Министерство угольной промышленности СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОРНОЙ МЕХАНИКИ им.М.М.ФЕДОРОВА

# МЕТОДИКА

## расчета критической, защитной и рабочей тахограмм шахтных подъемных установок

Донецк-1983

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОРНОЙ МЕХАНИКИ им.М.М.ФЕДОРОВА

Утверждаю
Начальник энергомеханического управления Минуглепрома СССР
А.И.Григорьев
"4" 04 1984г.

# МЕТОДИКА
## расчета критической, защитной и рабочей тахограмм шахтных подъемных установок

Согласовано
Зам.директора МакНИИ
В.П.Колосюк
"27" 03 1984

Директор ВНИИГМ
им.М.М.Федорова
Г.М.Нечушкин

Зам.директора
по научной работе
В.И.Дворников

Зав.лабораторией электропривода и средств защиты подъемных установок
А.А.Белоцерковский

Донецк - 1984

В разработке принимали участие

| | |
|---|---|
| Зав.лабораторией электропривода и средств защиты, подъемных установок к.т.н. | А.А.Белоцерковский (руководство составлением методики, написание приложения I) |
| Старший научный сотрудник | В.Н.Никитин (составление и написание методики) |
| Зав.лабораторией подъемных машин, к.т.н. | А.Ф.Новиков (составление и написание приложения 2) |
| Старший научный сотрудник | Н.А.Шинкаренко (составление и написание приложения 2) |
| Нач.экспериментального участка ДНУ треста "Донецкуглеавтоматика" | Е.М.Курченко (составление и написание приложения 3) |
| Старший инженер ДНУ треста "Донецкуглеавтоматика" | Н.Я.Гурин (составление и написание приложения 3) |

СОДЕРЖАНИЕ

отр.

Принятые обозначения ..... 4

I.Общие положения ..... 5

2.Исходные данные для расчета ..... 6

3.Методика расчета ..... 8

Приложение № I. Пояснительная записка к методике расчета критической, защитной и рабочей тахограмм ..... 25

Приложение № 2. Методические рекомендации по периодической проверке исправности и правильности функционирования ограничителя скорости ..... 38

Приложение № 3. Обработка осциллограммы предохранительного торможения для расчета критической диаграммы скорости ..... 43

Приложение № 4. Программы для расчета критической, защитной и рабочей тахограмм на микрокалькуляторе "Электроника БЗ-21" ..... 46

Примеры расчетов тахограмм ..... 48

Список литературы ..... 54

## ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$V$ - текущее значение скорости, м/с;

$V_n$ - допустимое значение скорости подхода к приемной площадке, м/с;

$V_m$ - максимальная (номинальная) скорость для данной подъемной установки, м/с;

$V_g$ - расчетная скорость дотягивания, м/с;

$V_o$ - значение скорости, соответствующее точке касания или минимальному расстоянию между критической и защитной тахограммами; м/с;

$h$ - текущее значение пути, м;

$h_к$, $h_з$, $h_р$ - текущее значение пути по критической, защитной и рабочей тахограммам соответственно на участке снижения скорости, м;

$t_{сс}$ - время срабатывания ограничителя скорости, с;

$t_{ср}$ - расчетное время срабатывания, в течение которого в процессе предохранительного торможения скорость увеличивается, с;

$a_{св}$ - ускорение свободного выбега, м/с$^2$;

$a_р$ - замедление по рабочей тахограмме, м/с$^2$;

$a_з$ - замедление по защитной тахограмме, м/с$^2$;

$a_{пт}$ - замедление предохранительного торможения, м/с$^2$;

$A_к$, $A_з$, $A_р$ - коэффициенты при второй степени скорости в уравнениях критической, защитной и рабочей тахограмм соответственно, с$^2$/м;

$B_к$ - коэффициент при первой степени скорости в уравнении критической тахограммы, с;

$C_к$, $C_з$, $C_р$ - свободный член в уравнениях критической, защитной и рабочей тахограмм соответственно, м;

$\Delta h$ - поправка по пути, м;

$h_{з.min}$ - сдвиг защитной тахограммы относительно крайнего положения подъемного сосуда, м;

$\Delta V$ - допустимая погрешность уставки срабатывания ограничителя скорости, м/с;

$h_g$ - путь дотягивания, м;

$h_{пер}$ - свободный путь переподъема, м;

$t_{с.ск}$ - время снижения скорости по защитной тахограмме, с;

$h_{с.ск}$ - путь снижения скорости по защитной тахограмме, м;

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика предназначена для использования при проектировании новых подъемных установок и при выполнении наладочных работ. Методика обеспечивает единообразие в определении параметров тахограмм; главным критерием при этом является обеспечение безопасной эксплуатации подъемной установки. В расчетах по настоящей методике в качестве исходных принимаются предельные допустимые параметры, нормируемые Правилами безопасности, и максимальные проектные параметры установки. Если действительные параметры в условиях эксплуатации не будут выходить за принятые предельные значения, безопасность будет гарантирована. Методика допускает также применение в расчетах реальных параметров, полученных в результате осциллографирования, однако в этом случае безопасная эксплуатация может быть обеспечена только при условии выполнения специальных мероприятий, исключающих недопустимые отклонения принятых параметров.

1.1. Величина скорости в момент разрыва цепи защиты подъемной машины, при которой в процессе предохранительного торможения поднимающийся подъемный сосуд останавливается в точке, соответствующей допустимой высоте переподъема, а опускающийся сосуд – в пределах свободного участка пути, расположенного за нижней приемной площадкой, называется критической скоростью. Зависимость величины критической скорости от положения подъемных сосудов в стволе называется критической диаграммой скорости [3].

В настоящей методике принято два варианта расчета критической диаграммы скорости (критической тахограммы):
вариант А – для условий, когда возможна жесткая посадка подъемного сосуда (имеются посадочные брусья, конструкция разгрузочных кривых не позволяет вход скипа со скоростью выше предельной);
вариант Б – для условий, когда ограничитель скорости должен только предотвратить переподъем, а жесткая посадка исключена (клетевые подъемные установки без кулаков; скиповые с внешним приводом разгрузки скипов).

В первом случае при расчете критической тахограммы процесс предохранительного торможения рассматривается до момента, когда скорость становится равной $V_n$.

Во втором случае процесс предохранительного торможения считается законченным при полной остановке сосуда в конце свободного пути переподъема.

При расчете критической тахограммы для обоих вариантов приняты следующие упрощающие допущения, не приводящие к понижению безопасности эксплуатации подъемных установок.

I.I. Процесс предохранительного торможения рассматривается не с момента разрыва цепи защиты, а с момента возникновения скорости, соответствующей уставке срабатывания ограничителя скорости; при этом учитывается его время срабатывания.

I.I.2. В течение расчетного времени срабатывания тормоза подъемный сосуд движется с ускорением $a_{c.б}$, определяемым для режима спуска номинального груза. По истечении этого времени устанавливается замедление $a_{пт}$.

I.2. Совокупность заданных на всех участках пути значений скорости, при достижении которых должно происходить размыкание исполнительного контакта ограничителя скорости в цепи защиты подъемной машины, называется защитной тахограммой [3]. Ограничитель скорости обеспечит безопасную эксплуатацию подъемной установки, если его защитная тахограмма (с учетом допустимых погрешностей срабатывания) не будет пересекаться с критической в диапазоне скоростей $V_n \ldots 1{,}15 V_m$.

I.3. Тахограмма, выполняемая во время нормальной работы подъемной установки, называется рабочей.

I.4. Критическая, защитная и рабочая тахограммы, полученные в соответствии с настоящей методикой, представляют собой зависимость соответствующих значений скорости от расстояния между точкой, где в данный момент находится подъемный сосуд, до крайнего его положения. Иными словами, начало отсчета по координате $h$ для всех тахограмм в обоих вариантах совпадает с крайним нормальным положением подъемного сосуда.

Отсутствие пересечения защитной и критической тахограмм (с учетом допускаемой [3] статической погрешности ограничителя скорости) обеспечивается сдвигом защитной тахограммы $h_{з.min}$ относительно крайнего положения подъемного сосуда.

## 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА.

Для расчетов по настоящей методике необходимы следующие исходные данные:

$a_{пт}$; $a_{с.в}$; $V_п$; $V_м$; $V_g$; $t_{ср}$; $t_{ос}$; $h_{пер}$.

2.1. При проектировании новых подъемных установок настоящая методика позволяет рассчитать рабочую тахограмму из условий защиты от превышения скорости. При выполнении наладочных работ настоящая методика используется для расчета защитной тахограммы, необходимой для настройки ограничителя скорости. При этом следует пользоваться следующими исходными данными:

$a_{пт} = 1{,}5\ м/с^2$ – для вертикальных и наклонных подъемных установок при угле наклона более $30^0$;

$a_{пт} = 0{,}75\ м/с^2$ – для наклонных подъемных установок при угле наклона менее $30^0$;

(для многоканатных подъемных установок и установок со шкивом трения значение $a_{пт}$ не должно превышать величины, обусловленной возможностью проскальзывания канатов по шкиву);

$V_п = 1{,}5\ м/с$ – для грузовых подъемных установок;

$V_п = 1{,}0\ м/с$ – для людских подъемных установок;

$$t_{ср} = 0{,}8\left[1 + \left(\frac{a_{пт}}{a_{с.в}} - 1\right)\cdot 0{,}3\right], с\ ; \quad t_{ос} = 0{,}1 с.$$

Значения $V_м$; $V_g$; $h_{пер}$; $a_{с.в}$ при проектировании берутся по проектным параметрам подъемной установки, причем $a_{с.в}$ – для режима спуска номинального груза. При выполнении наладочных работ значения $V_м$ и $V_g$ берутся в соответствии с расчетными параметрами подъемной установки;

$h_{пер}$ – в соответствии с реальным значением на данной установке, причем, если значение $h_{пер}$ меньше нормативного [5] для данного типа подъема, следует пересчитать значение $V_п$ согласно [2].

Значение $a_{с.в}$ определяется путем осциллографирования предохранительного торможения согласно приложению 3 или по проектным данным установки как отношение максимальной разности натяжений ветвей канатов к приведенной массе установки.

2.2. В случаях, когда необходимо получить максимально возможную производительность подъемной установки, допускается значения $a_{пт}$ и $t_{ср}$ принимать по результатам осциллографирования согласно приложению 3. При этом должны быть предусмотрены специальные мероприятия, гарантирующие стабильность этих параметров.

## 3.МЕТОДИКА РАСЧЕТА

3.I. ВАРИАНТ А. Ограничитель скорости должен предотвратить жесткую посадку подъемного сосуда (условие ограничителя величины скорости жесткой посадки подъемных сосудов).

3.I.I. Определить значение скорости наибольшего сближения защитной и критической тахограмм.

$$V_0 = \sqrt{(2{,}3\,V_m - V_n)V_n} \qquad (3.1)$$

Значение $V_0$ может быть также определено по кривым, приведенным на рис. 3.I.

3.I.2. Определить оптимальное значение замедления защитной тахограммы

$$a_з = \frac{1}{\frac{(1+\frac{a_{сб}}{a_{пт}})t_{ср} + t_{ос}}{V_0} + \frac{1}{a_{пт}}} \qquad (3.2)$$

Значение $a_з$ для различных условий может быть также определено по кривым, приведенным на рисунках 3.2., 3.3., 3.4., 3.5.

3.I.3. Определить минимально необходимый сдвиг защитной тахограммы относительно крайнего положения подъемного сосуда.

$$h_{з\,min} = \frac{[(1+\frac{a_{сб}}{a_{пт}})t_{ср} + t_{ос}]^2}{2(\frac{1}{a_з} - \frac{1}{a_{пт}})} + \frac{a_{сб}t_{ср}^2}{2}(1+\frac{a_{сб}}{a_{пт}}) + \\ + \frac{V_n^2}{2}\cdot(\frac{1}{a_з} - \frac{1}{a_{пт}}) + \frac{0{,}06V_0^2 + 0{,}14V_0}{2a_з} \qquad (3.3)$$

Значение $h_{з\,min}$ может быть определено по кривым, приведенным на рис. 3.6., 3.7.

3.I.4. Рассчитать защитную тахограмму.

$$h_з = A_з V^2 + C_з, \qquad (3.4)$$

где

$$A_з = \frac{1}{2a_з} \quad ; \quad C_з = h_{з\,min} - \frac{V_n^2}{2a_з}.$$

Задаваясь значениями допустимой скорости $V$ в диапазоне $1{,}15V_m \ldots V_n$, по формуле (3.4) получаем расстояния $h_з$ от точек ствола, соответствующих этим значениям, до крайнего положения подъемного со-

суда. Координата точки начала участка замедления определяется при подстановке в (3.4) $V = 1{,}15\,V_m$.

Путь "дотягивания" по защитной тахограмме получается подстановкой в (3.4) $V = V_n$ и равен $h_{з\ min}$.

Полученные данные используются для настройки ограничителя скорости.

3.I.5. Определить максимально допустимое из условий превышения скорости значение замедления рабочей тахограммы.

$$a_p = a_з \cdot \frac{V_m^2 - V_0^2}{1{,}32\,V_m^2 - V_n^2} . \qquad (3.5)$$

Если полученное значение $a_p$ превышает нормативное [5] ; то следует принять в расчет нормативное. При этом точки начала замедления по рабочей и защитной тахограммам будут иметь разные координаты: первая будет удалена от второй к центру ствола.

3.I,6. Рассчитать рабочую тахограмму

$$h_p = A_p V^2 + C_p , \qquad (3.6)$$

где $A_p = \frac{1}{2a_p}$ ; $C_p = h_з - \frac{V_0^2}{2a_p}$ ;

$$h_з = \begin{cases} h_{з\,min} & при\ h_{з\,min} > 0 ; \\ 0 & при\ h_{з\,min} \leqslant 0 . \end{cases}$$

Задаваясь значениями рабочей скорости $V$ в диапазоне $V_m \ldots V_0$ по формуле (3.6) получаем расстояния $h_p$ от точек ствола, соответствующих этим значениям, до крайнего положения подъемного сосуда.

3.I.7. Рассчитать критическую тахограмму

$$h_к = A_к V^2 + B_к V + C_к , \qquad (3.7)$$

где $A_к = \frac{1}{2a_{пт}}$ ; $B_к = \left(1 + \frac{a_{с.в}}{a_{пт}}\right) t_{ср} + t_{ос}$ ;

$$C_к = \frac{a_{с.в} \cdot t_{ср}^2}{2}\left(1 + \frac{a_{с.в}}{a_{пт}}\right) - \frac{V_n^2}{2a_{пт}} .$$

Задаваясь значениями критической скорости $V$ в диапазоне $1{,}15V_m \ldots V_n$, по формуле (3.7) получаем расстояния $h_к$ от точек ствола, соответствующих этим значениям, до крайнего положения подъемного сосуда.

Для вычислений по формулам (3.4), (3.6), (3.7) может быть применен микрокалькулятор "Электроника ВЗ-21". Программы для вычислений приведены в приложении 4.

3.2. ВАРИАНТ Б. Ограничитель скорости должен предотвратить опасный переподъем (условие своевременной остановки подъемных сосудов при предохранительном торможении).

3.2.1. Определить значение скорости наибольшего сближения защитной и критической тахограмм.

Применяются формула (3.1) или кривые на рис.3.1.

3.2.2. Определить оптимальное значение замедления защитной тахограммы. Применяются формула (3.2) или кривые на рис.3.2., 3.3., 3.4., 3.5.

3.2.3. Определить минимально необходимый сдвиг защитной тахограммы относительно крайнего положения подъемного сосуда

$$h_{з.min} = \frac{\left[\left(1+\frac{a_{сб}}{a_{пт}}\right)t_{ср}+t_{зад}\right]^2}{2\left(\frac{1}{a_з}-\frac{1}{a_{пт}}\right)} + \frac{a_{сб}\cdot t_{ср}^2}{2}\left(1+\frac{a_{сб}}{a_{пт}}\right) + \frac{V_n^2}{2a_з} + \frac{0{,}06V_0^2+0{,}14V_0}{2a_з} - h_{пер}\,. \qquad (3.8)$$

Если значение $h_{пер}$ меньше нормативного [5] для данного типа подъемной установки, следует пересчитать значение $V_n$ согласно [2].

Значение $h_{з.min}$ может быть также определено по кривым, приведенным на рис.3.8 и 3.9. Кривые построены для $h_{пер}=3м$ (скиповые) и $h_{пер}=6м$ (клетевые установки).

Если в действительности значение свободной высоты переподъема другое, то для определения $h_{з.min}$ необходимо к значению, полученному по кривым, прибавить 3м (для скиповых) или же 6м (для клетевых установок) и вычесть реальное значение $h_{пер}$ для данной установки.

Если значение $h_{з.min} \leqslant 0$, то следует принимать $h_{з.min}=0$.

3.2.4. Рассчитать защитную тахограмму.

Применить формулу (3.4).

3.2.5. Определить максимально допустимое из условий превышения скорости значение замедления рабочей тахограммы.

Применить формулу (3.5).

Если полученное значение $a_р$ превышает нормативное [5], то следует принять в расчет нормативное. При этом точки начала замедления по рабочей и защитной тахограммам будет иметь разные координаты: первая будет удалена от второй к центру ствола.

3.2.6. Рассчитать рабочую тахограмму.

Применить формулу (3.6).

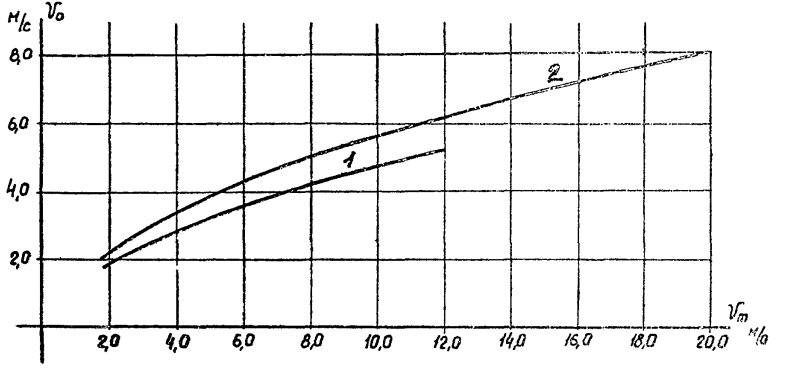
3.2.7. Рассчитать критическую тахограмму

$$h_к = A_к V^2 + B_к V + C_к , \qquad (3.9)$$

где $A_к = \frac{1}{2a_{пт}}$; $B_к = \left(1 + \frac{a_{с.в}}{a_{пт}}\right) t_{ср} + t_{ос}$;

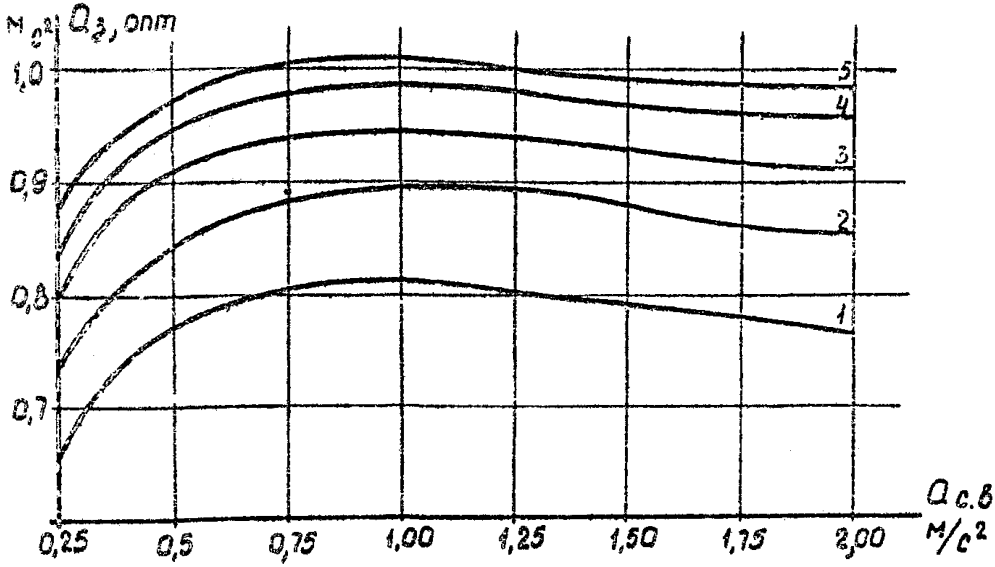
$$C_к = \frac{a_{с.в} \cdot t_{ср}^2}{2}\left(1 + \frac{a_{с.в}}{a_{пт}}\right) - h_{пер} .$$

Для вычислений по формуле (3.9) может быть применен микрокалькулятор "Электроника ВЗ-21". Программа для вычислений приведена в приложении 4.




1 - людские подъемные установки;
2 - грузовые подъемные установки.

Рис. 3.1

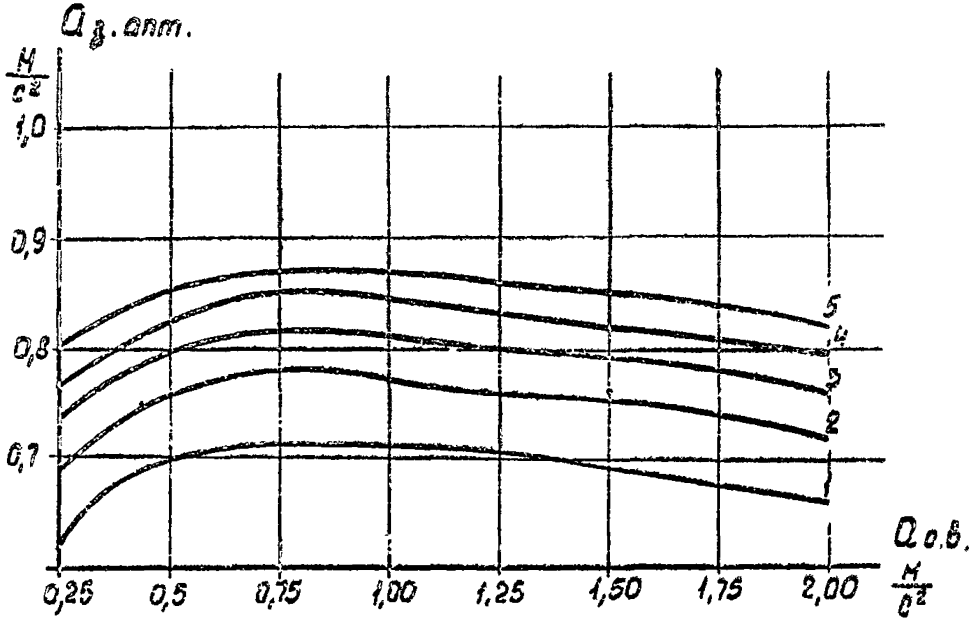



Левекой подъем. $V_п = 1{,}0$ м/с; $Q_{пт} = 1{,}5$ м/с²

1- $V_m = 4$ м/с; 2- $V_m = 6$ м/с; 3- $V_m = 8$ м/с

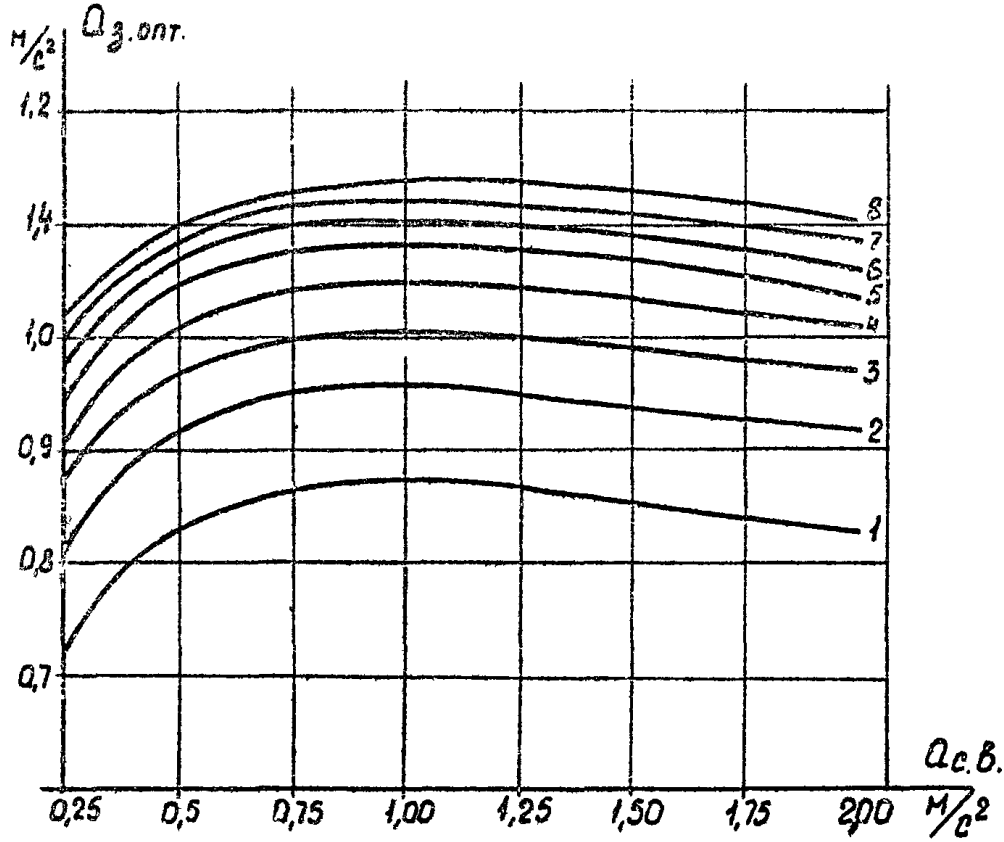
4- $V_m = 10$ м/с; 5- $V_m = 12$ м/с

Рис. 3.2.



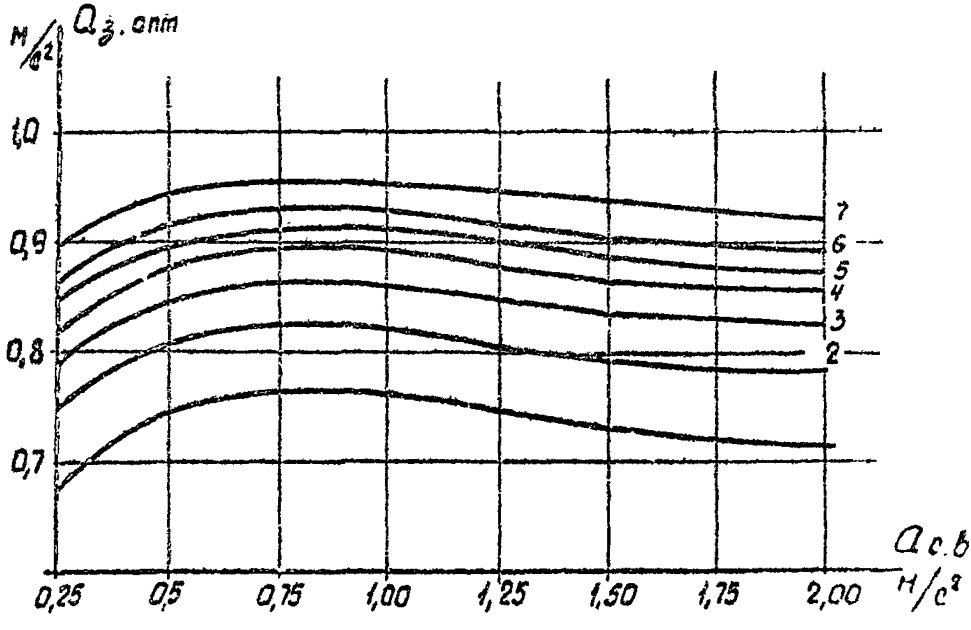

Любской подъем. $V_п = 1{,}0$ м/с; $Q_{пт} = 1{,}2$ м/с²
1 - $V_т = 4$ м/с; 2 - $V_т = 6$ м/с; 3 - $V_т = 8$ м/с;
4 - $V_т = 10$ м/с; 5 - $V_т = 12$ м/с

Рис. 3.3.




Грузовой подъем. $V_п = 1{,}5$ м/с; $Q_{пт} = 1{,}5$ м/с²
1 - $V_т = 4$ м/с; 2 - $V_т = 6$ м/с; 3 - $V_т = 8$ м/с;
4 - $V_т = 10$ м/с; 5 - $V_т = 12$ м/с; 6 - $V_т = 14$ м/с;
7 - $V_т = 16$ м/с; 8 - $V_т = 18$ м/с.

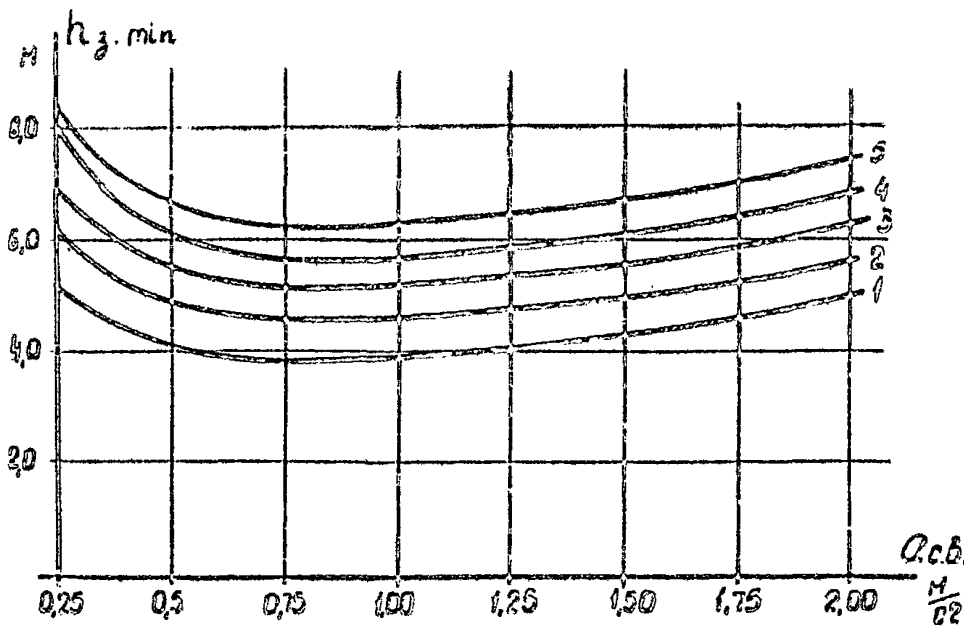
Рис. 3 4




Грузовой подъем. $Q_{пт} = 1{,}2$ м/с²; $V_п = 1{,}5$ м/с

1 - $V_m = 4$ м/с; 2 - $V_m = 6$ м/с; 3 - $V_m = 8$ м/с;
4 - $V_m = 10$ м/с; 5 - $V_m = 12$ м/с; 6 - $V_m = 14$ м/с;
7 - $V_m = 18$ м/с.

Рис. 3 5.



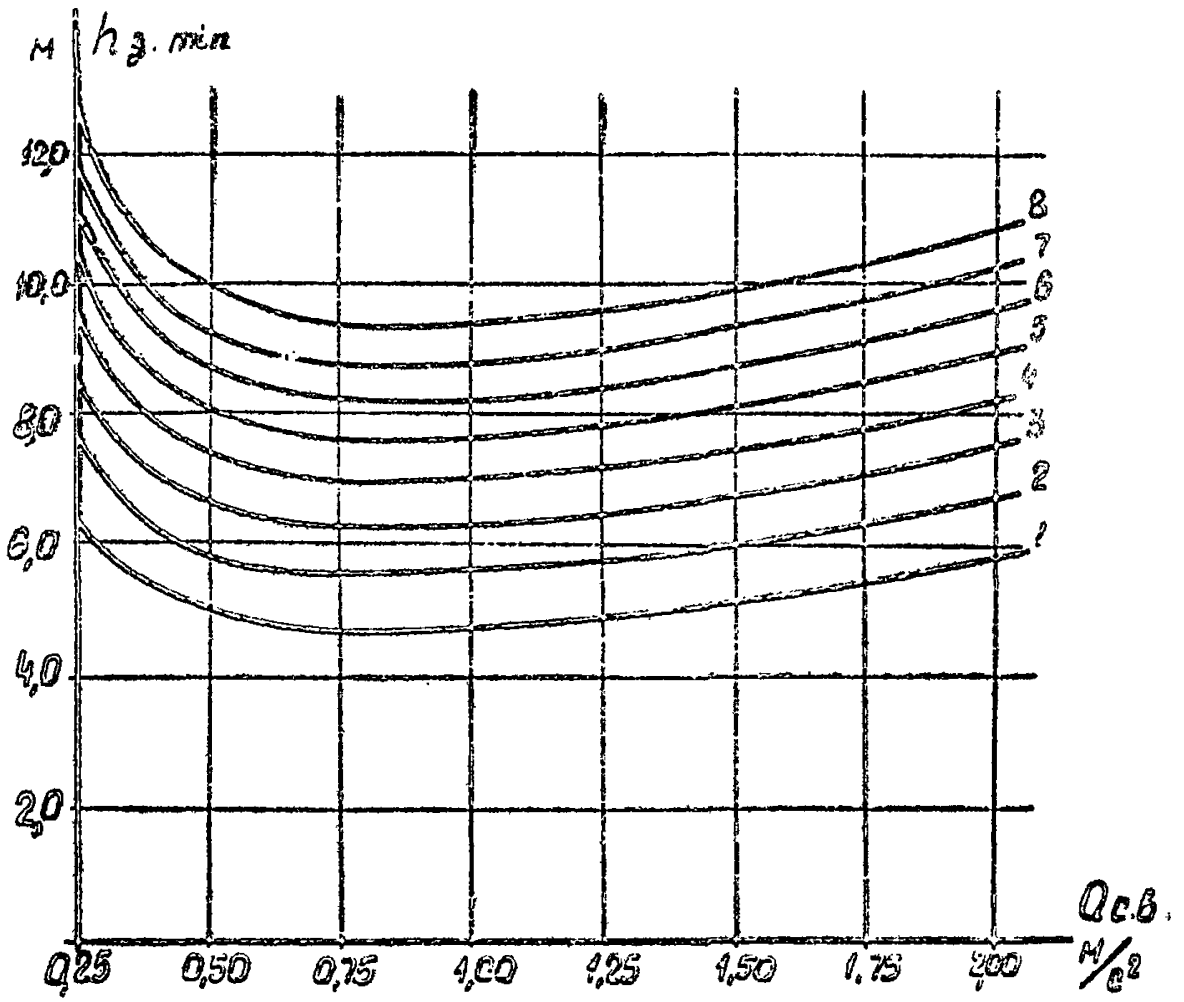

Людской подъем. Вариант А.

$a_{пт} = 1,5\ м/с^2$; $v_п = 1,0\ м/с$

1- $v_m = 4\ м/с$; 2- $v_m = 6\ м/с$; 3- $v_m = 8\ м/с$;

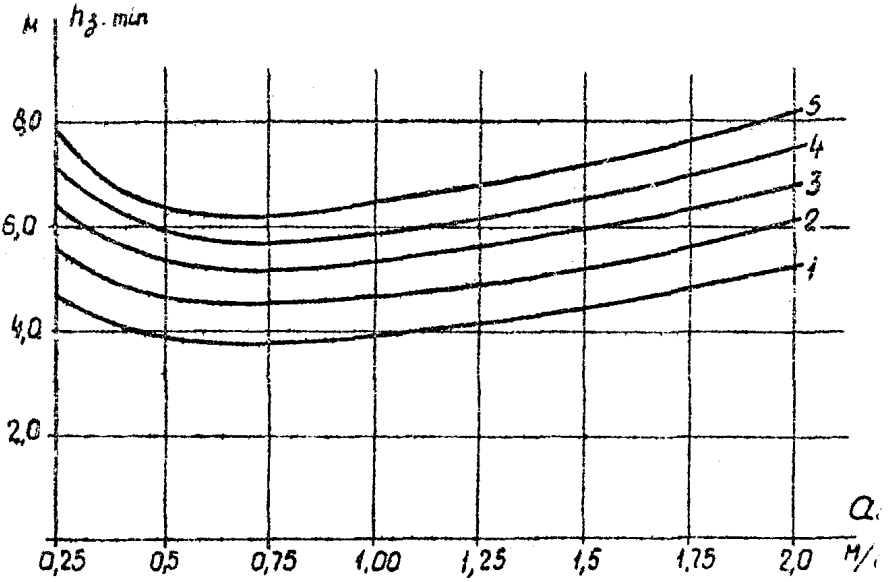
4- $v_m = 10\ м/с$; 5- $v_m = 12\ м/с$

Рис. 3.6. а




Грузовой подъем. Вариант А.
$Q_m = 1.5\ м/с^2$; $V_n = 1,5\ м/с$;
1 - $V_m = 4\ м/с$; 2 - $V_m = 6\ м/с$; 3 - $V_m = 8\ м/с$;
4 - $V_m = 10\ м/с$; 5 - $V_m = 12\ м/с$; 6 - $V_m = 14\ м/с$;
7 - $V_m = 16\ м/с$; 8 - $V_m = 18\ м/с$

Рис 3.6.5.



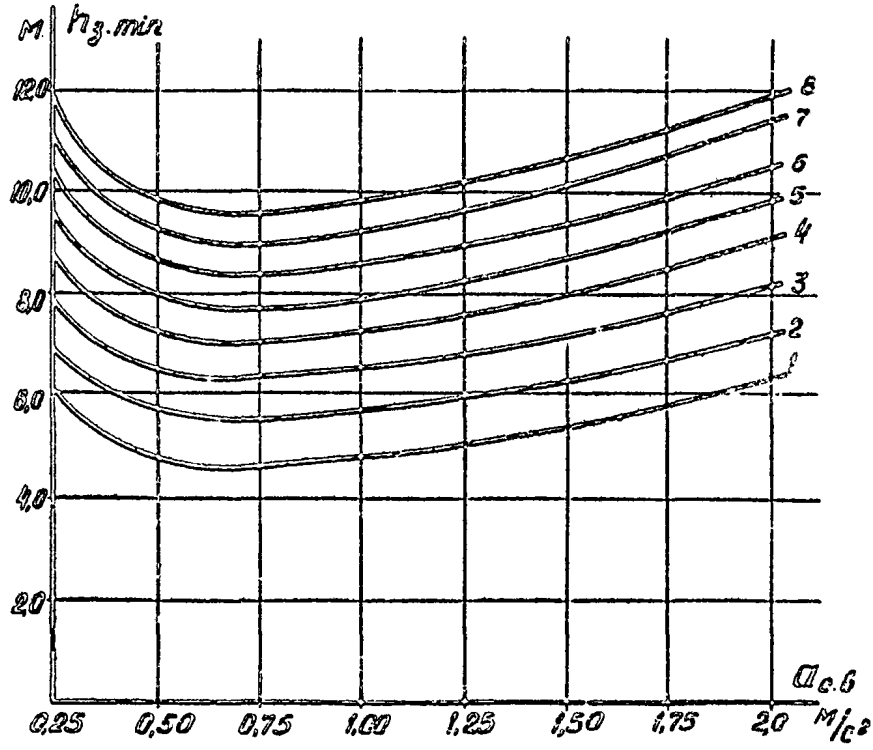

Людской подъем. Вариант А.

$a_{лт} = 1{,}2$ м/с$^2$; $v_п = 1{,}0$ м/с

1 - $v_m = 4$ м/с; 2 - $v_m = 6$ м/с; 3 - $v_m = 8$ м/с;

4 - $v_m = 10$ м/с; 5 - $v_m = 12$ м/с.

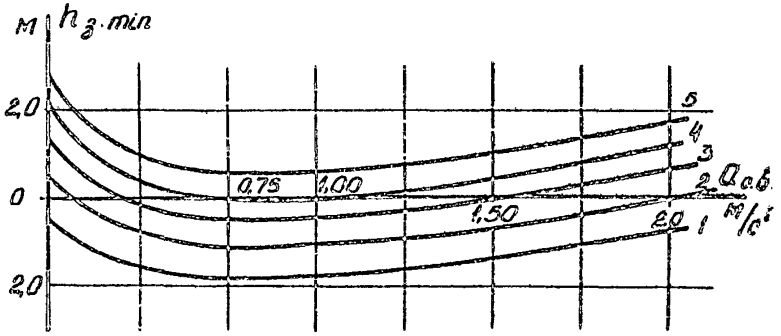
Рис. 3. 7а




Грузовой подъем. Вариант А.
$a_{пт} = 1.2$ м/с²; $v_n = 1.5$ м/с;

1 - $v_m = 4$ м/с; 2 - $v_m = 6$ м/с; 3 - $v_m = 8$ м/с;
4 - $v_m = 10$ м/с; 5 - $v_m = 12$ м/с; 6 - $v_m = 14$ м/с;
7 - $v_m = 16$ м/с; 8 - $v_m = 18$ м/с.

Рис. 3.7.б



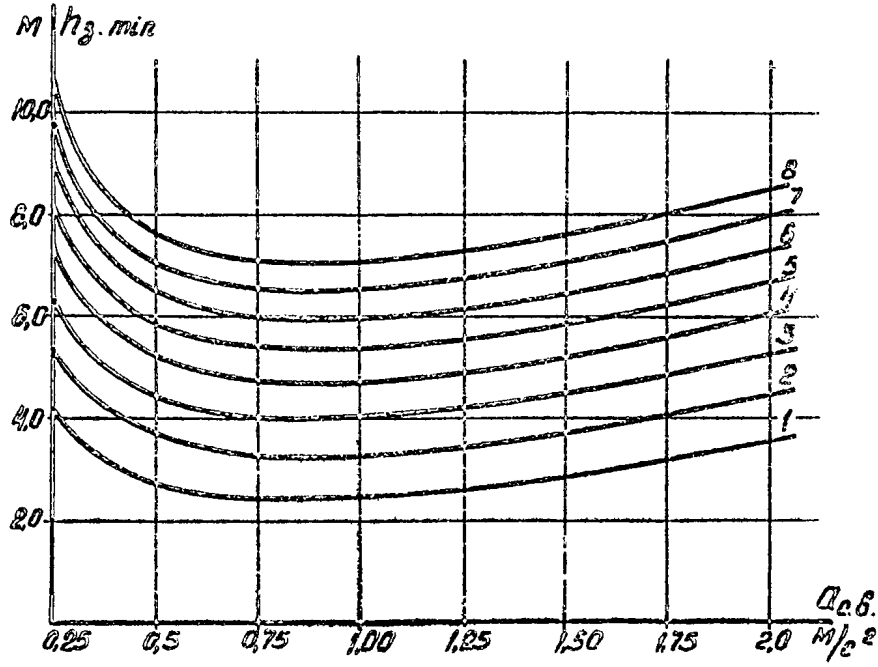

Людской подъем. Вариант Б.

$a_{пт} = 1{,}5$ м/с²; $V_п = 1{,}0$ м/с; $h_{пер} = 6$ м.

1 - $V_m = 4$ м/с; 2 - $V_m = 6$ м/с; 3 - $V_m = 8$ м/с;

4 - $V_m = 10$ м/с; 5 - $V_m = 12$ м/с.

Рис. 3.8. а




Грузовой подъем. Вариант Б.

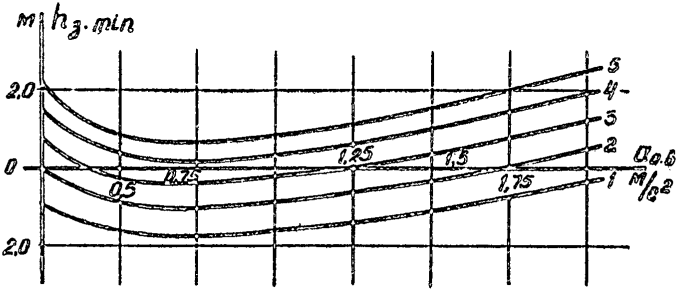
$a_{пг} = 1{,}5\ м/с^2$; $v_п = 1{,}5\ м/с$; $h_{пер} = 3\ м$.

1 - $v_м = 4\ м/с$; 2 - $v_м = 6\ м/с$; 3 - $v_м = 8\ м/с$;

4 - $v_м = 10\ м/с$; 5 - $v_м = 12\ м/с$; 6 - $v_м = 14\ м/с$;

7 - $v_м = 15\ м/с$; 8 - $v_м = 16\ м/с$.

Рис. 3.8.б



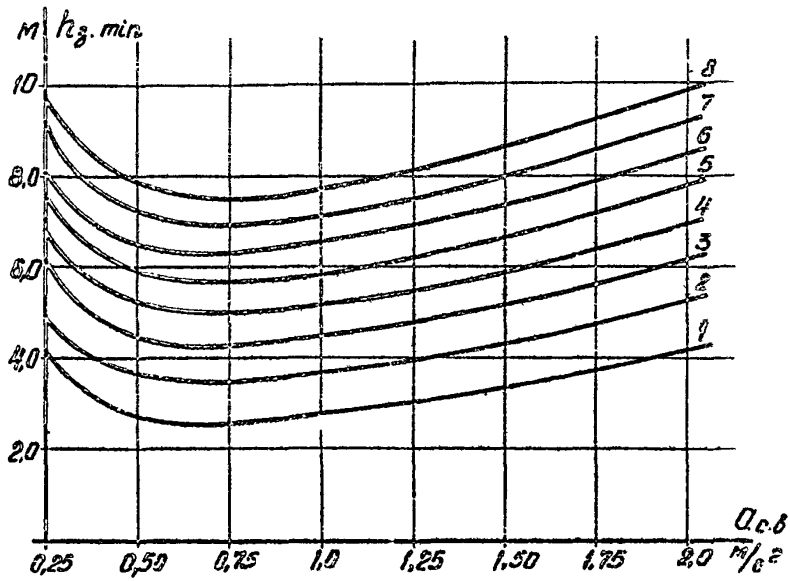

Людской подъем. Вариант Б.

$a_{пт} = 1{,}2$ м/с²; $v_п = 1{,}0$ м/с; $h_{пер} = 6{,}0$ м.

1 - $v_m = 4$ м/с; 2 - $v_m = 6$ м/с; 3 - $v_m = 8$ м/с;

4 - $v_m = 10$ м/с; 5 - $v_m = 12$ м/с.

Рис. 3.9. а




Грузовой подъем. Вариант Б.

$a_т = 1.2\ м/с^2$; $v_п = 1{,}5\ м/с$; $h_{пер} = 3\ м$.

1 - $v_т = 4\ м/с$; 2 - $v_т = 6\ м/с$; 3 - $v_т = 8\ м/с$;

4 - $v_т = 10\ м/с$; 5 - $v_т = 12\ м/с$; 6 - $v_т = 14\ м/с$;

7 - $v_т = 16\ м/с$; 8 - $v_т = 18\ м/с$.

Рис.3.9.б

Приложение № I

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА КРИТИЧЕСКОЙ, ЗАЩИТНОЙ И РАБОЧЕЙ ТАХОГРАММ ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

I. Вывод уравнения критической тахограммы производится путем упрощенного рассмотрения процесса предохранительного торможения, вызванного срабатыванием защиты при некотором значении скорости подъема $V$.

Уравнение критической тахограммы может быть получено в двух вариантах: А-для условий, когда возможна жесткая посадка подъемного сосуда (клетевые подъемные установки с посадочными кулаками; скиповые подъемные установки с посадочными брусьями, скиповые подъемные установки, в которых конструкция разгрузочных кривых не допускает больших скоростей входа подъемного сосуда и т.п.); Б-для условий, когда необходимо предотвратить переподъем, а опасности жесткой посадки подъемного сосуда нет.

В первом случае процесс предохранительного торможения рассматривается до момента, когда скорость становится равной $V_п$.

Во втором случае процесс предохранительного торможения считается законченным при полной остановке сосудов на участке до приемной площадки или на пути свободного переподъема.

I.I. Вариант А.

Путь, проходимый от момента превышения скорости $(t=0)$ до достижения скорости $V_п$, равен сумме значений пути, проходимого за время $t_{ос}\,(h_1)$, пути, проходимого за время $t_{ср}\,(h_2)$ и пути, проходимого в течение установившегося замедления $(h_3)$.

Из рис.I: $h_{пт} = h_1 + h_2 + h_3 = h_к$;

$$h_1 = V \cdot t_{ос};\quad h_2 = \frac{2V + a_{с.б} \cdot t_{ср}}{2} \cdot t_{ср};\quad h_3 = \frac{(V + a_{с.б} \cdot t_{ср})^2 - V_п^2}{2 a_{пт}}.$$

В связи с принятым допущением (п.1.1.2. общих положений) расчетное врем.. срабатывания тормоза может оказаться больше нормируемого [I] значения, равного 0,8с (см. рис.1, приложение 3) и зависит от соотношения $a_{пт}$ и $a_{с.б}$. Поэтому $t_{ср}$ определяется следующим образом.

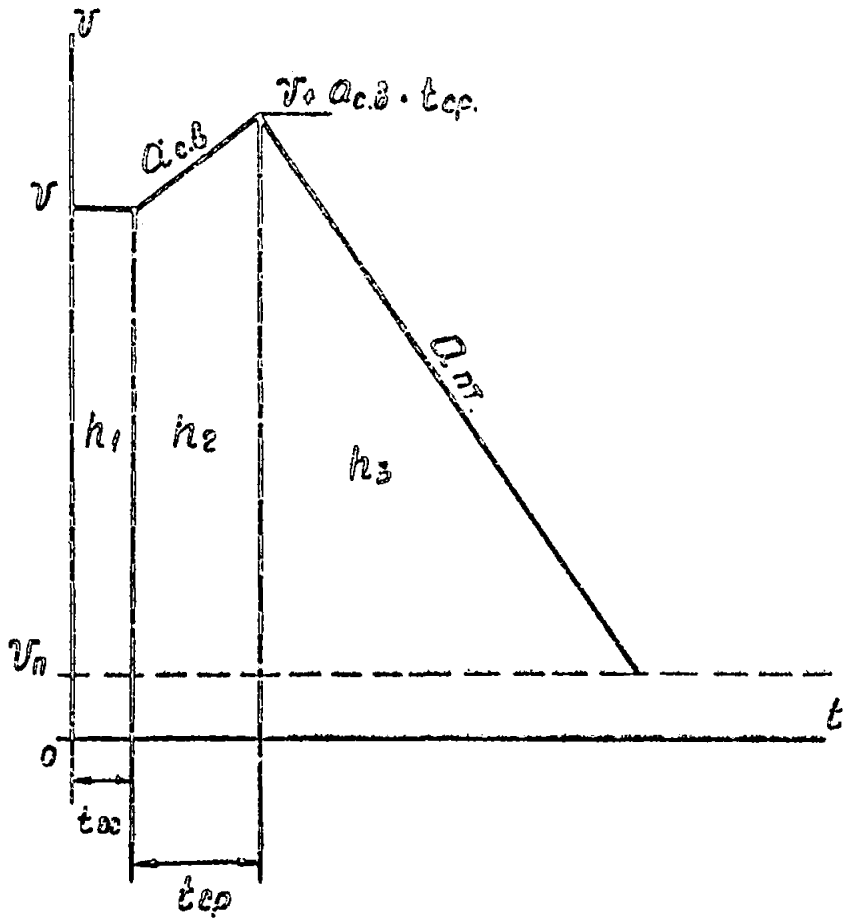



Рис. 1

$$t_{ср} = 0{,}8\left[1 + \left(\frac{a_{ат}}{a_{с.в}} - 1\right)0{,}3\right].$$

После подстановки получено следующее выражение:

$$h_к = A_к V^2 + B_к V + C_к , \qquad (I)$$

где $A_к = \frac{1}{2a_{пт}}$; $B_к = \left(1 + \frac{a_{с.в}}{a_{пт}}\right)t_{ср} + t_{ос}$;

$$C_к = \frac{a_{с.в} \cdot t_{ср}^2}{2} + \frac{a_{с.в}^2 \cdot t_{ср}^2}{2a_{пт}} - \frac{V_п^2}{2a_{пт}} = \frac{a_{с.в} \cdot t_{ср}^2}{2}\left(1 + \frac{a_{с.в}}{a_{пт}}\right) - \frac{V_п^2}{2a_{пт}}.$$

Выражение (I), представляющее зависимость пути предохранительного торможения от скорости, при которой происходит это срабатывание, и является уравнением критической тахограммы относительно крайнего положения подъемного сосуда.

I.2. Вариант Б.

Путь, проходимый от момента превышения скорости ($t=0$) до полной остановки машины (рис.2 а), равен сумме значений пути, проходимого за время $t_{ос}$ ($h_1$), пути, проходимого за время $t_{ср}$ ($h_2$), и пути, проходимого в течение установившегося замедления ($h_3$).

Из рисунка 2 а: $h_{пт} = h_1 + h_2 + h_3$;

Из рисунка 2 б: $h_к = h_{пт} - h_{пер}$;

$$h_1 = V \cdot t_{ос}; \quad h_2 = \frac{V + V + a_{с.в} \cdot t_{ср}}{2} \cdot t_{ср}; \quad h_3 = \frac{(V + a_{с.в} \cdot t_{ср})^2}{2a_{пт}}.$$

После подстановки получено следующее выражение:

$$h_к = A_к V^2 + B_к V + C_к , \qquad (2)$$

где $A_к = \frac{1}{2a_{пт}}$; $B_к = t_{ос} + t_{ср}\left(1 + \frac{a_{с.в}}{a_{пт}}\right)$;

$$C_к = \frac{a_{с.в} \cdot t_{ср}^2}{2} + \frac{a_{с.в}^2 \cdot t_{ср}^2}{2a_{пт}} - h_{пер} = \frac{a_{с.в} \cdot t_{ср}^2}{2}\left(1 + \frac{a_{с.в}}{a_{пт}}\right) - h_{пер}.$$

Формулы (2) и (I) отличаются друг от друга последними членами выражений $C_к$. В варианте А – $\frac{V_п^2}{2a_{пт}}$,

а в варианте Б – $h_{пер}$.

2. Уравнение защитной тахограммы для участка замедления в соответствии с [3] имеет следующий вид:

$$V = \sqrt{2a_з h + V_п^2}.$$

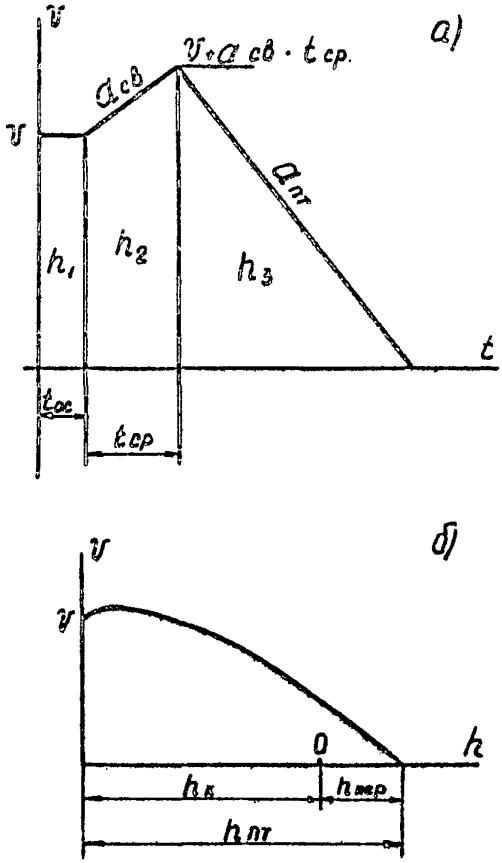



Рис. 2

Для исключения пересечения защитной тахограммы с критической вводится сдвиг ее по оси на некоторую величину $h_{з.min}$. С учетом этого уравнение защитной тахограммы может быть записано в следующем виде:

$$h_з = \frac{V^2 - V_п^2}{2a_з} + h_{з\,min}$$

или

$$h_з = A_з V^2 + C_з \,, \qquad (3)$$

где $A_з = \frac{1}{2a_з}$; $C_з = h_{з.min} - \frac{V_п^2}{2a_з}$.

3. Определим $h_{з.min}$ для варианта Л.

Значение $h_{з.min}$ определим вначале, исходя из того, чтобы защитная и критическая тахограммы не пересекались. Условие отсутствия пересечения тахограмм имеет вид: $h_з \geqslant h_к$. Подставив выражения (I) и (3), напишем формулу для граничных условий касания тахограмм $(h_з - h_к = 0)$

$$(A_з - A_к)V^2 - B_к V + (C_з - C_к) = 0. \qquad (4)$$

Корни полученного квадратного уравнения определяются по известной формуле

$$\frac{B_к \pm \sqrt{B_к^2 - 4(A_з - A_к)(C_з - C_к)}}{2(A_з - A_к)}. \qquad (5)$$

Корням уравнения (4) соответствуют точки пересечения с осью абсцисс кривых $(h_з - h_к) = f(V)$, изображенных на рис.3 для различных значений $C_з$.

При $C_з = C_{з1}$ защитная и критическая тахограммы не пересекаются, так как $h_з - h_к > 0$ во всем диапазоне изменения $V$;

при $C_з = C_{з3}$ защитная и критическая тахограммы пересекаются в диапазоне скоростей $V = V_1 \ldots V_2$, так как в этом диапазоне $h_з - h_к < 0$; при $C_з = C_{з2}$ защитная и критическая тахограммы касаются при $V = V_0$, где $h_з - h_к = 0$.

Условием касания тахограмм является наличие только одного корня уравнения (4), что имеет место при равенстве нулю подкоренного выражения в формуле (5).

$$B_к^2 - 4(A_з - A_к)(C_з - C_к) = 0. \qquad (6)$$

Решением уравнения (6) относительно $C_з$ получено выражение

$$C_{з2} = \frac{B_к^2}{4(A_з - A_к)} + C_к \,.$$

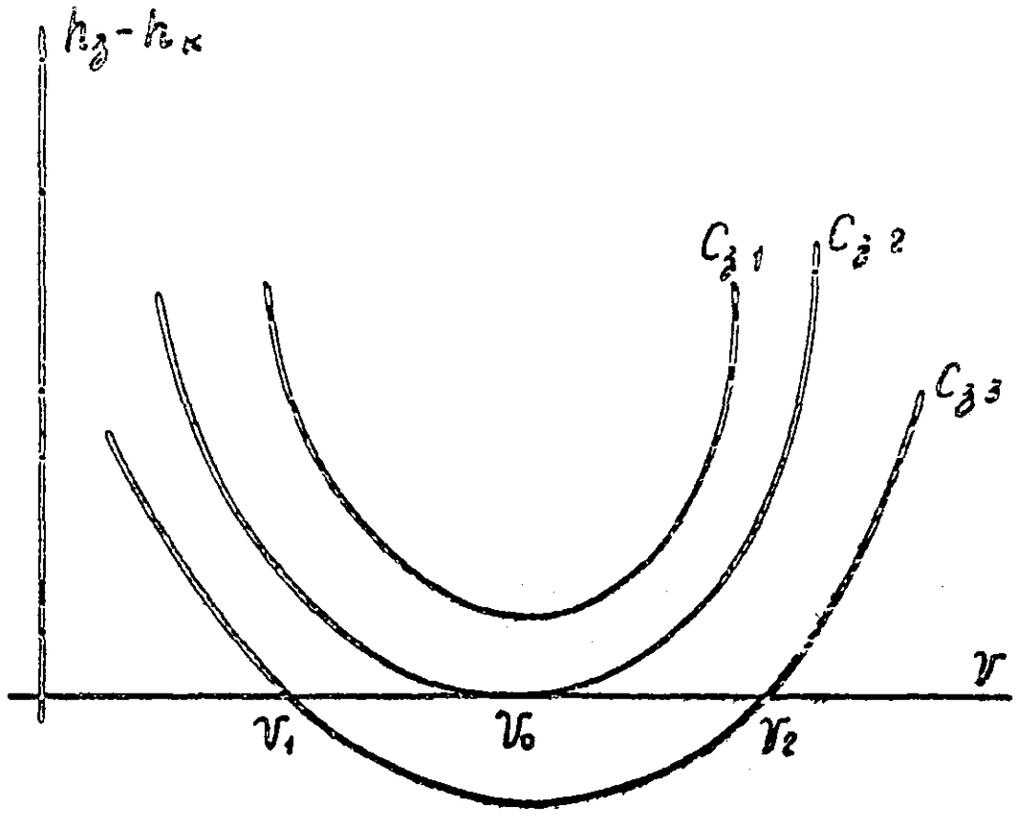



Рис. 3

С учетом формулы (3) получено выражение для $h^*_{з.min}$

$$h^*_{з.min} = C_{з2} + \frac{V_п^2}{2a_з} = \frac{B_к^2}{4(A_з - A_к)} + C_к + \frac{V_п^2}{2a_з}.$$

После подстановки выражений для $B_к$, $C_к$, $A_з$ и $A_к$ получаем

$$h^*_{з.min} = \frac{[(1 + \frac{a_{сб}}{a_{пт}})t_{ср} + t_{ос}]^2}{2(\frac{1}{a_з} - \frac{1}{a_{пт}})} + \frac{a_{сб} \cdot t_{ср}^2}{2}(1 + \frac{a_{сб}}{a_{пт}}) +$$

$$+ \frac{V_п^2}{2}(\frac{1}{a_з} - \frac{1}{a_{пт}}). \qquad (7)$$

При значении $h^*_{з.min}$, определяемом (7), защитная и критическая тахограммы касаются друг друга в одной точке, для которой скорость равна

$$V_о = \frac{B_к}{2(A_з - A_к)} = \frac{(1 + \frac{a_{сб}}{a_{пт}})t_{ср} + t_{ос}}{\frac{1}{a_з} - \frac{1}{a_{пт}}}. \qquad (8)$$

Для определения окончательного значения $h_{з.min}$ учтем допустимую погрешность срабатывания ограничителя скорости. ОСТ 1224.189-80 нормирует следующее значение погрешности срабатывания:

$$\Delta V_{доп} = \pm(0{,}03 V_з + 0{,}07). \qquad (9)$$

Защитную и критическую тахограммы следует располагать таким образом относительно друг друга, чтобы при погрешности срабатывания $+\Delta V_{доп}$ сохранилась одна точка касания (минимальное расстояние между тахограммами по оси $V$ не более $\Delta V_{доп}$).

Определим дополнительный сдвиг защитной тахограммы $\Delta h$, обеспечивающий указанное условие. Для этого рассмотрим, как связаны между собой тахограммы по оси $h$ и обусловленное им изменение скорости $V$ для некоторой точки ствола $h = h_о$. Учитывая (2,9) для двух сдвинутых друг относительно друга на $\Delta h$ защитных тахограмм, можно написать (рис. 4):

$$h^*_{з.min} = h_о - \frac{V_о^2 - V_п^2}{2a_з}; \quad h_{з.min} = h_о - \frac{V_о^{*2} - V_п^2}{2a_з};$$

$$\Delta h = h_{з.min} - h^*_{з.min} = \frac{V_о^2 - V_о^{*2}}{2a_з} = \frac{(V_о + V_о^*)(V_о - V_о^*)}{2a_з};$$

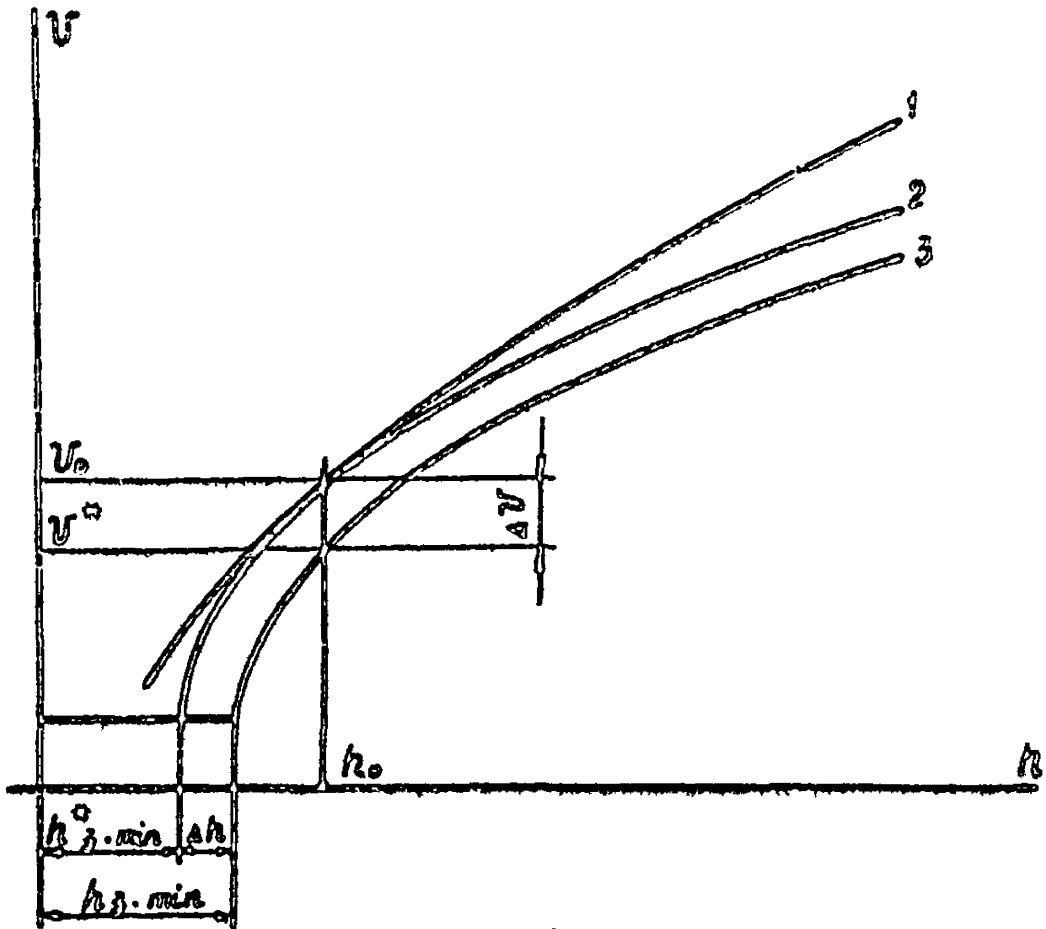



Рис. 4

$$V_0 - V_0^* = \Delta V; \quad V_0 + V_0^* = 2V_0 - \Delta V;$$

$$\Delta h = \frac{\Delta V(2V_0 - \Delta V)}{2a_з} = \frac{(0{,}03V_0 + 0{,}07)(1{,}97V_0 - 0{,}07)}{2a_з}. \quad (10)$$

При введении сдвига $\Delta h$ защитная тахограмма смещается таким образом, что вместо касания с критической при значении скорости $V_0$ появляется запас на величину $\Delta V_{доп}$ (рис.4).
Окончательная формула для определения $h_{з\,min}$ для варианта А имеет с учетом (10) следующий вид:

$$h_{з.min} = h^*_{з.min} + \Delta h = \frac{[(1 + \frac{a_{с.в}}{a_{пт}})t_{ср} + t_{ос}]^2}{2(\frac{1}{a_з} - \frac{1}{a_{пт}})} + \frac{a_{с.в} \cdot t_{ср}^2}{2}(1 + \frac{a_{с.в}}{a_{пт}}) +$$

$$+ \frac{V_п^2}{2}\left(\frac{1}{a_з} - \frac{1}{a_{пт}}\right) + \frac{(0{,}03V_0 + 0{,}07)(1{,}97V_0 - 0{,}07)}{2a_з}. \quad (11)$$

4. Определим $h_{з.min}$ для варианта Б.

Выше было показано, что выражения для критической тахограммы по вариантам А и Б различаются только свободным членом. Нетрудно показать, что соответствующее отличие будет и в выражениях $h_{з.min}$.

Для варианта Б формула (11) примет следующий вид ( $h_{пер}$ вместо $\frac{V_п^2}{2a_{пт}}$ ):

$$h_{з.min} = \frac{[(1 + \frac{a_{с.в}}{a_{пт}})t_{ср} + t_{ос}]^2}{2(\frac{1}{a_з} - \frac{1}{a_{пт}})} + \frac{a_{с.в} \cdot t_{ср}^2}{2}(1 + \frac{a_{с.в}}{a_{пт}}) +$$

$$+ \frac{V_п^2}{2a_з} + \frac{(0{,}03V_0 + 0{,}07)(1{,}97V_0 - 0{,}07)}{2a_з} - h_{пер}. \quad (12)$$

Если в результате вычислений окажется $h_{з.min} \leq 0$, то следует принимать $h_{з.min} = 0$. Хотя при этом и получается дополнительный запас по пути (соответственно и запас по погрешности аппаратуры), однако в противном случае (если принять $h_{з.min} < 0$) значение $V_з$ для крайнего нормального положения подъемного сосуда окажется выше $V_п$, что противоречит [3].

5. Значение замедления защитной тахограммы должно выбираться таким образом, чтобы обеспечивалось минимально возможное время прохождения ствола. Можно показать, что время прохождения ствола глубиной $H$ тем меньше, чем меньше время снижения скорости от максимальной до полной остановки $t_{c.ск}$. Таким образом, при выборе оптимального значения $a_з$ достаточно минимизировать время снижения скорости, определяемое в нашем случае следующей формулой:

$$t_{c.ск} = \frac{1{,}15V_m - V_n}{a_з} + \frac{h_{з.min}}{V_n}. \qquad (13)$$

Для определения оптимального значения $a_з$ необходимо положить равной нулю производную выражения (13) и решить полученное уравнение (14)

$$\frac{dt_{c.ск}}{da_з} = 0.$$

Поскольку выражения для $h_{з.min}$ для вариантов А и Б различаются членами, не содержащими $a_з$ (которые при дифференцировании превращаются в ноль), полученное таким образом значение $a_з$ оптимально для обоих вариантов.

$$\frac{dt_{c.ск}}{da_з} = \frac{0 - \left(-\frac{2V_n}{a_з^2}\right)\left[\left(1+\frac{a_{с.б}}{a_{пт}}\right)t_{ср} + t_{ос}\right]^2}{4\left(\frac{1}{a_з} - \frac{1}{a_{пт}}\right)^2 \cdot V_n^2} - \frac{V_n}{2a_з^2} - \frac{1{,}15V_m - V_n}{a_з^2} = 0;$$

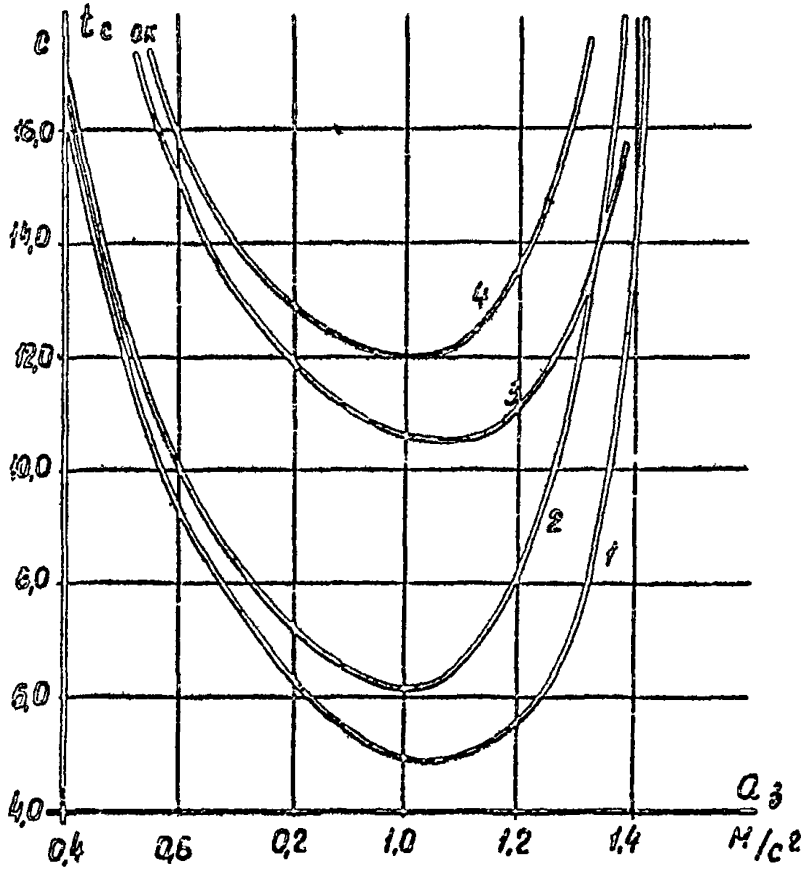
$$a_{з.опт} = \frac{1}{\frac{\left(1+\frac{a_{с.б}}{a_{пт}}\right)t_{ср} + t_{ос}}{\sqrt{(2{,}3V_m - V_n)V_n}} + \frac{1}{a_{пт}}}. \qquad (15)$$

Пользуясь формулой (15), можно определить оптимальное значение замедления защитной тахограммы.

На рис.5 и 6 показано, как изменяется время снижения скорости $t_{c.ск}$ при вариации $a_з$ в области оптимального значения для различных условий. Из этих кривых видно, что выбор $a_з$ существенно влияет на $t_{c.ск}$ и, следовательно, на производительность установки.

При подстановке выражения (15) в формулу (8) получаем

$$V_o = \sqrt{(2{,}3V_m - V_o)V_o}. \qquad (16)$$




Люди Условия переподъема 1- $a_{св} = 0{,}5$ м/с²; 2- $a_{с.в} = 1{,}0$ м/с²;
Условия жесткой посадки 3- $a_{с.в.} = 0{,}5$ м/с²
($V_п = 1{,}0$ м/с; $a_{пт} = 1{,}5$ м/с²; $t_{ср} = 0{,}8$ с; $t_{ос} = 0{,}1$ с; $V_m = 8$ м/с)

Рис. 5

Груз
$V_п = 1,5$ м/с
$Q_{пг} = 1,5$ т/с
$V_т = 10$ м/с

Условия жесткой посадки.
1 - $Q_{с.в} = 0,8$ м/с²; 2 - $Q_{с.в} = 1,0$ м/с².
Условия переподъема
3 - $Q_{с.в} = 0,8$ м/с²; 4 - $Q_{с.в} = 1,0$ м/с²

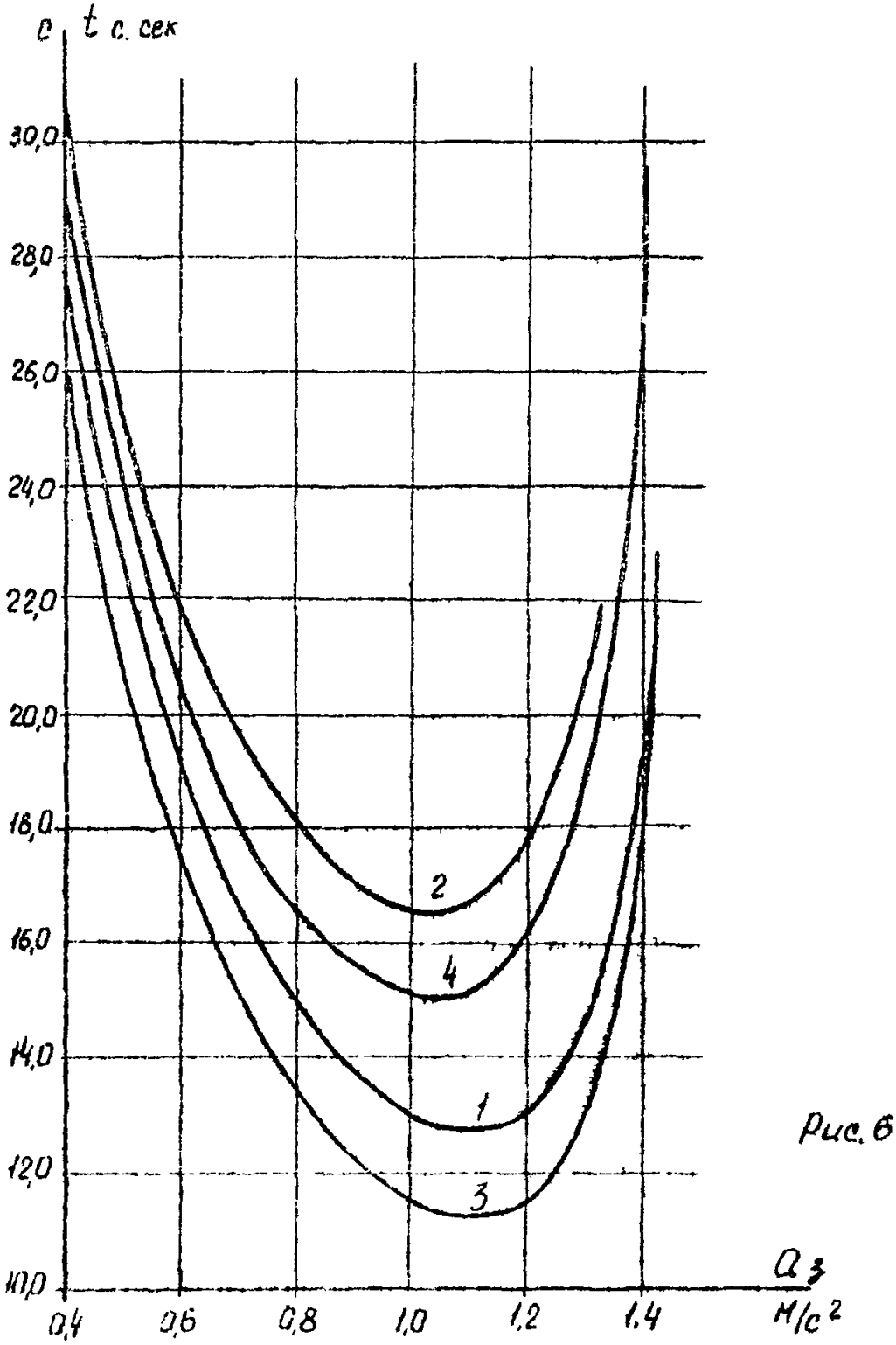



Рис. 6

Зависимость (I6) может использоваться для определения $V_0$, если в расчетах принято $a_з = a_{з\,сит}$.

6. Значение рабочего замедления может быть определено в соответствии с ОСТ I224.I89-80 путем подстановки $a_з = a_{з\,сит}$ в известную формулу для определения $a_з$ и решения полученного уравнения относительно $a_р$.

$$a_р \approx a_з \frac{V_m^2 - V_0^2}{1{,}32 V_m^2 - V_n^2}. \qquad (I7)$$

Если полученное значение $a_р$ превышает нормативное [5], то следует принять в расчет нормативное. При этом точки начала замедления по рабочей и защитной тахограммам будут иметь разные координаты : первая будет удалена от второй к центру ствола.

Приложение № 2

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПРОВЕРКЕ ИСПРАВНОСТИ И ПРАВИЛЬНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОГРАНИЧИТЕЛЯ СКОРОСТИ.

В соответствии с требованиями отраслевого стандарта [3] в техническую документацию, прилагаемую к ограничителя скорости при поставке, должна быть включена методика периодической проверки исправности и правильности его функционирования. В данном разделе приведены основные положения методики, позволяющей экспериментальным путем определить данные для построения защитной и критической тахограмм по условию предотвращения аварийного переподъема.

Методические рекомендации по периодической проверке исправности и правильности функционирования ограничителя скорости (далее - рекомендации) распространяются на рудничные фрикционные подъемные установки (клетевые, скиповые установки с одноканатными и многоканатными шкивами трения), оснащенные электрическими ограничителями скорости типа ЭОС-2 или ЭОС-3 производства завода "Красный металлист". Методика проверки ограничителей скорости других типов дается в [2].

Рекомендации предназначены для использования при разработке инструкций по технической эксплуатации электрических ограничителей скорости и составлении технологических карт производства наладочных работ подъемных установок.

Данные для построения защитной и критической тахограмм (скорость установки в момент срабатывания ограничителя, путь торможения сосудов и расстояние до приемной площадки) определяются по осциллограммам предохранительного торможения подъемной установки при комплексном испытании предохранительных тормозов и ограничителя скорости.

Предварительно, до комплексного испытания предохранительного тормоза и ограничителя скорости, необходимо отснять осциллограммы предохранительного торможения подъемной установки при спуске - подъеме расчетного груза с учетом максимального удельного веса горной массы. При предохранительном торможении установки необходимо соблюдать требования безопасности, изложенные в [2]. Параметры предохранительного торможения должны соответствовать расчетным значениям, подсчитанным согласно [6].

Комплексное испытание предохранительных тормозов и ограничителя скорости необходимо выполнять в следующем порядке.

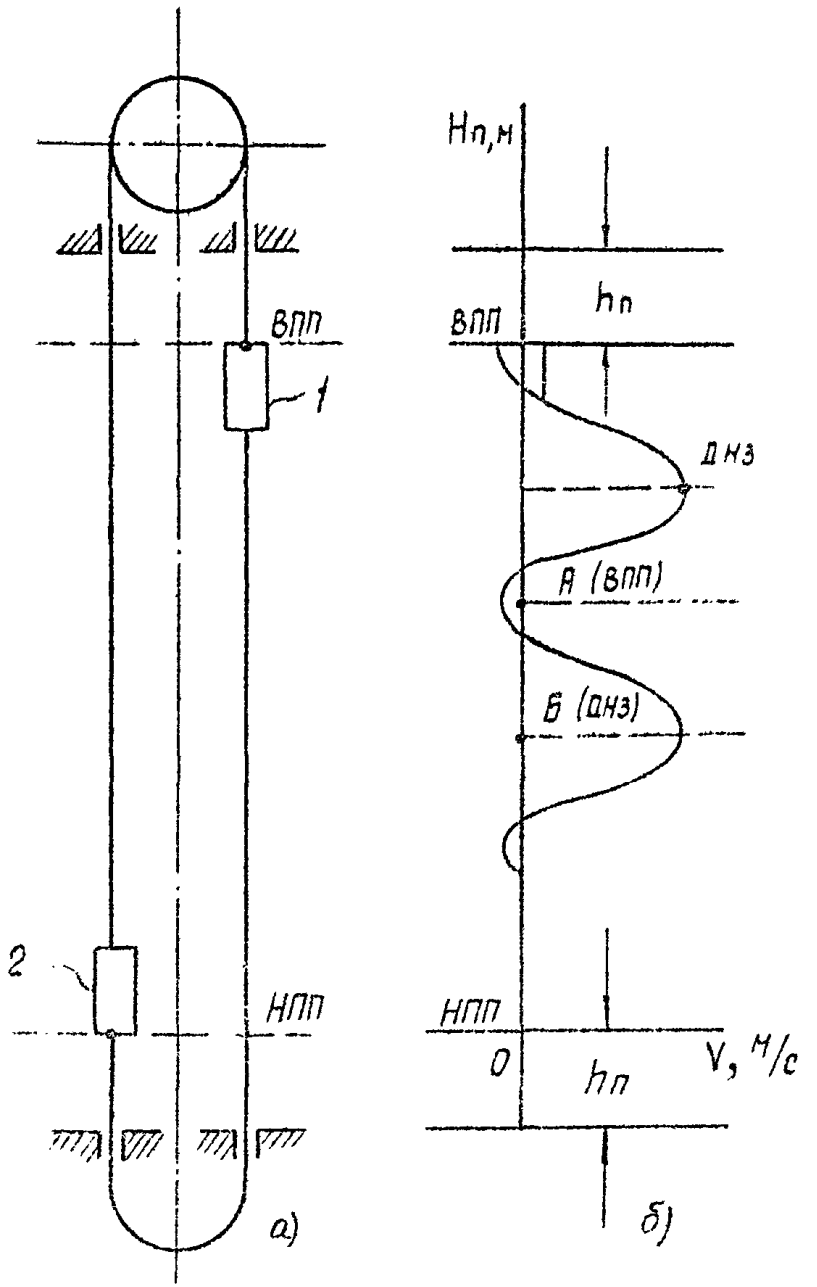



Рис. 1.

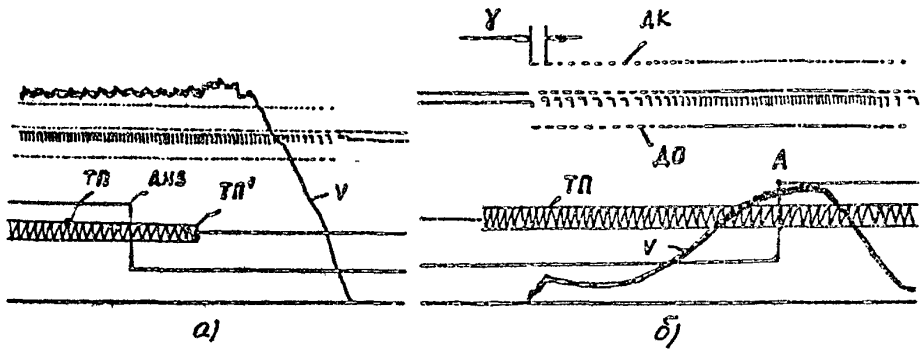



Рис. 2

I. Подключить к осциллографу датчики:

ТП – срабатывания предохранительного тормоза;

$V$ – скорости вращения канатоведущего шкива;

ДНЗ – начала замедления подъемной установки по защитной диаграмме ограничителя скорости;

ДК и ДО – "угла поворота – импульса" канатоведущего и отклоняющего шкивов фрикционной установки.

2. Установить один из порожних подъемных сосудов (например, I на рис. I,а) в стволе шахты на определенном расстоянии от нормального крайнего верхнего положения, соответствующем одному обороту сельсин-датчика ограничителя скорости (рис. I,б, точка А).

3. Нанести метку на неподвижную шкалу указателя глубины против визирной стрелки грубого отсчета (точка А).

4. Установить подъемный сосуд I в точку, находящуюся от А на расстоянии, равном максимальному пути $h_{з\,max}$ по защитной диаграмме ограничителя скорости (точка Б).

5. Нанести метку на неподвижную шкалу указателя глубины против визирной стрелки грубого отсчета (точка Б).

6. Установить подъемные сосуды в крайние нормальные положения и загрузить подъемный сосуд 2 расчетным грузом.

7. Установить порожний подъемный сосуд I в точку Б и зафиксировать в этом положении один из датчиков начала замедления ограничителя скорости.

8. Включить подъемную установку в сторону спуска груженого сосуда и установить скорость, равную ( $V_п$ ). При подходе порожнего сосуда I к точке А ограничитель скорости и предохранительный тормоз должны сработать.

9. Повторить предохранительное торможение клетевых подъемных установок на скорости соответственно $V$ =(0,25; 0,5; 0,75; 1,0) $V_m$ с учетом $V > V_п$ , (для скиповых установок – $V$ = 2; 4; 6;7м/с). При этом точку Б необходимо удалять от первоначального положения на расстояние, равное пути разгона подъемной установки до заданной скорости.

В момент стопорения канатоведущего шкива визирная стрелка указателя глубины не должна выходить за пределы метки А.

IO. После каждого срабатывания предохранительного тормоза подъемную установку необходимо включить, и установить подъемный

сосуд I в точку А.

II. При проведении испытаний предохранительного тормоза и ограничителя скорости по п. 8 -I0 фиксировать на пленку (фотобумагу) осциллографа показания датчиков по п. I (рис.2.). На рис.2а представлена осциллограмма параметров предохранительного торможения подъемной установки, вызванного срабатыванием ограничителя скорости на участке замедления сосудов. На рис.2б представлена осциллограмма режима дотягивания подъемного сосуда к приемной площадке (точка А).

I2. По осциллограммам предохранительного торможения определить следующие данные для построения критической и защитной диаграмм:

$V$ - скорость установки
в момент срабатывания ограничителя;

$h_к$ - путь предохранительного торможения установки

$$h_к = n \cdot \gamma, \qquad (I)$$

где $h_к$ - путь предохранительного торможения установки, М;

$n$ - количество импульсов ДК от сигнала ТП. до точки стопорения канатоведущего органа ( $V = 0$);

$\gamma$ - квант импульсов датчика ДК, М;

$h_з$ - расстояние от нормального крайнего положения подъемного сосуда (точка А) до подъемного сосуда в момент срабатывания ограничителя скорости (точка ТП ):

$$h_з = N \cdot \gamma, \qquad (2)$$

где $N$ - количество импульсов ДК от точки А до сигнала ТП.

По полученным данным $V, h_к, h_з$ в координатах $(h, V)$ строятся критическая $V = f(h_к)$ и защитная $V = f(h_з)$ диаграммы подъемной установки и ограничителя скорости.

При отсутствии датчиков угол поворота - импульс пути $h_к$ и $h_з$ следует определять с помощью планиметра по осциллограмме скорости предохранительного торможения.

Приложение №3

## ОБРАБОТКА ОСЦИЛЛОГРАММЫ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА КРИТИЧЕСКОЙ ДИАГРАММЫ СКОРОСТИ

Для построения критической диаграммы скорости на действующей подъемной установке производят снятие осциллограммы предохранительного торможения при спуске номинального груза (для всех типов подъемных установок). При этом предохранительный тормоз должен включаться при скорости сосудов 2 ÷ 2,5 м/с (рис.I). Если же имеется осциллограмма, снятая при большей скорости сосудов, то при обработке осциллограммы необходимо параллельно линии нулевой скорости провести вспомогательную линию АВ (рис.2) на таком расстоянии от линии скорости в момент срабатывания тормоза, которое в масштабе осциллограммы соответствовало бы скорости 2 ÷ 2,5 м/с. Полученная вспомогательная линия АВ(рис.2) принимается при обработке осциллограммы за линию нулевой скорости.

Введение в расчет критической диаграммы скорости данных, полученных при обработке осциллограммы предохранительного торможения подъемной машины со скорости 2 ÷ 2,5 м/с обеспечивает некоторый запас пути торможения при скоростях больше 2 ÷ 2,5 м/с. Если же пользоваться данными, полученными из осциллограммы предохранительного торможения с максимальной скорости, то путь торможения подъемной машины при срабатывании предохранительного тормоза на скоростях до 2 ÷ 2,5 м/с может оказаться больше, чем расчетный по критической диаграмме, что является недопустимым. Это объясняется тем, что при предохранительном торможении с малой скорости движения сосудов время нарастания тормозного усилия до максимальной величины больше, чем время с момента включения тормоза до остановки сосудов.

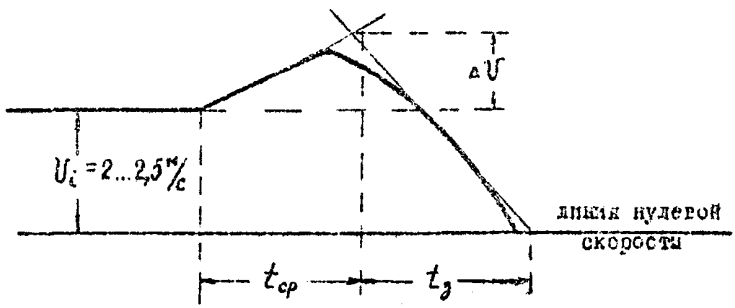



Рис.1. Осциллограмма предохранительного торможения со скоростью 2 ... 2,5 м/с

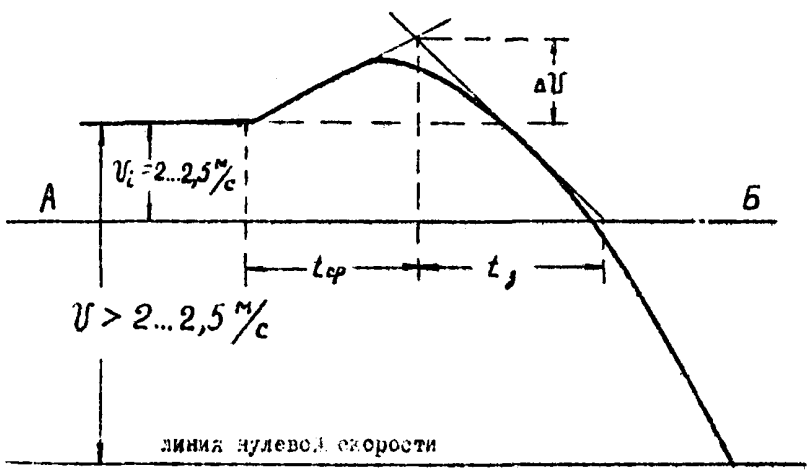



Рис.2. Осциллограмма предохранительного торможения со скоростью больше 2 ... 2,5 м/с.

Поэтому и среднее значение замедления $a_{пт}$ (а оно входит в расчет критической диаграммы скорости) получается меньше.

Для удобства обработки осциллограммы производится ее линеаризация, как показано на рис.I и 2. Подобная линеаризация позволяет упростить формулы для расчета величины замедления при предохранительном торможении и ускорения свободного выбега за время срабатывания тормоза, но несколько увеличивает (примерно на 0,2-0,4 м) расчетный путь предохранительного торможения.

Из подготовленной описанным способом осциллограммы предохранительного торможения подъемной машины измеряются и рассчитываются:

$V_{пт}$ - скорость, при которой включился предохранительный тормоз, м/с;

$\Delta V$ - приращение скорости за время срабатывания тормоза, м/с;

$t_{ср}$ - время, в течение которого в процессе предохранительного торможения скорость увеличивается, с;

$t_з$ - время, в течение которого в процессе предохранительного торможения скорость снижается до нуля, с;

$a_{св}$ - ускорение свободного выбега:

$$a_{св} = \frac{\Delta V}{t_{ср}}, \text{ м/с}^2;$$

$a_{пт}$ - средняя величина замедления, создаваемая предохранительным тормозом: $a_{пт} = \frac{V_{пт} + \Delta V}{t_з}$, м/с$^2$.

Приложение №4

## ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА КРИТИЧЕСКОЙ, ЗАЩИТНОЙ И РАБОЧЕЙ ТАХОГРАММ НА МИКРОКАЛЬКУЛЯТОРЕ "ЭЛЕКТРОНИКА - БЗ - 21"

I. Критическая тахограмма описывается формулой

$$h_к = A_к V^2 + B_к V + C_к .$$

Значения $h_к$ для различных значений $A_к$, $B_к$, $C_к$ и $V$ могут быть вычислены при помощи следующей программы, показывающей порядок нажатия клавиш микрокалькулятора в режиме ее ввода в память:

$$F2\ F/-/\uparrow F4 \times P3\ F5\uparrow F2 \times \uparrow F6 + \uparrow F3 + C/П .$$

Значение $A_к$ ввести в ячейку памяти $P4$.

Значение $B_к$ ввести в ячейку памяти $P5$.

Значение $C_к$ ввести в ячейку памяти $P6$,

Значения $V$ в диапазоне от $V_п$ до $I,I5\,V_т$ вводить в ячейку памяти $P2$.

2. Защитная тахограмма описывается формулой

$$h_з = A_з V^2 + C_з .$$

Значения $h_з$ для различных значений $A_з$, $C_з$ и $V$ могут быть вычислены при помощи следующей программы:

$$F2\ F/-/\uparrow F3 \times \uparrow F4 + C/П .$$

Значение $A_з$ ввести в ячейку памяти $P3$ :

Значение $C_з$ ввести в ячейку памяти $P4$,

Значения $V$ в диапазоне от $V_п$ до $I,I5\,V_т$ вводить в ячейку памяти $P2$.

3, Рабочая тахограмма описывается формулой

$$h_р = A_р V^2 + C_р .$$

Значения $h_р$ для различных значений $A_р$, $C_р$ и $V$ могут быть вычислены при помощи следующей программы:

$$F2\ F/-/\uparrow F3 \times \uparrow F4 + C/П .$$

Значение $A_p$ ввести в ячейку памяти $P3$;

Значение $C_p$ ввести в ячейку памяти $P4$;

Значения $V$ в диапазоне от $V_n$ до $V_m$ вводить в ячейку памяти $P2$.

## ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ТАХОГРАММ.

ПРИМЕР I. Исходные данные (Вариант А).

Вертикальный подъем, грузовой.

$a_{пг} = 1{,}5\ м/с^2$; $a_{с.г} = 1{,}3\ м/с^2$; $V_п = 1{,}5\ м/с$;

$V_m = 12{,}5\ м/с$; $V_g = 0{,}5\ м/с$; $t_{ос} = 0{,}1\ с$;

$$t_{ср} = 0{,}8\left[1 + \left(\frac{1{,}5}{1{,}3} - 1\right)\cdot 0{,}3\right] = 0{,}837\ с$$

Определяем значение скорости наибольшего сближения защитной и критической тахограмм.

$$V_0 = \sqrt{(2{,}3 \cdot 12{,}5 - 1{,}5)\cdot 1{,}5} = 6{,}4\ м/с\ .$$

Определяем оптимальное значение замедления защитной тахограммы.

$$a_з = \frac{1}{\frac{(1 + \frac{1{,}3}{1{,}5})\cdot 0{,}837 + 0{,}1}{6{,}4} + \frac{1}{1{,}5}} = 1{,}08\ м/с^2.$$

Минимально необходимый сдвиг защитной тахограммы относительно крайнего положения подъемного сосуда равен

$$h_{з.min} = \frac{\left[(1 + \frac{1{,}3}{1{,}5})\cdot 0{,}837 + 0{,}1\right]^2}{2\left(\frac{1}{1{,}08} - \frac{1}{1{,}5}\right)} + \frac{1{,}3 \cdot 0{,}837^2}{2}\left(1 + \frac{1{,}3}{1{,}5}\right) +$$

$$+ \frac{0{,}06 \cdot 6{,}4^2 + 0{,}14 \cdot 6{,}4}{2 \cdot 1{,}08} + \frac{1{,}5^2}{2}\left(\frac{1}{1{,}08} - \frac{1}{1{,}5}\right) = 8{,}028\ м.$$

Рассчитаем защитную тахограмму по формуле

$h_з = A_з V^2 + C_з$ , где $A_з = \frac{1}{2 \cdot 1{,}08} = 0{,}463$ ;

$$C_з = 8{,}028 - \frac{1{,}5^2}{2 \cdot 1{,}08} = 6{,}986\ .$$

| $V$ | 1,5 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12,5 | 14,375 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $h_3$ | 8,028 | 8,838 | 14,393 | 23,65 | 36,6 | 53,28 | 79,32 | 102,65 |

Значения $V$ берутся в диапазоне $V_n \ldots 1{,}5V_m$ , где

$$V_n = 1{,}5\ м/с\ ,\quad 1{,}15\,V_m = 1{,}15 \cdot 12{,}5 = 14{,}375\ м/с\ .$$

Максимально допустимое из условий превышения скорости значение замедления рабочей тахограммы

$$a_p = 1{,}08\,\frac{12{,}5^2 - 0{,}5^2}{1{,}32 \cdot 12{,}5^2 - 1{,}5^2} = 0{,}826\ м/с^2$$

Полученное значение $a_p$ больше нормативного, равного $0{,}75 м/с^2$. Принимаем $a_p = 0{,}75\ м/с^2$.

Рассчитаем рабочую тахограмму по формуле

$h_p = A_p V^2 + C_p$ , где

$$A_p = \frac{1}{2 \cdot 0{,}75} = 0{,}67\ ;\quad C_p = 8{,}028 - \frac{0{,}5^2}{2 \cdot 0{,}75} = 7{,}86$$

| $V$ | 0,5 | 1,0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 12,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $h_p$ | 7,86 | 8,92 | 10,53 | 18,53 | 31,86 | 50,53 | 74,53 | 103,86 | 112,03 |

Критическую тахограмму рассчитываем по формуле

$h_к = A_к V^2 + B_к V + C_к$ , где

$$A_к = \frac{1}{2 \cdot 1{,}5} = 0{,}333\ ;\quad B_к = \left(1 + \frac{1{,}3}{1{,}5}\right) 0{,}837 + 0{,}1 = 1{,}663$$

$$C_к = \frac{1{,}3 \cdot 0{,}837^2}{2}\left(1 + \frac{1{,}3}{1{,}5}\right) - \frac{1{,}5^2}{2 \cdot 1{,}5} = 0{,}1$$

| $V$ | 0 | 1 | 1,5 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $h_к$ | 0,1 | 2,1 | 3,34 | 4,76 | 12,08 | 22,07 | 34,73 | 50,06 | 68,05 | 88,71 | 112,04 |

Рассчитанные тахограммы представлены на рис. 1.

ПРИМЕР 2. Исходные данные (Вариант Б)

Вертикальный подъем, людской.

$a_{пт} = 1{,}5\ м/с^2$ ; $a_{с.в} = 1{,}0\ м/с^2$ ; $V_п = 1{,}0\ м/с$ ; $V_м = 10\ м/с$ ;

$V_д = 0{,}5\ м/с$ ; $t_{ос} = 0{,}1\ с$ ; $h_{пер} = 6\ м$.

$$t_{ср} = 0{,}8\left[1 + \left(\frac{1{,}5}{1{,}0} - 1\right)0{,}3\right] = 0{,}92\ с.$$

Значение скорости наибольшего сближения защитной и критической тахограмм

$$V_0 = \sqrt{(2{,}3 \cdot 10 - 1) \cdot 1} = 4{,}69\ м/с.$$

Оптимальное значение замедления защитной тахограммы

$$a_з = \frac{1}{\frac{\left(1 + \frac{1}{1{,}5}\right)0{,}92 + 0{,}1}{4{,}69} + \frac{1}{1{,}5}} = 0{,}9853\ м/с^2.$$

Минимально необходимый сдвиг защитной тахограммы относительно крайнего положения подъемного сосуда

$$h_{з\,min} = \frac{\left[\left(1 + \frac{1}{1{,}5}\right) \cdot 0{,}92 + 0{,}1\right]^2}{2\left(\frac{1}{0{,}9853} - \frac{1}{1{,}5}\right)} + \frac{1 \cdot 0{,}92^2}{2}\left(1 + \frac{1}{1{,}5}\right) + \frac{1^2}{2 \cdot 0{,}9853} +$$

$$+ \frac{0{,}06 \cdot 4{,}69^2 + 0{,}14 \cdot 4{,}69}{2 \cdot 0{,}9853} - 6 = 0{,}0461\ м \approx 0{,}05\ м.$$

Защитную тахограмму рассчитываем по формуле

$$h_з = A_з V^2 + C_з \quad , \text{ где}$$

$$A_з = \frac{1}{2 \cdot 0{,}9853} = 0{,}507\ ;\ C_з = 0{,}05 - \frac{1}{2 \cdot 0{,}9853} = -0{,}4574.$$

Значения $V$ при рассчете берутся в диапазоне от $V_n = 1{,}0$ м/с до $1{,}15 V_m = 1{,}15 \cdot 10 = 11{,}5$ м/с.

| $V$ | I | 2 | 4 | 6 | 8 | I0 | II | II,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $h_з$ | 0,05 | I,57 | 7,65 | I7,8I | 32,02 | 50,28 | 60,94 | 66,65 |

Максимально допустимое из условий превышения скорости значение замедления рабочей тахограммы.

$$a_p = 0{,}9853 \frac{10^2 - 0{,}5^2}{1{,}32 \cdot 10^2 - 1^2} = 0{,}75 \text{ м/с}^2.$$

Рабочая тахограмма рассчитывается по формуле:

$$h_p = A_p V^2 + C_p \quad \text{, где}$$

$$A_p = \frac{1}{2 \cdot 0{,}75} = 0{,}667 \; ; \quad C_p = 0{,}05 - \frac{0{,}5^2}{2 \cdot 0{,}75} = -0{,}1167$$

| $V$ | 0,5 | I | 2 | 4 | 6 | 8 | I0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $h_p$ | 0,05 | 0,55 | 2,55 | I0,55 | 23,88 | 42,55 | 66,55 |

Критическую тахограмму рассчитываем по формуле

$$h_к = A_к V^2 + B_к V + C_к \text{, где}$$

$$A_к = \frac{1}{2 \cdot 1{,}5} = 0{,}333 \; ; \quad B_к = \left(1 + \frac{1}{1{,}5}\right) 0{,}92 + 0{,}1 = 1{,}6333 ;$$

$$C_к = \frac{1 \cdot 0{,}92^2}{2}\left(1 + \frac{1}{1{,}5}\right) - 6 = -5{,}2945.$$

| $V$ | 0 | I | 2 | 4 | 6 | 8 | I0 | II,5 | I2 | I3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $h_к$ | -5,29 | -3,32 | -0,69 | 6,57 | I6,5 | 29,I | 44,37 | 57,57 | 62,3 | 72,27 |

Рассчитанные тахограммы предоставлены на рис. 2.

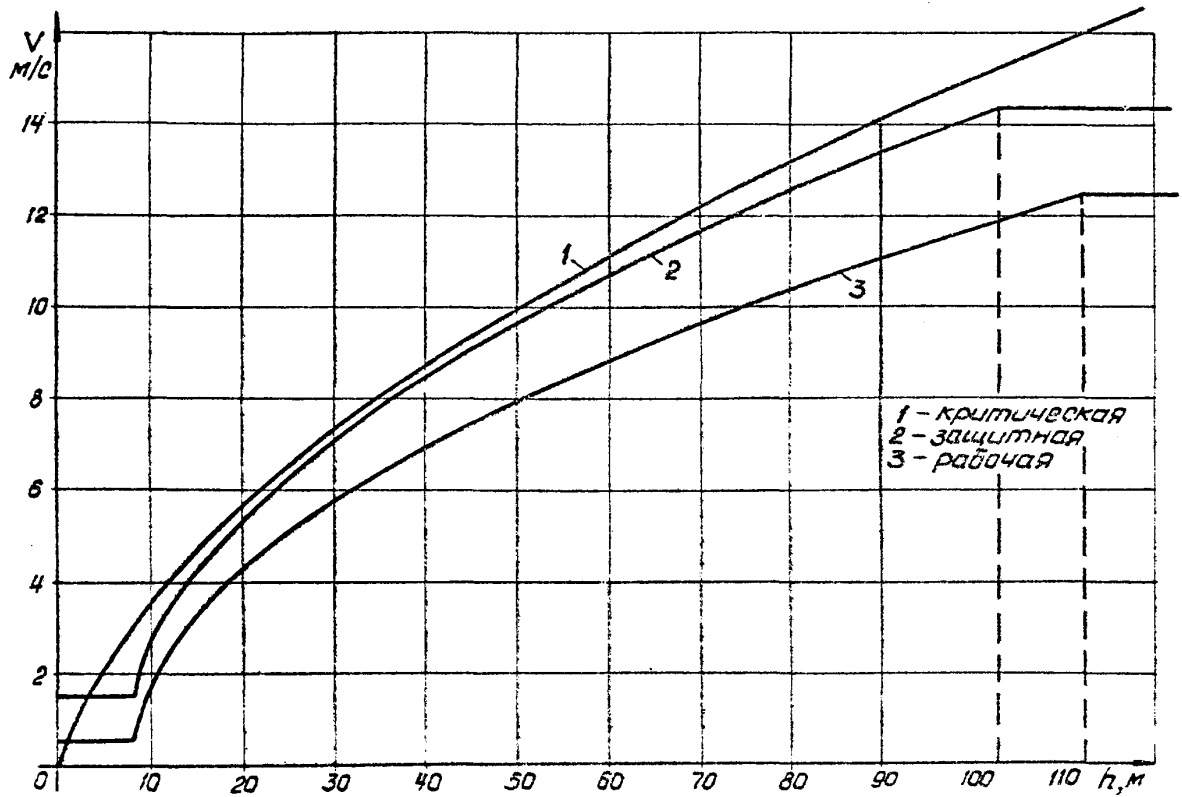

V
м/с
14
12
10
8
6
4
2
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
h, м
1
2
3
1 – критическая
2 – защитная
3 – рабочая

Рис. 1

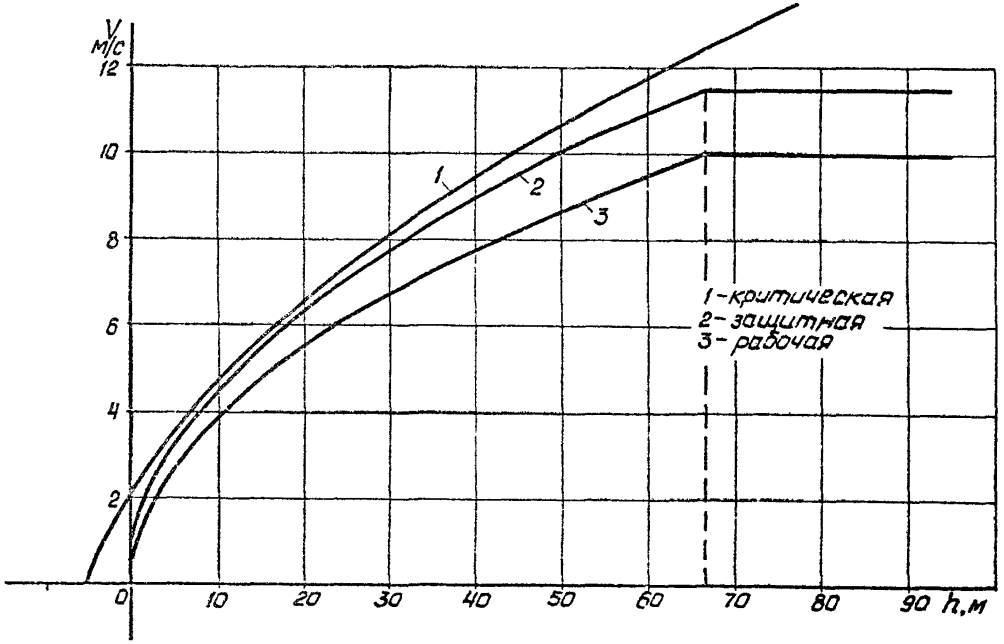

V
м/с
12
10
8
6
4
2
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
h,м
1
2
3
1-критическая
2-защитная
3-рабочая

Рис. 2

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. - М.: Недра, 1973, - 512с.
2. Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок. - М.: Недра, 1982. - 391с.
3. ОСТ 12.24.189-80. Система стандартов безопасности труда. Ограничители скорости шахтных подъемных установок. Общие технические требования. Методы испытаний. Введен с 01.07.1982г. -21с.
4. Мурзин В.А.,Решетников В.И.,Шатило А.Н. Защита рудничных подъемных установок от превышения скорости.- М.: Недра,1974. -176с.
5. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. - М.: Недра, 1976. - 303с.
6. Методические указания к расчету тормозного момента и проверочному расчету на нескольжение канатов в режимах предохранительного торможения подъемных машин со шкивами трения. ВНИИГМ им. М.М.Федорова 1984г.


gost.e-ecolog.ru

ВП 04735 18./.84г.Зак.35
Объем п.л.2 Тир.350 ВНИИГМ