный вес ротора одного двигателя.

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

Уточненный крутящий момент на валу редуктора:

(в соответствии с указанием ГОСТа 18115-72, приложение 4)

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

$$\text{где } \Sigma = \frac{J_2}{R_0^2} \quad - \text{угловое ускорение} \quad (104)$$

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

$$\text{где } j_{\text{макс}} = \frac{f_{\text{п}} F_{\text{ном}} - k Q_{\text{п}} - P_{\text{гк}} H_{\text{п}}}{\Sigma f_{\text{п}}} \quad \text{м/с}^2 \quad (105)$$

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

$f_{\text{ном}}$ — номинальное значение перегрузочной способности двигателя.

$F_{\text{ном}}$ — номинальная нагрузка двигателя, приведенная к окружности барабана

$$F_{\text{ном}} = \frac{102 P_{\text{ном}}}{v_{\text{мах}}} \cdot \eta_z \quad (106)$$

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

η_z - кпд редуктора .

б) при уравновешенной системе подъема

$$j_{макс.} = \frac{\delta F_{ном} - \kappa Q_n}{\sum \gamma n} \quad \text{м/с}^2 \quad (107)$$

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

$$F_{дв} = \kappa Q_n + (P_{гк} - q_{хк}) (H_n - 2x) \pm \gamma n j \quad (108)$$

где

κ - коэффициент, учитывающий влияние вредных сопротивлений (для скиповых подъемов $\kappa=1,15$).

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

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

H_n - высота подъема в м;

x - путь, пройденный подъемным сосудом от начала подъема,

γn - приведенная к окружности барабана масса движущихся частей подъемной установки, кгс.с²/м;

j - ускорение (замедление) подъемного сосуда, м/с².

Основное уравнение подъема

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

$$F_{гв} = \kappa Q \pm \gamma n j \quad (109)$$

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

$$F_{гв} = \kappa Q n + p_{гк} (H n - 2x) \pm \gamma n j \quad (110)$$

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

$$F_{гв} = \kappa Q n - (q_{хк} - p_{гк}) (H n - 2x) \pm \gamma n j \quad (111)$$

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

$$F_1 = F_2 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \gamma n j_1 \quad \text{кгс} \quad (112)$$

Усилие в начале и в конце периода основного ускорения

$$F_3 = F_4 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \gamma n j_2 \quad \text{кгс} \quad (113)$$

Усилие в начале и в конце периода равномерной скорости

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

Усилие в начале и в конце основного замедления

$$F_7 = F_8 = 1,15 \frac{Q_n}{2} - \gamma n j_3 \quad \text{кгс} \quad (115)$$

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

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

Усилие в конце периода дотяжки груженого скипа в разгрузочных крыльях при равномерном движении $F_{10} = 0,85 \frac{Q_n}{2} \text{ кгс} \quad (117)$

Усилие в конце подъема груженого скипа

$$F_{11} = F_{12} = 0,6 \frac{Q_n}{2} - \gamma n j_4 \quad \text{кгс} \quad (118)$$

б) при подъеме противовеса и уравновешенной системе подъема:

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

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

Усилие в начале и в конце периода основного ускорения

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

Усилие в начале и в конце периода равномерной скорости

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

Усилие в начале и в конце основного замедления

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

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

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

Усилие в конце подъема противовеса

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

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

а) при подъеме скипа:

Усилие в начале подъема

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

Усилие в конце периода ускорения в разгрузочных кривых

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

Усилие в начале периода основного ускорения

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

Усилие в конце периода основного ускорения

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

Усилие в начале периода равномерной скорости

$$F_5 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{ГРК} [H_n - 2 (h_1 + h_2)] \quad \text{кгс} \quad (129)$$

Усилие в конце периода равномерной скорости

$$F_6 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{ГРК} [H_n - 2 (h_1 + h_2 + H_p)] \quad \text{кгс} \quad (130)$$

Усилие в начале периода основного замедления

$$F_7 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{ГРК} [H_n - 2 (h_1 + h_2 + H_p)] - \gamma m j_3 \quad \text{кгс} \quad (131)$$

Усилие в конце периода основного замедления

$$F_8 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{ГРК} [H_n - 2 (h_1 + h_2 + H_p + h_4)] - \gamma m j_3 \quad \text{кгс} \quad (132)$$

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

$$F_9 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{ГРК} [H_n - 2 (h_1 + h_2 + H_p + h_4)] \quad \text{кгс} \quad (133)$$

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

$$F_{10} = 0,85 \frac{Q_n}{2} - \rho_{ГРК} (H_n - 2 \cdot 0,5) \quad \text{кгс} \quad (134)$$

" Усилие в конце подъема скипа

$$F_{11} = F_{12} = 0,6 \frac{Q_n}{2} - \rho_{ГРК} H_n - \gamma m j_4 \quad \text{кгс} \quad (135)$$

б) в условиях подъема противовеса.

Усилие в начале подъема

$$F_1' = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{ГРК} H_n + \gamma m j_1 \quad \text{кгс} \quad (136)$$

Усилие в конце периода ускорения в разгрузочных кривых

$$F_2' = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{ГРК} (H_n - 2 h_1) + \gamma m j_1 \quad \text{кгс} \quad (137)$$

Усилие в начале периода основного ускорения

$$F_3' = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{ГРК} (H_n - 2 h_1) + \gamma m j_2 \quad \text{кгс} \quad (138)$$

Усилие в конце периода основного ускорения

$$F_4' = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{ГРК} [H_n - 2 (h_1 + h_2)] + \gamma m j_2 \quad \text{кгс} \quad (139)$$

Усилие в начале периода равномерной скорости

$$F_5' = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2)] \quad \text{кгс} \quad (140)$$

Усилие в конце периода равномерной скорости

$$F_6' = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p)] \quad \text{кгс} \quad (141)$$

Усилие в начале периода основного замедления

$$F_7' = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p)] - \gamma n' j_3 \quad \text{кгс} \quad (142)$$

Усилие в конце периода основного замедления

$$F_8' = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p + h_4)] - \gamma n' j_3 \quad \text{кгс} \quad (143)$$

Усилие в начале периода дотяжки при равномерном движении

$$F_9' = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p + h_4)] \quad \text{кгс} \quad (144)$$

Усилие в конце периода дотяжки при равномерном движении

$$F_{10}' = 1,15 \frac{Q_n}{2} - \rho_{ГК} (H_n - 2 \cdot 0,5) \quad \text{кгс} \quad (145)$$

Усилие в конце подъема противовеса

$$F_{11}' = F_{12}' = 1,15 \frac{Q_n}{2} - \rho_{ГК} H_n - \gamma n' j_4 \quad \text{кгс} \quad (146)$$

Величина эффективного усилия определяется по формуле:

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

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

$$\begin{aligned} \sum F^2 t = & F_1^2 t_1 + F_3^2 t_2 + F_5^2 T_p + F_7^2 t_4 + \\ & + (F_9^2 + F_{10}^2) \frac{t_5}{2} + F_{11}^2 t_6 + (F_1')^2 t_1 + (F_3')^2 t_2 + (F_5')^2 T_p + \\ & + (F_7')^2 t_4 + (F_9')^2 t_5 + (F_{11}')^2 t_6 \end{aligned} \quad (148)$$

При неуравновешенной системе за полный цикл подъема:

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

$T_{эгрф}$ - 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):

$$T_{эгрф} = \beta_1 (t_1 + t_2 + t_4 + t_5 + t_6) + T_p + \beta_2 \theta' \quad \text{с} \quad (150)$$

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

$$\beta_1 = 0,5 \quad \beta_2 = 0,25$$

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:

$$T_{эгрф} = 0,5 [2(t_1 + t_2 + t_4 + t_5 + t_6)] + 2T_p + 0,25 \cdot 2\theta' \quad \text{с} \quad (151)$$

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

$$\theta_2 = 2,5 \text{ с.}$$

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

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

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

$$P_{эфф} = \frac{F_{эфф} \cdot U_{макс.}}{102 \cdot \zeta_z} \quad (153)$$

при безредукторном приводе $\zeta_z = 1$.

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

$$P_{стр.} = \frac{(1,35 - 1,4) \cdot F_{макс.} \cdot U_{макс.}}{102 \cdot \gamma_{гв.} \cdot \zeta_z} \quad (154)$$

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

$\gamma_{гв}$ - 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:

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

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

При двигателях постоянного тока должна быть перегрузочная способность

$$\gamma_{ном.} \geq \frac{F_{макс.}}{F_{ном.}} \quad (156)$$

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.

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

Полезный расход энергии на один полный цикл подъема

$$W'_{на} = W'_{пп} = 2 \frac{\frac{Q_n}{2} \cdot H_n}{102 \cdot 3600} \quad (158)$$

Полезный расход энергии на 1 т поднимаемого груза

$$W_{на1т} = W_{пп1т} = \frac{W'_{пп}}{Q_n} = \frac{H_n}{367,3} \quad (159)$$

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

$$W_{на} = \frac{1,02 U_{макс} \cdot \Sigma Ft}{102 \cdot \eta_z \cdot \eta_{дв.} \cdot 3600} + 0,0023 T_4 \quad (160)$$

где при уравновешенной системе подъема:

$$\begin{aligned} \Sigma Ft = & F_1 t_1 + F_3 t_2 + F_5 T_p + F_7 t_4 + \\ & + \frac{F_9 + F_{10}}{2} t_5 + F_{11} t_6 + F'_1 t_1 + F'_3 t_2 + \\ & + F'_5 T_p + F'_7 t_4 + \frac{F'_9 + F'_{10}}{2} t_5 + F'_{11} t_6 \end{aligned} \quad (161)$$

при неуравновешенной системе подъема:

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

$$+ (F'_1 + F'_2) \frac{t_1}{2} + (F'_3 + F'_4) \frac{t_2}{2} + (F'_5 + F'_6) \frac{T_D}{2} + (F'_7 + F'_8) \frac{t_4}{2} + (F'_9 + F'_{10}) \frac{t_5}{2} + (F'_{11} + F'_{12}) \frac{t_6}{2} \quad (162)$$

Тц - время одного полного цикла подъема, с.

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

$$W_{\text{фн}} = \frac{\sum (Nt + N't)}{3600 \cdot \eta_{\text{гв.}} \cdot \eta_{\text{умф.}}} \quad (163)$$

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

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

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

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

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

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

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

$$N_1' = \frac{F_1' \cdot v_0}{102 \cdot z_z} = 0; (176) \quad N_2' = \frac{F_2' \cdot v_1}{102 \cdot z_z}; (177) \quad N_3' = \frac{F_3' \cdot v_1}{102 \cdot z_z}; (178)$$

$$N_4' = \frac{F_4' \cdot v_{\max}}{102 \cdot z_z}; (179) \quad N_5' = \frac{F_5' \cdot v_{\max}}{102 \cdot z_z}; (180) \quad N_6' = \frac{F_6' \cdot v_{\max}}{102 \cdot z_z}; (181)$$

$$N_7' = \frac{F_7' \cdot v_{\max}}{102 \cdot z_z}; (182) \quad N_8' = \frac{F_8' \cdot v_2}{102 \cdot z_z}; (183) \quad N_9' = \frac{F_9' \cdot v_2}{102 \cdot z_z}; (184)$$

$$N_{10}' = \frac{F_{10}' \cdot v_2}{102 \cdot z_z}; (185) \quad N_{11}' = \frac{F_{11}' \cdot v_2}{102 \cdot z_z}; (186) \quad N_{12}' = \frac{F_{12}' \cdot v_0}{102 \cdot z_z} = 0 (187)$$

Расход энергии

а) при подъеме скипа

$$W_{\Pi_1} = \frac{(N_1 + N_2) \cdot t_1}{2 \cdot 3600 \cdot z_{гв} \cdot z_{умр}} \quad (188)$$

$$W_{\Pi_2} = \frac{(N_3 + N_4) \cdot t_2}{2 \cdot 3600 \cdot z_{гв} \cdot z_{умр}} \quad (189)$$

$$W_{\Pi_3} = \frac{(N_5 + N_6) \cdot T_p}{2 \cdot 3600 \cdot z_{гв} \cdot z_{умр}} \quad (190)$$

$$W_{\Pi_4} = \frac{(N_7 + N_8) \cdot t_4}{2 \cdot 3600 \cdot z_{гв} \cdot z_{умр}} \quad (191)$$

$$W_{\Pi_5} = \frac{(N_9 + N_{10}) \cdot t_5}{2 \cdot 3600 \cdot z_{гв} \cdot z_{умр}} \quad (192)$$

$$W_{\Pi_6} = \frac{(N_{11} + N_{12}) \cdot t_6}{2 \cdot 3600 \cdot z_{гв} \cdot z_{умр}} \quad (193)$$

б) при подъеме противовеса

$$W'_{n1} = \frac{(N'_1 + N'_2) \cdot t_1}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{гв} \cdot \eta_{умф}} \quad (194)$$

$$W'_{n2} = \frac{(N'_3 + N'_4) \cdot t_2}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{гв} \cdot \eta_{умф}} \quad (195)$$

$$W'_{n3} = \frac{(N'_5 + N'_6) \cdot T_p}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{гв} \cdot \eta_{умф}} \quad (196)$$

$$W'_{n4} = \frac{(N'_7 + N'_8) \cdot t_4}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{гв} \cdot \eta_{умф}} \quad (197)$$

$$W'_{n5} = \frac{(N'_9 + N'_{10}) \cdot t_5}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{гв} \cdot \eta_{умф}} \quad (198)$$

$$W'_{n6} = \frac{(N'_{11} + N'_{12}) \cdot t_6}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_{гв} \cdot \eta_{умф}} \quad (199)$$

Фактический расход энергии при двигателях постоянного тока за полный цикл подъема

$$W_{фн/n} = \sum W_{n1-6} + \sum W'_{n1-6} \quad \text{кВт}\cdot\text{ч} \quad (200)$$

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

$$\sum W_{гон} = 0,0023 \text{ Тч} \quad \text{кВт}\cdot\text{ч} \quad (201)$$

Расход энергии за полный цикл подъема

$$W_n = I,02 \quad W_{фн/n} + \sum W_{гон} \quad \text{кВт}\cdot\text{ч} \quad (202)$$

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

$$W_{\varphi_n 1m} = \frac{W_n}{Q_n} \quad (203)$$

КШД подъемной установки

$$\eta_y = \frac{W'_{nп 1m}}{W_{\varphi_n 1m}} \quad (204)$$

Выше приведен полный расчёт подъемной 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 движении 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;

$$\frac{v_{\max}^2 - v_1^2}{2j_2 n k'}$$

$$\frac{v_{\max}^2 - v_2^2}{2j_3 n k'}$$

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

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.

$v_{\text{макс}}$	При асинхронном двигателе				При двигателе постоянного тока			
	Общая длина пути, эквивалентная потере времени за полный цикл подъема (подъем скипа + подъем противовеса)		Потеря времени за полный цикл, с		Общая длина пути, эквивалентная потере времени за полный цикл подъема (подъем скипа + подъем противовеса)		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 $v_1 = v_2 = 0,4$
	$h_{\text{п.м}} = 2 \left(\frac{v_{\text{макс}}^2 - v_2^2}{2j_3 n k} + \frac{v_{\text{макс}} v_2 \Delta v}{j_3} \right)$				$h_{\text{п.м}} = 2 \left(\frac{v_{\text{макс}}^2 - v_1^2}{2j_2 n k} + \frac{v_{\text{макс}}^2 - v_2^2}{2j_3 n k} + \frac{v_{\text{макс}} v_2 \Delta v}{j_3} \right)$			
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	3,035	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

-84-

25

Потеря времени в секундах, связанная с работой АЗК при его механическом соединении с подъемной установкой. При скиповом подъеме со скипами с секторным затвором при $v_1 = v_2 = 0,5$ м/с, а также с клапаным затвором при $v_1 = v_2 = 0,4$ м/с при двухскиповом подъеме за один цикл, а при односкиповом подъеме - за полуцикл подъема.

	При асинхронном двигателе		При двигателе постоянного тока			
	В период до основного ускорения	В период после основного замедления	В период до основного ускорения		В период после основного замедления	
	$\frac{v_{\max}^2}{j_2} - v_2^2$	$+ \frac{v_{\text{инк}} - v_2}{j_3} v_2$	$\frac{v_{\max}^2 - v_1^2}{2,0,75.88.0,89}$		$\frac{v_{\max}^2 - v_2^2}{2,0,75.88.0,89} + \frac{v_{\max} - v_2}{j_3}$	
	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 $v_2 = 0,4$

v_{\max}	При асинхронном двигателе в этот период нет потерь времени, связанных с работой АЗК.	При асинхронном двигателе		При двигателе постоянного тока			
6		2,1	2,6	0,6	0,76	2,07	2,63
7		2,6	3,2	0,83	1,04	2,56	3,24
8		3,1	3,9	1,09	1,36	3,09	3,89
9		3,6	4,6	1,37	1,72	3,64	4,59
10		4,2	5,3	1,7	2,13	4,23	5,33
11		4,9	6,1	2,06	2,58	4,86	6,1
12		5,5	6,9	2,45	3,06	5,51	6,93
13		6,2	7,8	2,87	3,59	6,2	7,8
14		6,9	8,7	3,33	4,17	6,9	8,7
15		7,7	9,6	3,83	4,79	7,7	9,65
16		8,5	10,6	4,35	5,45	8,5	10,65

- 64 -

53

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

$$h_2 = h_{кр} - h_{1(205)} \text{ и } h_6 = h_{кр} - h_7 \text{ (206)}$$

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 I цикл плюс время, соответствующее потере времени, связанной с работой АЗК

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

Уточненное фактическое число подъемов грузеного скипа в час:

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

Фактическая часовая производительность подъема:

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

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

$$T_{\text{сут. факт.}} = \frac{A_{\text{сут.}} \cdot K_n}{A_{\text{час. факт.}}} \quad (210)$$

Ориентировочная мощность приводного двигателя двухскипового подъема в этом случае:

$$P_{\text{ор. эв.}} = \frac{\rho Q_n H_n}{102 (T_{\text{чист.ч.}} + t_{\text{пот.бр.}}) \cdot \eta_z} \quad \text{кВт} \quad (211)$$

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

$$P_{\text{ор. одн.}} = \frac{\rho \frac{Q_d}{2} \cdot 2 H_n}{102 (T_{\text{чист.ч.}} + t_{\text{пот.бр.}}) \cdot \eta_z} \quad \text{кВт} \quad (212)$$

где $t_{\text{пот.бр.}}$ — 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 односиповой однозатной
подъемной установки
/примерные расчеты/

ДИРЕКТОР ИНСТИТУТА
ЗАМ.ДИРЕКТОРА ПО НАУЧНОЙ
РАБОТЕ

Научный руководитель работы -
Главный инженер проектов

Москва - 1976

К.К.КУЗНЕЦОВ

А.И.Митейно

И.А.Раблянович

РАСЧЕТ ОДНОСМЯНОВОЙ ОДНОКАНАТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ
УСТАНОВКИ ДЛЯ ШАХТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ 600 ТЫС.Т. В ГОД
ПРИ ГЛУБИНЕ ШАХТЫ 400 М

Наименование	Един. изме- рений	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	18
коэффициент неравномерности работы подъема	K_H	1,5
коэффициент перевода объемного веса рядового угля в объемный вес поднимаемой горной массы	K_1	1,1

1

2

3

Расчётные данные:

Определение суточной производи-
тельности подъема при вывече
горной массы

$$A_{\text{сут}} = \frac{A_{\text{год}} \cdot K_I}{N} \quad \text{т/сут}$$

$$A_{\text{сут}} = \frac{600.000 \cdot 1,1}{300} = 2200$$

Предварительное определение часовой
производительности подъема при вывече
горной массы с учетом коэффициента
неравномерности:

$$A_{\text{час}} = \frac{A_{\text{сут}} \cdot K_H}{I} \quad \text{т/ч}$$

$$A_{\text{час}} = \frac{2200 \cdot 1,5}{10} \approx 183$$

Определение высоты подъема при на-
мечаемом расположении направляющих
шкивов на одной горизонтальной оси:

$$H_{\Pi} = H_{\text{ш}} + h_{\text{загр.}} + h_{\text{рс}} + h'_{\text{с}} + h_{\text{прв.}} \quad \text{м}$$

$$H_{\Pi} = 400 + 25 + 25 + 10,3 + 3 + 0,35 \approx 464$$

- 2 - Г

5

I

2

3

Расчет противовеса

Вес противовеса $Q_{\text{прот}} = Q_M + \frac{Q_n}{2}$

тс

$Q_{\text{прот}} = 8,1 + \frac{9,5}{2} = 12,85$

Расчет подъемного каната

Высота копра

$H_K = h_{pc} + h_{\text{прелв}} + h_c + h_{\text{пп}} + 0,75 R_{\text{шк}}$

м

$H_K = 25,0 + 0,35 + 10,3 + 3 + 0,75 \cdot 2,0 \approx 40$

Максимальная длина отвеса каната

$H_0 = H_{\text{ш}} + H_{\text{копра}} + (h_{\text{загр}} - h_{\text{пч}})$

м

$H_0 = 400 + 40 + (25 - 3) = 462$

Пределная 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

$P_p = \frac{Q_n + Q_M}{L_0 - H_0}$

кгс/мм

$P_p = \frac{9500 + 8100}{2843 - 462} = 7,4$

I

2

3

Принимаемый
тип подъем-
ного каната

ГОСТ

диаметр каната d_k

мм

7668-69

46,5

вес 1 мм каната $P_{гк}$

кгс

8,37

предел прочности
проволоки каната
при растяжении

кгс/мм²

170

разрывное сопротивление
каната (агрегатное)

кгс

144000

Принимаемый тип
уравновешивающего каната

Система неуравновешенная

Определение запаса прочности
подъемного каната

$$m = \frac{K_z}{Q_n + Q_m + P_{гк} \cdot H_0} \geq 6,5$$

$$m = \frac{144000}{9500 + 8100 + 8,37 \cdot 462} = 6,7$$

-5-1

60

I 2 3

Выбор подъемной цепи

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

Отношение диаметра барабана к диаметру каната

$$\frac{D_b}{d_k} \geq 79$$

$$\frac{D_b}{d_k} = \frac{4000}{46,5} = 86$$

6-7

Максимальное статическое натяжение
 $F_{ст макс} = Q_n + Q_m + P_{гк} (h_b - h_c)$

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

Разность статических натяжений канатов

$$R_{ст неур.} = \frac{Q_n}{2} + P_{гк} h_n$$

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

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

$$B_p = \left(\frac{h_n + h_u}{\pi D_b} + n_{np} + 1 \right) (d_k + s)$$

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

I	2	3
Принимаемая Тип машина		2Ц-4x2,3
Максимальное статическое натяжение	кГс	25000
Разность статических натяжений	кГс	16.000
Расстояние от оси барабана до о.веса кана а при расположении направляющих шкивов на одной горизонтальной оси	мм	$\delta = 0,6 \cdot 40 + 3,5 + 4 = 31,5$
$\delta = 0,6 H_k + 3,5 + 2\delta$		
Длина струны каната	м	$L_s = \sqrt{(40-0,6)^2 + (31,5-2)^2} = \sqrt{2420} = 49,2$
Тангенс угла наклона струны к горизонту	град	$\operatorname{tg} \varphi = \frac{40-0,6}{31,5-2} = 1,337 \quad \varphi = 53^\circ 11'$
Величина отклонения каната от плоскости, проходящей через направляющий шкив, к наружной реборце	мм	$l_n = 2300 + \frac{600}{2} - \frac{2100}{2} - [(5+0,5)(46,5+3)] = 1278$
$l_n = B + \frac{l_a}{2} - \frac{l_w}{2} - [(n_{mp} + 0,5)(d_k + S)]$		

Г-Г

I

2

3

Наружный угол отклонения каната на барабане

$$\alpha_H = \arctg \frac{e_H}{L_s}$$

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

$$e_B = B_p - \left[B + \frac{e_a}{2} - \frac{e_{ш}}{2} \right]$$

Внутренний угол девиации

$$\alpha_B = \arctg \frac{e_B}{L_s}$$

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

$$\alpha_H = 1^{\circ} 29'$$

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

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

$$\alpha_B = 50'$$

Кинематика подъема

числа

Определение предельного $\sqrt{\text{пол-ных циклов (т.е. подъем скипа + подъем противовеса) в час}$

$$n'_{\text{час}} = \frac{A \cdot \text{час}}{Q_n}$$

$$\frac{\text{ПОДЪЕМ}}{\text{Ч}}$$

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

- 8 - Г

1

2

3

Полное время движения за один полный цикл (предварительное)

$$T_{\text{полн.ц}} = \frac{3600}{n}$$

с $T_{\text{полн.ц}} = \frac{3600}{19,20} = 186,9$

Чистое время движения за один полный цикл

$$T_{\text{чист.ц}} = T_{\text{полн.ц}} - 2(\theta_1 + \theta_2)$$

с $T_{\text{чист.ц}} = 186,9 - (2 \cdot 11 + 2 \cdot 3) = 158,9$

Чистое время движения за один полуцикл

$$T_{\text{ч.п.ц}} = \frac{T_{\text{чист.ц}}}{2}$$

Средняя скорость подъема

с $T_{\text{чист.п.ц}} = \frac{158,9}{2} = 79,45$

$$v_{\text{ср}} = \frac{2H_{\text{п}}}{T_{\text{чист.ц}}}$$

м/с $v_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot 464}{158,9} = 5,84$

Ориентировочная макс. скорость $v_{\text{макс}} = 1,1 \cdot v_{\text{ср}}$
 Определение максимальной скорости (при необходимости дополн. фрикций)

м/с $v_{\text{макс.ор.}} = 1,1 \cdot 5,84 = 6,424$

$$H_0 = H_{\text{п}} - (h_1 + h_5 + h_6) + \frac{v_1^2}{2f_1} + \frac{v_2^2}{2f_2} \text{ (см. далее)}$$

м $H_0 = 464 - (2,4 + 1,9 + 1,762 + 0,5) + \frac{1}{2 \cdot 0,21} + \frac{1}{2 \cdot 0,25} = 461,8$

$$T_0 = T_{\text{ч.п.ц}} \cdot (t_1 + t_5 + t_6) + \frac{v_1}{f_1} + \frac{v_2}{f_2} \text{ (см. далее)}$$

с $T_0 = 79,45 \cdot (4,8 + 7,82 + 2,0) + \frac{1}{0,21} + \frac{0,5}{0,25} = 72,09$

Г-6-

64

I

2

3

Модуль ускорения

$$a = \frac{T_0}{\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}}$$

Средняя скорость подъема
(ориентировочная)

$$V_p = \frac{H_0}{T_0}$$

Максимальная скорость подъема
(ориентировочная)

$$V_{\text{макс.ор.}} = 1,1 \cdot (a - \sqrt{a^2 - 2a \cdot V_{\text{ср.}}})$$

(Значения $h_{1,5,6}$; $t_{1,5,6}$; $V_{1,2}$,
 $1,2,3,4$ - см. далее)

Расчетное число оборотов органа навивки

$$n_{\text{расч.}} = \frac{60 \cdot V_{\text{макс.ор.}}}{\text{ЯДб}}$$

Принимаем передаточное отношение зубчатой передачи
число оборотов расчетное
число оборотов привода двигателя

$$n_{\text{дв}} = n_{\text{расч.}} \cdot i$$

Получаем максимальную скорость

$$a = \frac{72,09}{\frac{1}{0,75} + \frac{1}{0,75}} = 27,03$$

$$m/c \quad V_p = \frac{461,8}{72,09} = 6,4$$

$$m/c \quad V_{\text{макс.ор.}} = 1,1 \cdot (27,03 - \sqrt{730,6 - 2 \cdot 27,03 \cdot 6,4}) = 8,2$$

$$\text{об/мин} \quad n_{\text{расч.}} = \frac{60 \cdot 8,2}{3,14 \cdot 4} = 39,2$$

$$i = 11,5$$

$$\text{об/мин} \quad n_{\text{дв.расч.}} = 39,2 \cdot 11,5 = 450$$

$$\text{об/мин} \quad n_{\text{дв}} = 485$$

$$m/c \quad \underline{V_{\text{макс}}} = 8,3$$

- 10 - Г

65

I

2

3

Расчёт тахограммы поезда

Общий путь разгрузки в кривых
скипа h_1 , принимается при ски-
пах с секторным затвором

м

$$h_1 = 2,4$$

Скорость ~~выхода~~ выхода скипа
из разгрузочных кривых принима-
ется

м/с

$$v_1 = 1,0$$

Продолжительность периода уско-
рения при перемещении скипа в
разгрузочных кривых

м

$$t_1 = \frac{2 \cdot 2,4}{1,0} = 4,8$$

Ускорение при перемещении ски-
па в разгрузочных кривых

м/с²

$$j_1 = \frac{2 \cdot 2,4}{4,8^2} = 0,21$$

Нормальное ускорение скипа вне
разгрузочных кривых j_2
принимается

м/с²

$$j_2 = 0,75$$

11-11

I	2	3
Скорость движения скипа в период дотяжки v_2 принимается	м/с	$v_2 = 0,5$
Продолжительность периода основного ускорения $t_2 = \frac{v_{\max} - v_1}{j_2}$	с	$t_2 = \frac{8,8 - 1,0}{0,75} = 10,4$
Путь, пройденный в период основного ускорения $h_2 = \frac{v_{\max} + v_1}{2} t_2$	м	$h_2 = \frac{8,8 + 1,0}{2} \cdot 10,4 = 51,0$
Нормальное замедление j_3 принимается	м/с ²	$j_3 = 0,75$
Замедление при стопорении j_4 принимается	м/с ²	$j_4 = 0,25$
Продолжительность периода основного замедления $t_4 = \frac{v_{\max} - v_2}{j_4}$	с	$t_4 = \frac{8,8 - 0,5}{0,75} = 11,07$

- 12 - 1

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

- 13 - Г

1	2	3
Путь равномерного движения в разгрузочных кривых	м	$h_s = 2,4 - 0,5 + 0,656 + 1,106 = 3,66$
$h_s = h_{кр} h_6 + h_{зуб} + h_{рез}$		
Время затяжки скипа при постоянной скорости	с	$t_s = \frac{3,66}{0,5} = 7,32$
$t_s = \frac{h_s}{v_2}$	м	$\Sigma h' = 2,4 + 51,0 + 51,5 + 3,66 + 0,5 = 109,0$
$\Sigma h' = h_{кр} h_2 + h_4 + h_5 + h_6$		
Путь, пройденный скипом в период равномерной скорости	м	$H_p = 464 - 109 = 355$
$H_p = H_n - \Sigma h'$		
Продолжительность периода равномерной скорости за полуцикл	с	$T_p = \frac{355}{8,8} = 40,34$
$T_p = \frac{H_p}{v_{макс}}$		
Чистое время движения скипа за полуцикл движения	с	$T_{чист} (полуцикла) = 4,8 + 10,4 + 10,34 + 11,07 + 7,32 + 2,0 = 75,93$
$T_{чист} = t_1 + t_2 + T_p + t_4 + t_5 + t_6$		
Общее время цикла $T_{полн. цикла} = 2 T_{чист} + 2(\theta_1 + \theta_2)$	с	$T_{полн. цикла} = 2 \cdot 75,93 + 2(11+3) = 179,9$

- 14 -

I

2

3

Определяем фактическое число подъемов грузеного скипа в час

c

$$n_{\text{час}} = \frac{3600}{179,9} = 20$$

$$n_{\text{час}} = \frac{3600}{T_{\text{полн. цикла}}}$$

Часовая производительность подъемов с учетом коэффициента неравномерности

т/ч

$$A_t' = \frac{20 \cdot 9,5}{1,5} = 126,7$$

$$A_t' = \frac{n_{\text{час}} \cdot Q_n}{1,5}$$

Продолжительность работы подъемов по выдаче суточной добычи

ч

$$T_{\text{сут}} = \frac{2200}{126,7} = 17,36$$

$$T_{\text{сут}} = \frac{A_{\text{сут}}}{A_{\text{час}}}$$

Определяем ориентировочную мощность приводного двигателя

$$P_{\text{пр}} = \frac{D \cdot \frac{Q_n}{2} \cdot 2H_n}{102 \cdot 2 \cdot T_{\text{час}} \cdot \eta_z}$$

квт

$$P_{\text{пр}} = \frac{2,8 \cdot 9500 \cdot 464 \cdot 2}{102 \cdot 2 \cdot 75 \cdot 9,0 \cdot 98 \cdot 2} = 850$$

- 15 - ✓

120

I	2	3
Ориентировочно принимаемый двигатель	Тип Мощность Число оборотов двигателя Перегрузочная способность $6Д^2$ (одного двигателя)	АКН-2-16-39-12У.4 2x500 490 2,3 тсм2 0,78 (использовать АКН-2 по новому проекту, для 500 кВт, ввиду отсутствия)
Ориентировочный момент на тихоходном валу редуктора	кгсм	$M = \left(\frac{830 P_n t_z}{\eta_{гд}} \delta_g - 0,025 \frac{16D^2 \rho_{ст} i}{R_{бар}} \right) i$ $M = \left(\frac{830 \cdot 10000,93}{4,70} \cdot 2,3 - 0,025 \cdot \frac{1560}{2} \right) \times 11,5 = 39088$
Ориентировочно выбираемый редуктор	Тип Крутящий момент	ЦО-16 38.000 (имея ввиду, что при уточнении крутящий момент, как правило, оказывается меньшим, чем определяемый по приведенной выше формуле)

/ - 91 -

Н

I

2

3

Расчет приведенной массы

Приведенный вес
подъемной машины

кГс

$$G'_\delta = \frac{500.000}{4^2} = 31250$$

$$G'_\delta = \frac{G \cdot D_\delta^2}{D_\delta^2}$$

Приведенный вес концевых
шкивов

кГс

$$G'_{шк} = 2 \cdot \frac{84500}{4^2} = 4312$$

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

Приведенный вес редуктора

кГс

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

$$G'_{рег} = \frac{G D_{рег}^2}{D_\delta^2}$$

Приведенный вес ротора
одного приводного двигателя

кГс

$$G'_{i ротор} = \frac{780}{4^2} \cdot 11,5^2 = 6447$$

$$G'_{i ротор} = \frac{G D_{рот}^2}{D_\delta^2} i^2$$

Длина одного головного каната

м

$$L_{гк} = 454 + \frac{3,14 \cdot 4}{2} + 48 + 5 \cdot 3,14 \cdot 4 + 30 = 611$$

$$L_{гк} = n_\delta + \frac{\pi D_{шк}}{2} + L_s +$$

$$+ n_{тр} \cdot \pi D_\delta + h_u$$

I

2

3

Вес поступательно движущихся частей при подъеме скипа

кгс

$$G_{\text{паст}} = 9500 + 8100 + 12850 + 2.8 \cdot 37.611 = 40678$$

$$G'_{\text{паст}} = Q_{\text{п}} + Q_{\text{м}} + Q_{\text{прот}} + 2\rho_{\text{гк}} L_{\text{гк}}$$

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

кгс

$$\Sigma G' = 31250 + 4312 + 2.6447 + 4062.5 + 40678 = 93196$$

$$\Sigma G' = G'_\delta + G'_{\text{шк}} + 2G'_{\text{прот}} + G'_{\text{ред}} + G_{\text{паст}}$$

Масса движущихся элементов подъемной системы при подъеме грузового скипа

$\frac{\text{кгс} \cdot \text{с}^2}{\text{м}}$

$$m = \frac{93196}{9.81} = 9500$$

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

Проверяем величину крутящего момента на валу редуктора

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

кгс.м

$$M_{\text{макс}} \left[1.15 \frac{9500}{2} + 8.37 (464 - 2.2 \cdot 4) + 9500 \cdot 0.75 \right] \cdot 2 = 32832$$

$$M_{\text{макс}} = \left[1.15 \frac{Q_{\text{п}}}{2} + \rho_{\text{гк}} (H_{\text{п}} - 2h_i) + \gamma m j_2 \right] R_\delta$$

Приведенный к оси машины мо-

I

2

3

мент инерции роторов централь-
телей

$$J_{pg} = \frac{2Q_{i,rot}^1}{g} \cdot R_{\delta}^2$$

кгс.м.с² $J_{pg} = \frac{2 \cdot 6447}{9,81} \cdot 2^2 = 5290$

Величина углового ускорения

$$\Sigma = \frac{j_2}{R_{\delta}}$$

рад/с² $\Sigma = \frac{0,75}{2} = 0,375$

Крутящий момент на валу
редуктора

$$M = M_{max} - J_{pg} \Sigma$$

кгс.м $M = 32882 - 5290 \cdot 0,375 = 30882$

Принимаемый Тип
редуктор

крутящий момент

кГсм ЦО-16
38.000

Вес поступателя и движущихся
частей при неравномерном
односипловом подъеме в условиях
подъема противовеса

$$G_{пост} = Q_m + Q_{прот} + 2r_{гк} L_{гк}$$

кгс $G_{пост} = 3100 + 12850 + 2 \cdot 8 \cdot 37,611 = 31178$

Сумма приведенных к окружности
органа навивки весов движущихся
частей подъемной системы при
подъеме противовеса

кгс $\Sigma G'' = 31250 + 4312 + 2 \cdot 6447 + 4062,5 +$

$$\Sigma G'' = G_{\delta}^1 + G_{шк}^1 + G_{i,rot}^1 + G_{ред}^1 + G_{пост}''$$

+ 31178 = 83696,5

- 19 - Г

ht

I

2

3

Приведенная масса при
подъеме противовеса

$$m' = \frac{\sum G^n}{g}$$

Расчет усилий

кгс.с2
м

$$m' = \frac{82696,5}{9,81} = 8532$$

а) При подъеме скипа первоначального
Усилие в начале периода ускорения
в разгрузочных кривых

$$F_1 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{гк} H_n + \gamma m j_1$$

Усилие в конце периода ускорения
в разгрузочных кривых

$$F_2 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{гк} (H_n - 2h_1) + \gamma m j_1$$

Усилие в начале периода
основного ускорения

$$F_3 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + \rho_{гк} (H_n - 2h_1) + \gamma m j_2$$

кгс

$$F_1 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 \cdot 464 + 9500 \cdot 0,21 = 11342$$

кгс

$$F_2 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 (464 - 2 \cdot 2,4) + 9500 \cdot 0,21 = 11301,5$$

кгс

$$F_3 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 (464 - 2 \cdot 2,4) + 9500 \cdot 0,75 = 16481,5$$

-20-Г

24

I	2	3
Усилие в конце периода основного ускорения	кГс	
$F_4 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2)] + \gamma^n j_2$	кГс	$F_4 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,27 [464 - 2(2,4 + 5I)] + 9500 \cdot 0,75 = 15578,4$
Усилие в начале периода равномерной скорости	кГс	$F_5 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,27 [464 - 2(2,4 + 5I)] = 8458,4$
$F_5 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2)]$		-21- /
Усилие в конце периода равномерной скорости	кГс	$F_6 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,27 [464 - 2(2,4 + 5I + 355)] = 2510,7$
$F_6 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p)]$		
Усилие в начале периода основного замедления	кГс	$F_7 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,27 [464 - 2(2,4 + 5I + 355)] - 9500 \cdot 0,75 = -4614,8$
$F_7 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p)] - \gamma^n j_3$		

76

I	2	3
Усилие в конце периода основного замедления	кГс	$F_8 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 [464 - 2(2,4 + 5I +$
$F_8 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p + h_4)] - \gamma j_4$		$+ 355 + 5I,5] - 9500 \cdot 0,75 = -5476$

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

$$F_9 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p + h_4)] \text{ кГс}$$

$$F_9 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 [464 - 2(2,4 + 5I + 355 + 5I,5)] = 1649$$

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

$$F_{10} = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p + h_4 + h_5)] \text{ кГс}$$

$$F_{10} = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 [464 - 2(2,4 + 5I + 355 + 5I,5 + 3,66)] = 1535$$

Усилие в конце подъема скипа

$$F_{11} = F_{12} = 0,6 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p + h_4 + h_5)] - \gamma j_4$$

$$F_{11} = F_{12} = 0,6 \frac{9500}{2} + 8,37 [464 - 2 \cdot (2,4 + 5I + 355 + 5I,5 + 3,66)] - 9500 \cdot 0,25 = -3404,5$$

- 22 - Г

22

I 2 3

б) в условиях подъема противо-
веса

Усилие в начале подъема

кГс $F'_1 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 \cdot 464 + 8532 \cdot 0,21 = 11128$

$$F'_1 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} H_n + \sum m' j_1$$

первоначального
Усилие в конце периода ускоре-
рения в разгрузочных кривых

кГс $F'_2 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 (464 - 2 \cdot 2,4) + 8532 \cdot 0,21 = 11098$

$$F'_2 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} (H_n - 2h_1) + \sum m' j_1$$

Усилие в начале периода
основного ускорения

$F'_3 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 (464 - 2 \cdot 2,4) + 8532 \cdot 0,75 = 15705$

$$F'_3 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} (H_n - 2h_1) + \sum m' j_2$$

Усилие в конце периода
основного ускорения

кГс $F'_4 = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 [464 - 2(2,4 + 5I)] + 8532 \cdot 0,75 = 14852$

$$F'_4 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2)] + \sum m' j_2$$

-23-Г

78

I 2 3

Усилие в начале периода
равномерной скорости

$$F_5 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2)] \quad \text{кГс}$$

$$F_5' = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 [464 - 2 \cdot (2,4 + 51)] = 8458,4$$

Усилие в конце периода рав-
номерной скорости

$$F_6 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p)] \quad \text{кГс}$$

$$F_6' = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 [464 - 2(2,4 + 51 + 355)] = 2510,7$$

Усилие в начале периода
основного замедления

$$F_7 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p)] - \gamma \eta_j^1 \quad \text{кГс}$$

$$F_7' = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 [464 - 2(2,4 + 51 + 355)] - 8532 \cdot 0,75 = 3888,3$$

Усилие в конце периода
основного замедления

$$F_8 = 1,15 \frac{Q_n}{2} + P_{ГК} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p + h_4)] - \gamma \eta_j^1 \quad \text{кГс}$$

$$F_8' = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 [464 - 2(2,4 + 51 + 355 + 51,5)] - 8532 \cdot 0,75 = -4750$$

-24- J

19

I

2

3

Усилие в начале периода
дотяжки при равномерном
движении

$$F_9' = 1,15 \frac{Q_n}{2} + p_{rK} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p + h_4)]$$

кГс

$$F_9' = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 [464 - 2 \cdot (2,4 + 51 + 355 + 51,5)] = 1649$$

Усилие в конце периода
дотяжки при равномерном
движении

$$F_{10}' = 1,15 \frac{Q_n}{2} + p_{rK} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p + h_4 + h_5)]$$

кГс

$$F_{10}' = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 [464 - 2 \cdot (2,4 + 51 + 355 + 51,5 + 3,66)] = 1583,5$$

Усилие в конце подъема
противовеса

$$F_{11}' = F_{12}' = 1,15 \frac{Q_n}{2} + p_{rK} [H_n - 2(h_1 + h_2 + H_p + h_4 + h_5)] - \gamma m y_4$$

кГс

$$F_{11}' = F_{12}' = 1,15 \frac{9500}{2} + 8,37 [464 -$$

$$- 2 \cdot (2,4 + 51 + 355 + 51,5 + 3,66)] - 8522 \times 0,25 = -549,5$$

За полный цикл подъема

$$\Sigma F^2 t = (F_1^2 + F_2^2) \frac{t_1}{2} + (F_3^2 + F_4^2) \frac{t_2}{2} + (F_5^2 + F_5 \cdot F_6 + F_6^2) \frac{T_p}{3} + (F_7^2 + F_8^2) \frac{t_4}{2} +$$

$$\Sigma F^2 t = (11242^2 + 11201^2) \cdot \frac{4,8}{2} + (16481,5^2 + 15578,4^2) \frac{10,4}{2} + (8453,4^2 + 8453,4 \cdot 2510,7 + 2510,7^2) \frac{40,34}{3} + (4614^2 + 5476^2) \times$$

-25-

88

I

2

3

$$\begin{aligned}
 & (F_9^2 + F_{10}^2) \frac{t_5}{2} + (F_{11}^2 + F_{12}^2) \frac{t_6}{2} + \\
 & + (F_1^2 + F_2^2) \frac{t_1}{2} + (F_3^2 + F_4^2) \frac{t_2}{2} + (F_5^2 + F_6^2) \frac{t_3}{2} + (F_7^2 + F_8^2) \frac{t_4}{2} + (F_9^2 + F_{10}^2) \frac{t_5}{2} + (F_{11}^2 + F_{12}^2) \frac{t_6}{2} \\
 & \times \frac{11,07}{2} + (1649^2 + 1585^2) \cdot \frac{7,32}{2} + 2 \cdot (3404,5)^2 \times \\
 & \times \frac{2,0}{2} + (11138^2 + 11098^2) \cdot \frac{4,8}{2} + (15705^2 + 14852^2) \times \\
 & \times \frac{10,4}{2} + (8453,4^2 + 8453,4 \cdot 2510,7 + 2510,7^2) \times \\
 & \times \frac{40,34}{3} + (3883,3^2 + 4750^2) \cdot \frac{11,07}{2} + (1649^2 + \\
 & + 1583,5^2) \cdot \frac{7,32}{2} + (549,5^2 + 549,5^2) \cdot \frac{2,0}{2} = 9519,7 \cdot 10^6
 \end{aligned}$$

Эквивалентная продолжительность цикла *полного*

$$\begin{aligned}
 T_{эфф} &= 0,5 [2(t_1 + t_2 + t_4 + t_5 + t_6)] + 2T_p + \\
 &+ 0,25 \cdot 2(\theta_1 + \theta_2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c \quad T_{эфф} &= 0,5 [2 \cdot (4,8 + 10,4 + 11,07 + 7,32 + 2)] + \\
 &+ 2 \cdot 40,3 + 0,25 \cdot 2 \cdot (11+3) = 123,3
 \end{aligned}$$

Величина эффективного усилия кгс

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

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

I

2

3

Эффективная мощность двига-
теля

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

$$P_{эфф} = \frac{8815,8,8}{102 \cdot 0,93} = \underline{818}$$

Окончательно Тип
принимаемый
двигатель

Тип
Мощность

квт

АКН2-16-39-12У4
2 x 500

Число оборотов
двигателя

об/мин

490

Перегрузочная способ-
ность δ

6D₂ (одного двигателя)

2,3
0,78

Проверим строительную
мощность

$$P_{стр} = \frac{1,4 F_{макс} \cdot V_{макс}}{102 \eta_{гв} \cdot \eta_z}$$

$$P_{стр} = \frac{1,4 \cdot 16432,8,8}{102 \cdot 0,78 \cdot 0,93} = 928$$

Полезный расход энер-
гии за один полный цикл
подъема

$$W_{пд} = W'_{пп} = 2 \frac{Q_{п} \cdot H_{п}}{102 \cdot 3600} \quad \text{кВтч}$$

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

-27- J

82

I 2 3

Полезный расход энергии на I т. фактически поднимаемого груза

$$W_{\text{пол.им}} = W_{\text{пн.им}} = \frac{W_{\text{пн}}}{Q_{\text{п}}}$$

Фактический расход энергии на один полный цикл подъема

$$W_{\text{пн}} = \frac{1,02 \cdot \sum m_{\text{акт}} \cdot \Sigma Ft}{1,02 \cdot \eta_2 \cdot \eta_{\text{эф}} \cdot 3300} +$$

$$+ 0,0023 T_{\text{ц}}$$

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

$$\text{кВт ч } W_{\text{пол.им}} = \frac{12,0}{9,5} = 1,26$$

$$\text{кВт ч } W_{\text{пн}} = \frac{1,02 \cdot 8,8 \cdot 1010552}{102,0,93,0,93,3300} + 0,0023 \cdot 179,9 =$$

$$= 29$$

$$\begin{aligned} \Sigma Ft = & (11342 + 11301) \cdot \frac{4,8}{2} + (16431,5 + \\ & + 15578) \cdot \frac{10,4}{2} + (8453,4 + 2510,7) \cdot \frac{40,34}{2} + \\ & + (4614,3 + 5476) \cdot \frac{11,07}{2} + (1649 + 1585) \cdot \frac{7,32}{2} + \\ & + (3404,5 + 3404,5) \cdot \frac{2,0}{2} + (11138 + 11093) \cdot \frac{4,8}{2} + \end{aligned}$$

-28-

I

2

3

$$\begin{aligned}
 &+(15705 + 14852) \frac{10,4}{2} + (8453,4+2510,7) \frac{40,34}{2} + \\
 &+(3888,3 + 4750) \frac{11,07}{2} + (1649+1583,5) \frac{7,32}{2} + \\
 &+(549,5 + 549,5) \frac{2,0}{2} = 1010552
 \end{aligned}$$

Удельное значение фактического расхода энергии на 1 т. поднимаемого груза

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

-29-7

$$W_{\phi a} 1m = \frac{W_{pa}}{Q_n}$$

КПД подъемной установки

$$\eta_y = \frac{W_{pa} 1m}{W_{\phi a} 1m}$$

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

88