

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ КРАНОВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ

НОРМЫ РАСЧЕТА

ОСТ 24 .090.85-88

Издание официальное

УТВЕРДЕНО

Указанием Министерства тяжелого,
энергетического и транспортного
машиностроения СССР

от 23.08.88 № ВА-002-1/9670

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ КРАНОВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ.

НОРМЫ РАСЧЕТА

ОСТ 24.090.85-88

Первый заместитель
начальника Главного
научно-технического
управления Минтяжмаш СССР

В.А.Мазукин

Начальник отдела экономики,
качества, стандартизации,
аттестации, метрологии
Главного научно-технического
управления

А.Н.Полтарецкий

Зам. директора
по научной работе ВНИИТМАШ

А.С.Липатов

Зав. отделом стандартизации,
унифицированных узлов и
аттестации качества ПТМ

Н.М.Колпаков

Зав. комплексным отделом
систем автоматизированного
управления и электропривода

В.П.Богачев

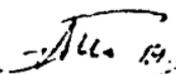
Руководитель темы,
гл. конструктор проекта

А.Г.Юре

Исполнитель,
зам. зав. отделом

Е.А.Лексанов

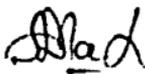
Соксполнителя:

Гл. инженер СКБ "Строймаш"  А.М.Толпин

Зав. отделом СКБ "Строймаш"  Е.М.Певзнер

СОГЛАСОВАНО

Зам. директора ВНИИТИ
ПО "Динамо" Минэлектротехпрома
СССР



А.Д.Машкин

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

Электроприводы кранов
грузоподъемных

Нормы расчета

ОСТ 24.090.85-88

ОКСТУ 3183

взамен РТМ 24.090.81-85

Дата введения 01.07.89г.

Срок действия до 01.01.92

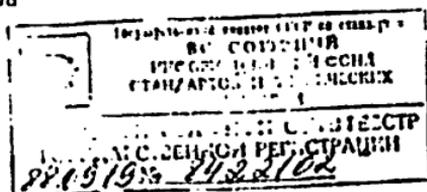
Настоящий стандарт устанавливает основные положения и нормы расчета, а также выбора параметров электрооборудования грузоподъемных кранов с электроприводом.

Стандарт распространяется на установку электрооборудования кранов, предназначенных для эксплуатации в климатическом исполнении У, ХЛ, Т категории размещения 1, 2, 3 по ГОСТ 15150-69 и высоты над уровнем моря не более 1000м. На установку электрооборудования, предназначенного для эксплуатации в условиях, отличительных от вышеуказанных, дополнительные рекомендации приведены в справочном приложении.

Стандарт не распространяется на электрооборудование кранов специального назначения: краны с автономной электроэнергетической установкой, судовые краны, краны-штабелеры.

Издание официальное

Перепечатка
воспрещена



1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ

1.1. Условия эксплуатации электрооборудования на кранах характеризуются следующими параметрами: коэффициентом нагружения, циклом работы по ГОСТ 25546-82, относительной продолжительностью включения и числом включений в час по правилам устройства и безопасной эксплуатации кранов Госгортехнадзора, именуемых далее по тексту правилами Госгортехнадзора.

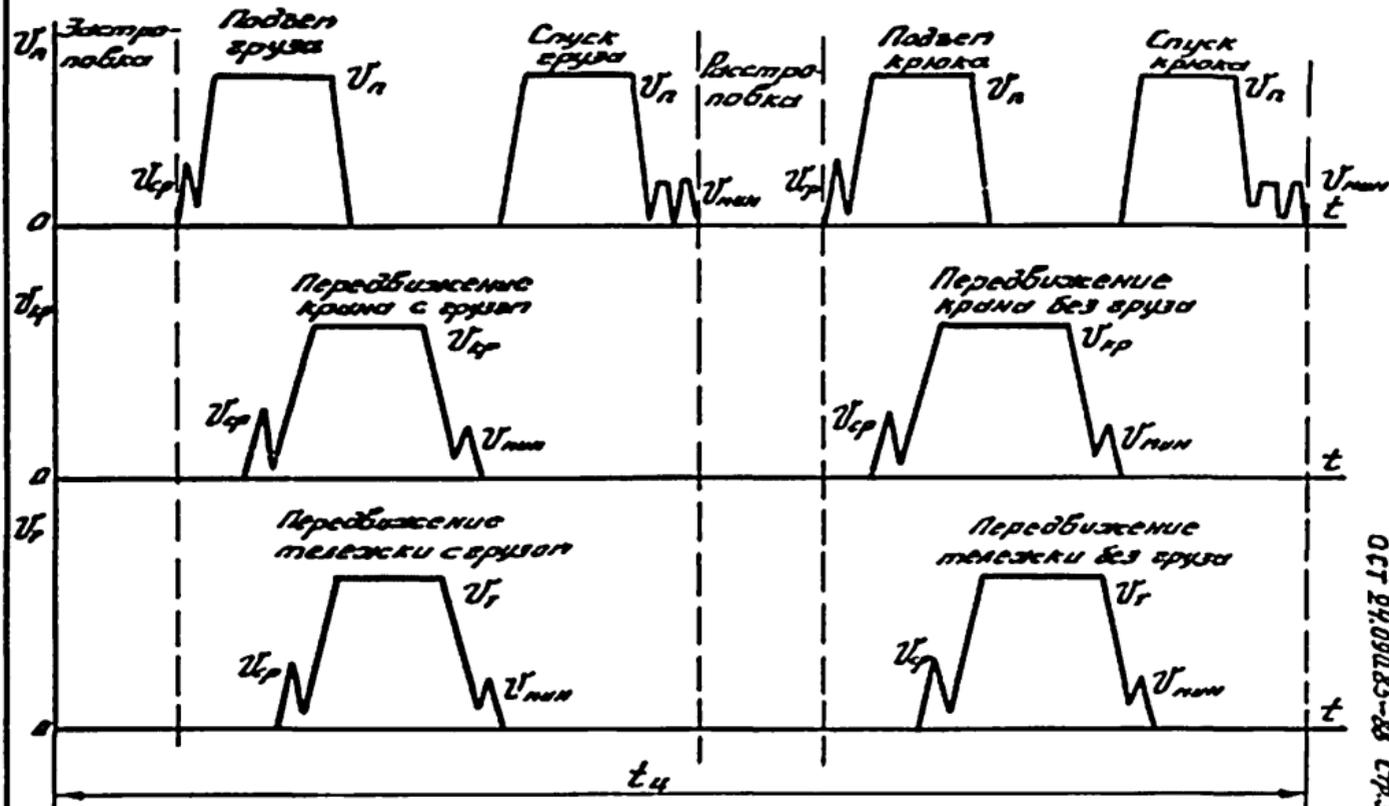
1.1.1. Цикл работы крана.

Цикл работы крана состоит из перемещения груза по заданной траектории и возврата к исходному положению для нового цикла. Число циклов работы крана в час входит в понятие производительности крана. В цикле работы крана время включения и работы каждого механизма $\sum t_p$ чередуется с временем отключенного состояния $\sum t_n$ этого механизма, когда включен другой механизм, происходит застроповка (расстроповка) груза или технологическая пауза.

Максимальная продолжительность цикла работы механизма $\sum t_p + \sum t_n$ нормированная ГОСТ 183-74 составляет 600 с. При фактической продолжительности одного цикла работы механизма более 600 с он условно разделяется на законченные составные части, например, движение в одном направлении и паузу после этого движения общей продолжительностью не более 600 с. Условная тахограмма цикла работы крана приведена на черт. 1.

Краны для перегрузочных операций в технологическом процессе грузообработки, например, контейнерные краны, грейферные краны, перегрузочные краны стучих грузов, башенные строительные краны, лесопогрузчики, технологические краны металлургии, краны целлюлозно-бумажной промышленности, перегрузочные краны металлбаз, вторчермета и другие имеют многократно и постоянно повторяющиеся гру-

Тахограмма цикла работы крана



Черт. 1

зовые циклы с тахогравмой, близкой к приведенной по черт. 1.

Краны машиностроительных производств, судостроения, монтажные и разнообразные ремонтные краны не имеют повторяющихся циклов работы. Такие краны относятся к грузоподъемным машинам с условно циклической работой.

1.1.2. Режим работы электропривода любого механизма крана при циклической работе характеризуется относительной продолжительностью включения ПВ% (ГОСТ 183-74), включая регулирование скорости, числом включений в час и величиной эквивалентного момента статических сопротивлений на валу двигателя при нормативной для механизма относительной продолжительности включения.

1.2. Обозначения, принятые в стандарте

1.2.1. Состав цикла, производительность, режим работы кранов и механизмов:

- t_u - время одного грузового цикла, с;
- Σt_p - суммарное время работы механизма за цикл, с;
- t_n - время паузы за цикл для операций застроповки и расстроповки грузов, с;
- Σt_n - суммарное время паузы в цикле работы механизма, с;
- $t_{раз}$ - время разгона от скорости равной 0 до номинальной скорости, с;
- f - число циклов работы крана в час;
- R - производительность крана, т/ч;
- E_p - расчетная относительная продолжительность включения механизма, % ПВ;
- Z - число включений механизма за один цикл работы крана;
- N - нормированное число включений в час механизма;
- N_p - расчетное число разгонов механизма в час до наибольшей скорости;
- $K_{кр}$ - число часов работы крана в сутки
- D - число рабочих суток в год

- N_{PK} - расчетное число пусков механизма до наибольшей скорости и торможений противовключением короткозамкнутых двигателей;
- N_{TP} - заданное число торможений в час механическим тормозом;
- IK-8K - режимы работы кранов по ГОСТ 25546-82;
- IM-6M - режимы работы механизмов по ГОСТ 25835-83;
- $K_{вкл}$ - коэффициент приведения числа включений в час к числу разгонов в час до конечной скорости;
- H - средняя за цикл высота подъема крана (подвески), м;
- L_K - расчетный путь перемещения крана в одном направлении за цикл, м;
- L_T - расчетный путь перемещения тележки (стрелы) в одном направлении за цикл, м;

1.2.2. Основные параметры механизмов:

- G - масса крана (тележки, поворотной части), кг;
- Q - масса номинального груза, кг;
- $Q_{ср}$ - масса среднего за смену груза, кг;
- q - масса крана (подвески, грейфера, магнита и т.п.), кг;
- W_H - сопротивление передвижению (повороту) от трения, уклона в установившемся режиме движения с номинальным грузом, Н;
- W_B - сопротивление передвижению (повороту) от ветровой нагрузки в рабочем состоянии по ГОСТ 1451-77, Н;
- $W_{стр}$ - наибольшее усилие при изменении вылета стрелы, передвижении каретки, Н;
- $W_{p\delta}$ - сопротивление передвижению (от трения, уклона) без груза, Н;
- D_K - диаметр ходового колеса, м;
- D_B - диаметр грузового барабана, м;
- $D_{ш}$ - диаметр тормозного шкива, м;

U - передаточное число механизма;

U_n - передаточное число полиспафта;

$\sum J_{\text{общ}}$ - суммарный момент инерции электродвигателя и поступательно движущихся и вращающихся частей, приведенный к валу электродвигателя, кг м²;

η - КПД механизма;

$m_{\text{кв}}$ - число приводных колес;

m_k - число механизмов передвижения;

m_n - число механизмов подъема;

α - отношение числа приводных колес к общему числу колес;

φ - коэффициент трения колес о рельсы:

$\varphi = 0,2$ в помещении - колеса по сухим рельсам;

$\varphi = 0,12$ на открытом воздухе - колеса по мокрым рельсам;

K_{3c} - коэффициент запаса сцепления;

$K_{3c} = 1,5$ - для кранов взрывобезопасного исполнения;

$K_{3c} = 1,05$ - для кранов обычного исполнения;

a_p - расчетное ускорение механизма передвижения (груза при повороте) для выбора двигателя по параметрам пуска, м/с²;

$a_э$ - эксплуатационное ускорение механизмов (для выбора начальных значений пусковых моментов) м/с²;

$a_{p\delta}$ - максимальное ускорение механизма передвижения без груза, допускаемое по условиям сцепления, м/с²;

v_n - номинальная скорость подъема, м/с²;

v_r - номинальная скорость передвижения крана (тележки, каретки), м/с;

v_b - номинальная линейная скорость поворота (груза) м/с;

v_{prg} - средняя скорость передвижения крана (тележки, каретки), м/с;

$v_{срв}$ - средняя линейная скорость поворота, м/с;

n_b - частота вращения механизма поворота, об/мин;

- R - радиус поворота груза на стреловом кране, м;
 $R_{кр}$ - расчетный радиус вращающихся масс, м;
 ΔS - заданный выбег при торможении, м;
 D_p - заданный диапазон регулирования скорости;
 v_{loc} - наибольшая допустимая скорость посадки груза, м/с;
 δ - точность остановки механизма, мм;
 $K_{рс}$ - коэффициент регулирования скорости

I.2.3. Основные параметры выбираемых электродвигателей:

- P_p - расчетное значение мощности выбираемого электродвигателя, кВт;
 $P_{ст}$ - мощность на валу при установившемся движении, кВт;
 P_H - номинальная мощность электродвигателя по каталогу, кВт
 при номинальной относительной продолжительности включения;
 ϵ_0 - номинальная относительная продолжительность включения % ПВ,
 по в.т.д. для крановых двигателей $\epsilon_0 = 40\%$ ПВ;
 $M_{ст}$ - момент статических сопротивлений, приведенный к валу электро-
 двигателя, Н·м;
 $M_{ст экв}$ - эквивалентный момент статической нагрузки за цикл, Н·м;
 M_p - момент на валу электродвигателя при P_p , Н·м;
 $M_{п}$ - пусковой момент электродвигателя, Н·м;
 M_H - момент на валу двигателя при номинальной мощности P_H , Н·м;
 $M_{рп}$ - расчетное значение пускового момента электродвигателя, Н·м;
 $M_{п мин}$ - наименьший момент, развиваемый двигателем при пуске и
 частоте вращения равной нулю, Н·м;
 n_p - частота вращения электродвигателя, соответствующая мощнос-
 ти P_p , об/мин;
 n_0 - синхронная частота вращения наибольшей скорости, об/мин;

- S_H - скольжение ротора электродвигателя, соответствующее номинальной мощности P_H , в относительных единицах;
- $S_{ст экв}$ - скольжение ротора при моменте $M_{ст экв}$;
- $cos \varphi_H$ - коэффициент мощности, соответствующий P_p ;
- I_{1p} - ток статора электродвигателя, соответствующий расчетной мощности P_p , А;
- U_H - номинальное напряжение сети, В;
- $I_{кз}$ - ток короткого замыкания на вводе крана, А;
- $M_{тр}$ - расчетный тормозной момент тормоза, Нм;
- h_0 - допустимое число пусков в час вхолостую для двигателя;
- K_g - коэффициент потерь при пуске без внешнего момента инерции;
- $\eta_{дв}$ - КПД электродвигателя;
- $\eta_{пр}$ - КПД преобразователя энергии.

1.2.4. Параметры электропривода:

- $\eta_{экв}$ - эквивалентный КПД электропривода: отношение затраченной за цикл энергии к полезной энергии перемещения;
- $\eta_{экв 0}$ - эквивалентный КПД электропривода при отсутствии потерь на пуски и торможения;
- K_H - коэффициент использования электропривода в целом;
- K_3 - коэффициент запаса на непредвиденные дополнительные нагрузки;
- K_p - коэффициент использования электродвигателя для различных систем регулирования;
- K_H - коэффициент нагрузки при нестандартном напряжении;
- $U_{пр}$ - напряжение преобразователя, В:
+ повышенное напряжение
- пониженное напряжение
- K_0 - коэффициент условий охлаждения;
- K_{II} - коэффициент учета статической нагрузки;
- P_T - мощность питающего кран трансформатора, кВА;

1.3. Состав цикла работы крана

1.3.1. Основные параметры цикла крана характеризуются либо конкретной тахограммой выполнения грузовой операции (для специальных кранов с заданной траекторией движения груза), либо усредненной тахограммой цикла для кранов универсального назначения.

Основные классификационные параметры мостовых и козловых кранов общего назначения приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1.
Расчетные классификационные параметры кранов

Группа:	Пауза режима: для подготовки, работы: застроповки и крана : расстроповки гру- за, с	: Среднесуточное : время работы (вклю- : чения) электродви- : гателя подъем, час : (не более) : $K_{ср}$: Среднее : число циклов работы : в час : ξ
1К	300	до 1,0	3-4
2К	220	св 1 до 2	4-5
3К	150	св 2 до 3	5-7
4К	100	св 2,5 до 3	7-10
5К	80	св 3 до 4	10-14
6К	60	св 4 до 8	14-20
7К	30	св 10 до 10	20-28
8К	20	св 10 до 15	свыше 28

Расчетное число циклов в час мостовых, козловых и порталных кранов универсального назначения определяется по формуле:

$$\xi = \frac{3600}{t_{\Sigma}} = \frac{3600}{\frac{4,2 K_{ср} H}{v_{н}} + 1,35 K_{ср} \left(\frac{L_{к}}{v_{ср к}} + \frac{L_{г}}{v_{ср г}} \right) + t_{п}} \quad (1,1)$$

если заказчик не указал конкретного числа циклов в час в виде задания.

Рекомендуемые параметры H , L_K , L_T приведены в приложении 2. Средние скорости $V_{\text{ср } K}$ и $V_{\text{ср } T}$ определяются по черт. 2 в зависимости от установленных скоростей V_K и V_T для путей перемещения L_K и L_T

$K_{\text{рс}}$ - коэффициент регулирования скорости (см. черт. 3)

Производительность кранов определяется по формуле

$$\Omega = \frac{Q_{\text{ср}} f}{10^3} \quad (1.2)$$

При определенной производительности крана и известной продолжительности одного грузового цикла относительная продолжительность включения определяется по формулам:

Механизм подъема

$$\epsilon_{\text{п}} = \frac{4,2 \cdot \rho_{\text{с}} H / V_{\text{п}} + a^2 \Sigma t_{\text{п}}}{t_{\text{ц}}} 100 \quad \% \text{ ПВ} . \quad (1.3)$$

Механизм передвижения крана (поворота)

$$\epsilon_{\text{к}} = \frac{2L_K / V_{\text{ср } K} + a^2 \Sigma t_{\text{п}}}{t_{\text{ц}}} 100 \quad \% \text{ ПВ} , \quad (1.4)$$

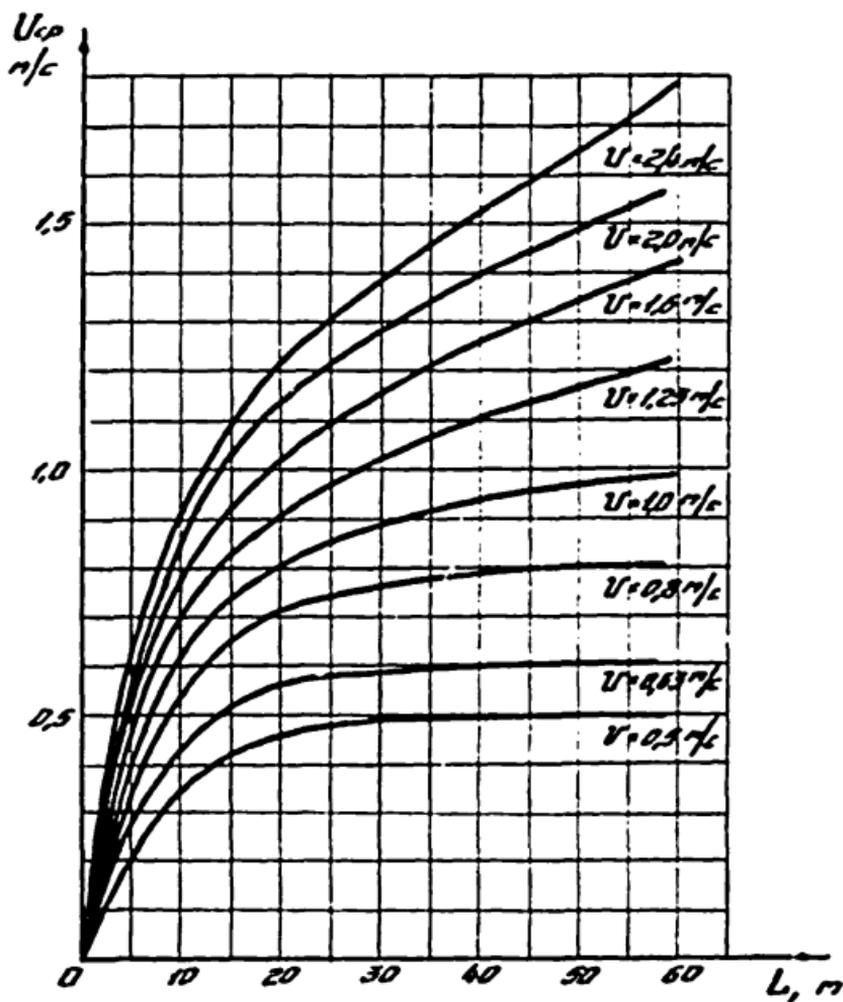
где L_K для механизма поворота - длина дуги, описываемой грузом при повороте.

Механизм тележки (каретки, стрелы)

$$\epsilon_{\text{к}} = \frac{2L_T / V_{\text{ср } T} + a^2 \Sigma t_{\text{п}}}{t_{\text{ц}}} 100 \quad \% \text{ ПВ} \quad (1.5)$$

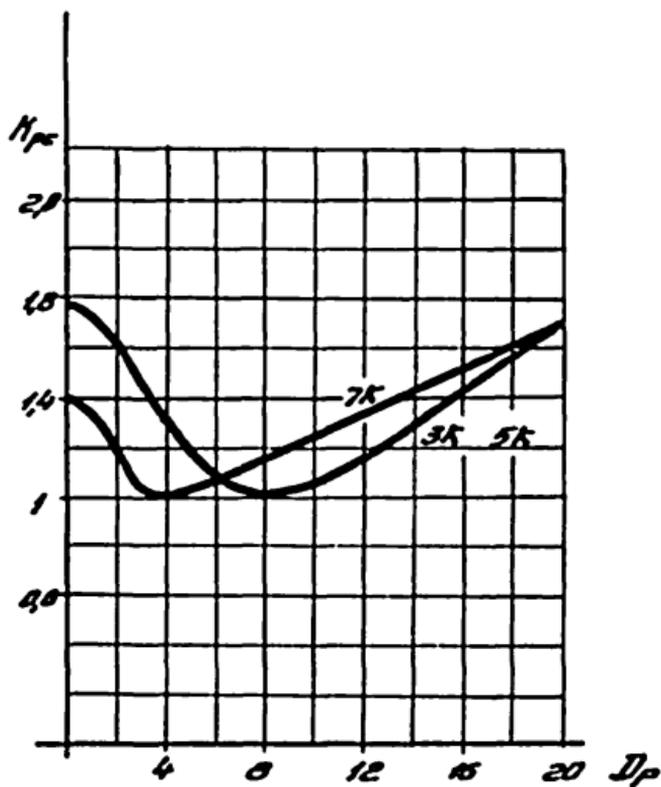
где L_T - для механизма стрелы длина изменения точки подвеса груза при изменении вылета стрелы.

Средние скорости горизонтального передвижения



Черт. 2

Коэффициент регулирования
скорости



Черт. 3

Для механизмов кранов с условно циклической работой расчетная относительная продолжительность включения механизма определяется за период условного цикла 600 с по формуле

$$\xi_p = \frac{\sum t_p}{360} \quad \% \text{ ПВ}, \quad (I.6)$$

где $\sum t_p$ - суммарное время работы механизма (с) за период времени 3600 с

1.3.2. За цикл работы крана происходит определенное количество включений механизмов, в число которых входит как минимально необходимое число пусков до наибольшей скорости движения и соответствующее число торможений, так и некоторое дополнительное количество включений (толчков). Согласно типовой тахограмме цикла крана, представленной на черт. I, в состав включений входит: для механизма подъема 4 разгона \mathcal{Z}_1 до наибольшей скорости V_H , принимаемой за единицу, 2 разгона \mathcal{Z}_2 до промежуточной скорости V_{cp} , для выбирания слабину каната, 4 разгона \mathcal{Z}_3 до малой скорости V_{min} для обеспечения точной остановки груза, итого $\mathcal{Z}_1 + \mathcal{Z}_3 + \mathcal{Z}_2 = 10$ включений за цикл.

Для механизма передвижения (поворота) в среднем 2 разгона до наибольшей скорости, 2 разгона до промежуточной скорости, (для галения раскочки) и 2 разгона до малой скорости, для корректировки вывода груза в заданную точку, итого 6 включений за цикл.

Приведение количества включений за цикл к эквивалентному по потерям числу пусков до наибольшей скорости за цикл производится через коэффициент приведения $K_{вкл}$ по формуле

$$K_{вкл} = \frac{\mathcal{Z}_1 + \mathcal{Z}_2 \left[1 - \left(1 - \frac{V_{cp}}{V_H} \right)^2 \right] + \mathcal{Z}_3 \left[1 - \left(1 - \frac{V_{min}}{V_H} \right)^2 \right]}{\mathcal{Z}_1 + \mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_3} \quad (I.7)$$

Для всех механизмов кранов при усредненной типовой тахограмме $K_{\text{вкл}} \approx 0,6$. При других нетиповых соотношениях больших, средних и малых скоростей за цикл $K_{\text{вкл}}$ определяется по формуле (I.7).

Правилами Госгортехнадзора установлено среднее за смену число включений в час N механизмов кранов с различной интенсивностью использования.

Расчетное число пусков в час до наибольшей скорости будет равно

$$N_p = K_{\text{вкл}} N \quad (\text{I.8})$$

Для кранов универсального назначения с тахограммой движения согласно черт. I при $K_{\text{вкл}} \approx 0,6$

$$N_p = 0,6 N \quad (\text{I.9})$$

I.4 Классификация кранов, механизмов и электрооборудования по режимам работы

I.4.1. Группа режима работы кранов по ГОСТ 25546-82 устанавливается в зависимости от общего количества циклов работы кранов за срок службы и коэффициента нагружения крана $Q_{\text{ср}}/Q_n$. При отсутствии этих исходных данных группа режима работы крана устанавливается по приложению к ГОСТ 25546-82.

I.4.2. Группа режима работы механизмов кранов устанавливается по ГОСТ 25835-83 в зависимости от нормы времени работы механизма до капитального ремонта и коэффициента нагружения механизма. При отсутствии этих исходных данных группу режима работы механизмов можно установить по приложению к ГОСТ 25835-83. Группа режима работы механизмов увязана с Европейской классификацией режимов

FEM 9.68I и FEM 9.682 (секция I Европейской федерации по подъемно-транспортному оборудованию).

1.4.3. Ранее действовавшая классификация электрооборудования по условиям использования в составе механизмов на кранах приведена в Правилах Госгортехнадзора.

Классификационные данные электрооборудования с учетом ГОСТ 25835-83 приведены в табл. 1.2 и являются исходными условиями расчета и выбора электрооборудования.

1.5. Общие условия выбора электродвигателей

1.5.1. Электродвигатели для привода крановых механизмов выбираются по условиям обеспечения выполнения цикла, т.е. пуска при любых расчетных нагрузках с заданными параметрами ускорения и отсутствия недопустимых превышений температуры токоведущих частей и других узлов при длительной циклической работе или кратковременной перегрузке в результате нескольких пусков подряд.

1.5.2. Наибольшее время одного разгона короткозамкнутого электродвигателя в составе электропривода при наибольшей расчетной статической нагрузке не должно превышать 3с.

Наибольшее время одного разгона двигателя постоянного тока или двигателя переменного тока с фазным ротором в составе электропривода не должно превышать 6с (предпочтительное время разгона не более 5с). Величины расчетных скоростей и ускорений механизмов устанавливаются такими, чтобы $t_{pдз} = \sqrt{P}/a_p$ не превышало указанных выше значений.

1.5.3. Тепловая проверка выбранного электродвигателя переменного тока с фазным ротором и двигателя постоянного тока производится по методу эквивалентного КПД $\eta_{эkv}$, характеризующего полные потери за цикл в обмотках выбранного электродвигателя.

Таблица I.2

Режим работы электродвигателей

Группа : Расчетные параметры электрооборудования и механизмов крана, режима : принятые в стандарте работы :					
кранов по ГОСТ 25546- 82	Группа ре- жимов рабо- ты механиз- мов по ГОСТ 25835-83	Относитель- ная продол- жительность включения : ПВ % : расчетная ϵ_p	Нормирован- ное число включений : N_p	Расчетное время ра- боты в год но : более, : ч	Интенсивность использования : число включений за : 600с наиболее ин- : тенсивного исполь- : зования
1К; 2К	1М	15	60	250	50
2К; 3К	2М	15	60	250	50
3К; 4К	3М	25	90	500	60
4К; 5К	4М	40	120	1000	80
6К					
6К; 7К	5М	40	240	2500	100
8К	6М	60	360	4000	120

Потери энергии в электродвигателе за цикл при заданной расчетной мощности статической нагрузки $P_{ст}$ определяются величинами:

- $\eta_{экв \sigma}$ - эквивалентным КПД электропривода в статическом режиме;
- $\eta_{экв}$ - полным эквивалентным КПД электропривода при соответствующем приведенном числе разгонов;
- K_p - коэффициентом запаса на дополнительные потери в обмотках электродвигателя при регулировании скорости;
- K_o - коэффициентом условий охлаждения и теплоотдачи двигателя;
- K_3 - коэффициентом непродвиженных дополнительных нагрузок электропривода;
- K_H - коэффициентом дополнительных потерь при повышении рабочего напряжения сверх номинального значения;
- K_M - коэффициентом среднецикловой статической нагрузки электропривода;
- ε_p - расчетный относительной продолжительностью включения электродвигателя;

1.5.4. Группы крановых электроприводов классифицируются по расчетным энерго-механическим параметрам:

МП-АДК; К-АДК,

МК-АДК; МКР-АДК

$$\eta_{экв \sigma} = 0,83$$

- Электропривод переменного тока на основе короткозамкнутого односкоростного двигателя с пуском от сети переменного тока:

МП - магнитным пускателем; К - силовым контроллером; МК - магнитным контроллером, в том числе при регулировании напряжения статора МКР

МК-АДД; МКР-АДД;

К-АДД

$$\eta_{экв \delta} = 0,83$$

- Электропривод переменного тока на основе двухскоростного короткозамкнутого двигателя с пуском от сети переменного тока: К - силовым контроллером; МК - магнитным контроллером, в том числе при регулировании напряжения статора МКР

- К-АДФ;
 МК-АДФ;
 МКП-АДФ;
 КИ-АДФ;
 МКИ-АДФ
- Электропривод переменного тока на основе асинхронного двигателя с фазным ротором, торможением способом противовключения при управлении: К - кулачковым контроллером, КИ - кулачковым контроллером с импульсно-ключевым регулированием;
 МК-АДФ - магнитным контроллером без регулирования;
 МКП - магнитным контроллером с противовключением;
 МКИ - магнитным контроллером с импульсно-ключевым регулированием
- $\eta_{\text{экв.б}} = 0,76$
- КД-АДФ;
 МКД-АДФ;
 МКБ-АДФ;
 МКДИ-АДФ
- Электропривод переменного тока на основе асинхронного двигателя с фазным ротором и электродинамическим торможением при управлении:
 КД - кулачковым контроллером, МКД - магнитным контроллером, МКБ - магнитным контроллером с безугловой коммутацией, МКДИ - магнитным контроллером с ТРН и динамическим торможением
- $\eta_{\text{экв.б}} = 0,81$
- МКД-АДФ+
 +АДД
- Двухдвигательный электропривод переменного тока на основе асинхронного двигателя с фазным ротором, двухскоростного короткозамкнутого двигателя и электродинамического торможения
- $\eta_{\text{экв.б}} = 0,81$
- ТРН-АДФ
 ТРНД-АДФ
- Электропривод переменного тока на основе асинхронного двигателя с фазным ротором при управлении: ТРН - через тиристорный регулятор напряжения статора, ТРНД - через тиристорный регулятор напряжения статора и динамическое торможение
- $\eta_{\text{экв.б}} = 0,78$
- ПЧ-АДД
- Электропривод переменного тока на основе двухскоростного к.з. двигателя при питании через тиристорный преобразователь частоты с непосредственной связью (циклоконвертор)
- $\eta_{\text{экв.б}} = 0,90$

- ПЧИ-АДК - Электропривод переменного тока на основе асинхронного к.з. двигателя с питанием через инверторный преобразователь частоты 5-100 Гц;
 $\eta_{\text{экв.с}} = 0,94$
- К-ДП;МК-ДП - Электропривод постоянного тока при параметрическом управлении при помощи: К - силового контроллера; МК - магнитного контроллера;
 $\eta_{\text{экв.с}} = 0,81$
- ПД-ДП - Электропривод постоянного тока при питании и управлении двигателя через тиристорный преобразователь;
 $\eta_{\text{экв.с}} = 0,94$
- ГД - Электропривод постоянного тока при питании электродвигателя от индивидуального генератора постоянного тока;
 $\eta_{\text{экв.с}} = 0,94$

1.5.5. Расчетные коэффициенты использования электроприводов крановых механизмов:

Коэффициенты запаса на дополнительные потери в обмотках электродвигателя при регулировании скорости выбираются в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Коэффициент запаса на регулирование скорости

Группа : режима : механизма :		Коэффициент K_p				
ма		Система регулирования				
		МК-ДП;К-ДП	К-АДФ	КД-АДФ	МК-АДП	Относительное время
		ГД	МК-АДФ	МКД-АДФ	К-АДП	работы на малой скорости
		ПД-ДП	КМ-АДФ	МКБ-АДФ	МКР-АДП	ти % от общего времени
		ПЧИ-АДП	МКП-АДФ	ТРПД-		работы за цикл
		ПЧИ-АДК	МКМ-АДФ	АДФ		
			ТРН-АДФ			
ПМ-ЗМ	1,0	1,32	1,15	1,2	50	
4М	1,0	1,22	1,1	1,2	25	
5М	1,0	1,15	1,05	-	15	
6М	1,0	1,08	1,0	-	7	

K_H - для механизмов подъема, см. п. 3.2.4.;

- коэффициенты $K_H = 0,85$ для механизмов моста и поворота,

$K_H = 0,7$ - для механизмов передвижения тележки или каретки.

Таблица I.4

Параметры электропривода

Группы режимов механизмов	ε_p	ε_o	K_3	N_p
4М	0,25	0,4	1,0	72
5М	0,4	0,4	1,0	144
6М	0,6	0,4	1,2	240

Коэффициент условий охлаждения K_o определяется по черт. 4;

- при использовании тиристорных электроприводов постоянного тока при напряжении на выходе преобразователя $U_{пр}$, отличающемся от номинального напряжения двигателя U_H , коэффициент K_H определяется по формуле

$$K_H = \sqrt{\frac{U_H + U_{пр}}{U_H (1 + \varepsilon_o / \varepsilon_H)}} \quad (I.10)$$

Для всех остальных систем $K_H = 1$.

Расчетные параметры $\varepsilon_p; \varepsilon_o; K_3; N_p$ выбираются из табл. I.4.

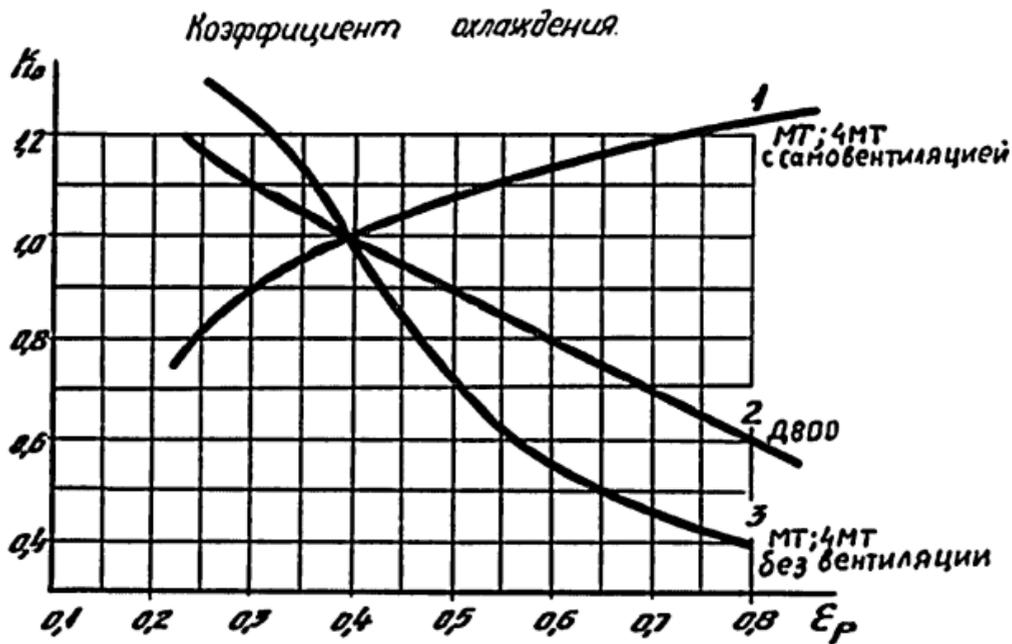
I.5.6. Суммарный момент инерции механизма с электродвигателем, приведенный к одному электродвигателю, определяется по формуле

$$\sum J_{одм} = 1,3 J_{гв} + \frac{g_1(G + q + \frac{Q}{\sqrt{2}}) v^2}{m_k n_p^2} \quad (I.11)$$

где v - линейная скорость поступательно движущихся частей механизмов и груза, м/с.

Приведенное число разгонов до номинальной скорости определяется по формуле

$$N_p' = N_p \frac{\sum J_{одм}}{1,2 J_{гв}} \quad (I.12)$$



Черт. 4

По данным черт. 5 для примененной системы управления и рассчитанного по формуле (I.12) приведенного числа разгонов до номинальной скорости определяется полный эквивалентный КПД электропривода

$\eta_{\text{эkv}}$

I.5.7. Определение величины расчетной установленной мощности двигателя по параметрам средне-квадратичной цикловой нагрузки производится по формуле

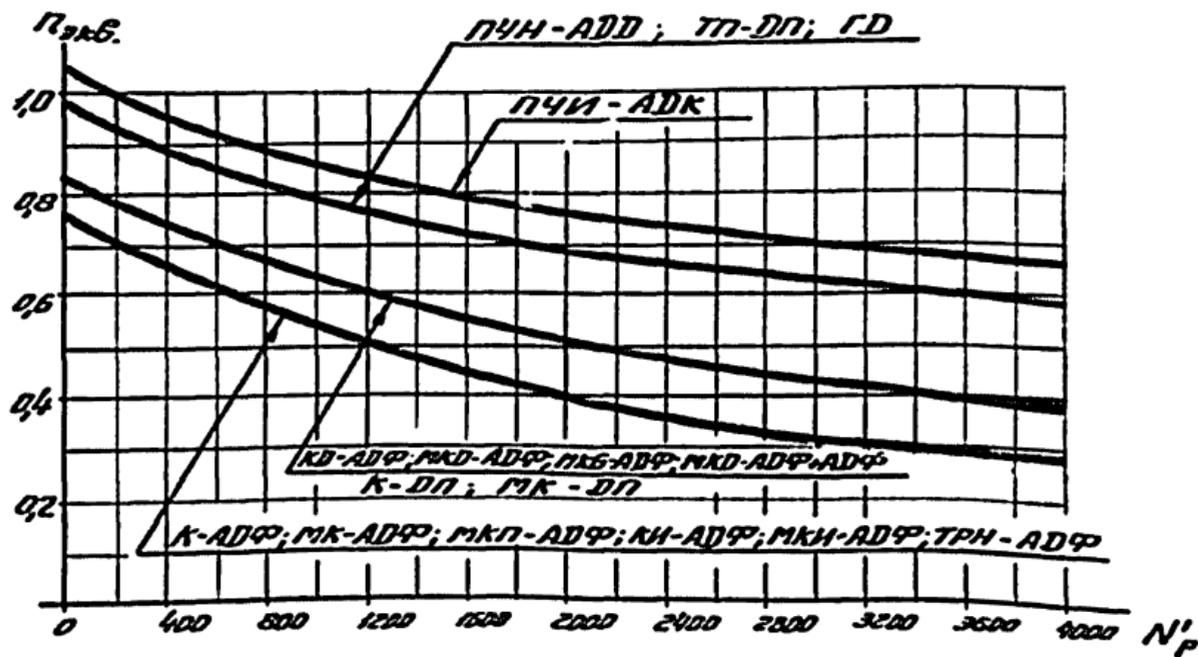
$$P_p = \frac{K_p K_{\text{н}} K_3 \eta_{\text{эkv.д.}} K_{\text{н}} \sqrt{\epsilon_p / \epsilon_0} P_{\text{ст}}}{K_0 (1,25 \eta_{\text{эkv}} - 0,2 \eta_{\text{эkv.д.}})} \quad (\text{I.13})$$

Выбираемый двигатель должен иметь номинальную мощность режима ПВ 40% не ниже мощности P_p , определенной по формуле (I.13). В этом случае двигатель не будет иметь недопустимых превышений температуры в расчетном режиме использования.

I.5.8. Тепловая проверка крановых короткозамкнутых электродвигателей производится по роторным потерям для двигателей механизмов групп режимов 4М, 5М. Правомерность проверки по роторным потерям обосновывается тем, что расчетная относительная продолжительность включения ϵ_p близка к номинальной относительной продолжительности включения ϵ_0 .

В результате проверки устанавливается для заданного значения $P_{\text{ст}}$ и предварительно выбранного двигателя с P_p допустимое число разгонов и торможений в час способом противовключения при $\epsilon_p=0,4$. Найденное допустимое значение числа разгонов и торможений в час противовключением должно быть выше половины, нормированного для данной группы режимов, числа разгонов в час согласно формуле (I.9), а для двухскоростных электродвигателей - N_p .

Эквивалентные КПД электропривода



Черт. 5

ОГТ 24.090.85-88 СР 23

Допустимое число разгонов и торможений противовключением в час определяется по формуле (для передвижения)

$$N_{гон} = \frac{0,46 \cdot 10^3 \text{ тк } n_0 (M_H S_H \epsilon_0 - M_{стзкв} S_{стзкв} \epsilon_p)}{(G + q + \frac{R}{2}) v_r^2 (K_d + 2,2 \eta)} \quad (I.14)$$

Величина K_d определяется по черт. 6, а $\text{числ} 0,2$ при отсутствии противовключения и торможении механическим тормозом заменяется на нуль.

Допустимое число разгонов и торможений двухскоростных короткозамкнутых электродвигателей ^{передвижения} определяется по формуле

$$N_{гон} = \frac{0,56 \cdot 10^3 \text{ тк } n_0 (M_H S_H \epsilon_0 - M_{стзкв} S_{стзкв} \epsilon_p)}{v_r^2 (G + q + \frac{R}{2}) \left[\left(\frac{n_M}{n_0} \right)^2 + 2 \left(\frac{n_0 - n_M}{n_0} \right)^2 \right]} \quad (I.15)$$

Для механизмов ^{подъема} $N_{гон} = \frac{50 \cdot 10^3 (M_H S_H \epsilon_0 - M_{стзкв} S_{стзкв} \epsilon_p)}{J_{дв} n_0 K_d \left[\left(\frac{n_M}{n_0} \right)^2 + 2 \left(\frac{n_0 - n_M}{n_0} \right)^2 \right]}$,
где n_M — синхронная частота вращения малой скорости.

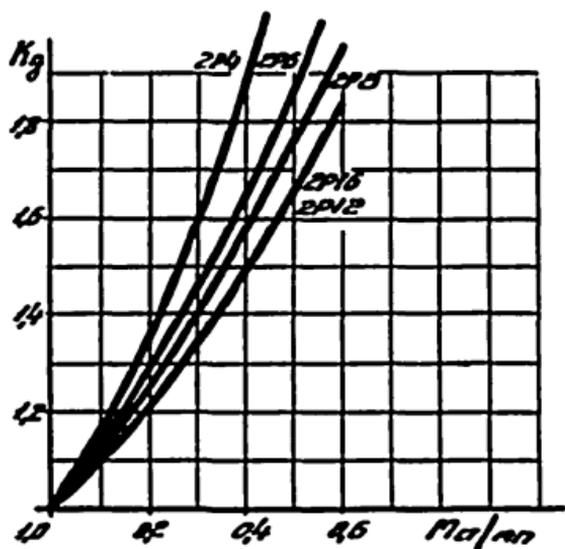
1.5.9. Тепловая проверка крановых модификаций односкоростных и двухскоростных электродвигателей одной серии осуществляется путем определения допустимого числа разгонов и торможений двигателя.

При моменте статической нагрузки $M_{ст}$ и режиме работы с относительной продолжительностью включения ϵ_p допустимое число пусков определяется по формуле

$$N_{гон} = h_0 K_{II} \frac{\sum \Delta P_{эл} J_{эв}}{\sum \Delta P_{мв} \sum J_{дв}} (1 - \epsilon_p) \left[\left(\frac{n_M}{n_0} \right)^2 + 2 \left(\frac{n_0 - n_M}{n_0} \right)^2 \right]^{-1} \quad (I.16)$$

где K_{II} — коэффициент учета статической нагрузки.

Коэффициент потерь при пуске



Черт. 6

При двигателе на 660В, включенном в сеть 380В:

$$0,1 M_H > M_{ст} \quad K_{II} = 1,1$$

$$0,2 M_H > M_{ст} > 0,1 M_H \quad K_{II} = 0,75$$

$$0,28 M_H > M_{ст} > 0,2 M_H \quad K_{II} = 0,5$$

При двигателе на 380В, включенном в сеть 380В:

$$0,3 M_H > M_{ст} \quad K_{II} = 0,9$$

$$0,6 M_H > M_{ст} > 0,3 M_H \quad K_{II} = 0,6$$

$$0,8 M_H > M_{ст} > 0,6 M_H \quad K_{II} = 0,4$$

$$0,9 M_H > M_{ст} > 0,8 M_H \quad K_{II} = 0,3$$

$\Sigma \Delta P$ - суммарные потери мощности электродвигателя рассчитываются по формуле

$$\Sigma \Delta P = P_H \frac{1 - \eta_{дв}}{\eta_{дв}} \quad (I.17)$$

Отношение $\frac{\Sigma \Delta P_{э}}{\Sigma \Delta P_{м}}$ рекомендуется принять равным 0,6 в режиме $\xi_o = 0,25$ для электродвигателей 4АС с высотой оси вращения от 80 до 132 мм, и это отношение принимается 0,8 в режиме $\xi_o = 0,4$.

При односкоростных электродвигателях величина $\eta_{т1} = 0$, а цифра 2, характеризующая режим торможения, заменяется на 1 для торможения механическим тормозом. Найденное по формуле (I.16) допустимое число разгонов (и торможений) должно быть выше нормированного числа разгонов, определенного по формуле (I.9). Если допустимое число разгонов меньше нормированного, двигатель по тепловым условиям не проходит.

Для двигателей с короткозамкнутым ротором тепловая проверка также может осуществляться по формуле (I.13) при знаменателе формулы

$$(4 \eta_{экв} - 3 \eta_{экв.б}).$$

Особенности выбора электрооборудования при эксплуатации кранов в среде с окружающей температурой выше 45°C или в условиях высокогорья приведены в приложении I (справочном).

2. РАСЧЕТ И ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ТОРМОЗОВ К МЕХАНИЗМАМ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

2.1. Общие условия расчета и выбора электрооборудования для механизмов горизонтального передвижения.

2.1.1. Условиями выбора электродвигателя механизмов горизонтального передвижения являются:

определение необходимой мощности для обеспечения движения механизма с ускорением заданной величины при наиболее неблагоприятных противодействующих факторах;

обеспечение работы без недопустимого перегрева по заданной циклограмме в соответствующем классификационном режиме;

исключение нарушения сцепления колес с рельсами при любой нагрузке на криже в условиях пуска и электрического торможения при обеспечении достаточно плавного разгона и торможения.

2.1.2. Для механизмов передвижения мостовых и козловых кранов, механизмов поворота стреловых кранов рекомендуется ограничение скоростных параметров согласно данным табл. 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1.

Рекомендуемые ограничения скоростей кранов,
работающих в помещении

Характеристика	Наименование механизма	Максимальная скорость, м/с							
		Условия использования							
		Управляемые с пола			Управляемые из кабины				
		Варьированные: ПМ-ЗМ	Варьированные: ПМ-ЗМ	Варьированные: ЗМ	4М	5М	6М		
Короткозамкнутые электродвигатели без регулирования пускового момента	Кран	0,6	0,6	1,0	-	-	-	-	
	Тележка	0,2	0,3	0,3	-	-	-	-	
	Поворот	0,6	0,6	-	-	-	-	-	
Короткозамкнутые двигатели с регулированием пускового момента	Односкоростные	Кран	-	0,8	0,8	1,0	0,8	0,7	-
		Тележка	-	0,5	0,3	0,8	0,8	0,7	-
	Двухскоростные	Кран	0,8	0,8	1,2	1,1	1,0	0,9	0,6
		Тележка	0,4	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,5
Электродвигатели с фазным ротором или постоянного тока с регулированием пускового момента	Кран	-	-	-	-	1,2	1,3	1,3	Ограничивается временем пуска не более 60
	Тележка	-	-	-	-	1,0	1,0	1,0	
	Поворот	-	-	-	-	-	1,3	1,3	

Ограничивается временем пуска не более 60

Ограничивается временем пуска не более 60

Таблица 2.2.

Рекомендуемые ограничения скоростей кранов,
работающих на открытом воздухе

Характеристика электропривода	:Наимено- : :вание : :механизма:	Максимальная скорость, м/с					
	Условия использования						
	: : : : : :	:Управляемые : :с пола :	:Управляемые из кабины				
	: : : : : :	:Взрыво- : :безопас- : :ные : :П-ЗМ :	:Взрыво- : :безопас- : :ные : :П-ЗМ :	: : : : : :	: : : : : :	: : : : : :	: : : : : :
Короткозамкнутые односкоростные электродвигатели без регулирования пускового момента	Крана	0,3	0,5	0,3	0,8	-	-
	Тележки	0,1	0,2	0,1	0,7	-	-
	Поворота	-	0,4	-	0,5	-	-
Короткозамкнутые двухскоростные электродвигатели с регулированием пускового момента	Крана	0,5	0,8	0,5	0,8	-	-
	Тележки	0,15	0,5	0,15	0,7	-	-
	Крана	0,6	0,8	0,6	1,0	0,7	-
	Тележки	0,2	0,5	0,2	0,7	0,5	0,5
Электродвигатели постоянного тока или с фазным ротором с регулированием пускового момента	Крана	-	-	-	1,0	Ограничивается временем пуска не более 6с	
	Тележки	-	-	-	0,7	Ограничивается временем пуска не более 4с	
	Поворота	-	-	-	0,5	Ограничивается временем пуска не более 6с	

2.1.3. Минимальная величина расчетного ускорения механизмов передвижения при применении электродвигателей с фазным ротором или электродвигателей постоянного тока, работающих в помещении определяется по формулам:

$$a_p = V/6 \quad , \quad \text{м/с}^2 \quad (2.1) \quad \text{группа режимов ПМ-4М}$$

$$a_p = V/5 \quad , \quad \text{м/с}^2 \quad (2.2) \quad \text{группа режимов 5М}$$

Оптимальное значение расчетного ускорения механизма передвижения в помещении $a_p = 0,3 \text{ м/с}^2$. Расчетная величина ускорения ниже $0,2 \text{ м/с}^2$ не рекомендуется. Величина расчетного ускорения механизма передвижения крана на открытом воздухе при применении электродвигателей постоянного тока или двигателей переменного тока с фазным ротором при $\alpha = 0,5$ $a_p = 0,2 \text{ м/с}^2$; при α выше 0,5 до 0,66 $a_p = 0,25$; при α выше 0,66 $a_p = 0,4 \text{ м/с}^2$.

Величина расчетного ускорения груза при повороте с наибольшим вылетом устанавливается по формуле $a_p = V/5 \text{ м/с}^2$ для механизмов режимных групп 3М-5М и праводных электродвигателей с фазным ротором.

2.1.4. Выбор величины расчетного ускорения a_p механизма для определения расчетной мощности короткозамкнутого двигателя производится для заданной величины скорости перемещения и необходимой частоты пусков в час в зависимости от группы режима работы механизма. Минимальное расчетное число пусков до конечной скорости разгона и торможения способом противовключения до остановки односкоростных короткозамкнутых электродвигателей определяется по формуле

$$N_{PK} = K_{БКЛ}^2 N \quad (2.3.)$$

где N — определяется по табл. 1.2 для заданной режимной группы механизма.

Расчетное число пусков до конечной скорости разгона и торможения переключением на малую скорость двухскоростных короткозамкнутых

электродвигателей N_p определяется по формуле (1.9.). В табл. 2.3 приведены значения расчетных ускорений механизмов и допустимого числа пусков и торможений N_{pk} способом противовключения крановых короткозамкнутых электродвигателей мощностью I,4 - II кВт. В табл. 2.4 приведены значения расчетных ускорений механизмов и допустимого числа пусков и торможений N_{pk} способом противовключения электродвигателей единых серий 2АС-АМК мощностью 0,7-8,5 кВт.

В табл. 2.5 приведем значения расчетных ускорений механизмов и допустимого числа пусков и последующих торможений на малой скорости двухскоростных короткозамкнутых электродвигателей серии АМК мощностью 0,7 - 8,5 кВт.

При заданной скорости передвижения v_r по табл. 2.3; 2.4; 2.1 для нормированного минимального значения $N_{pk} \cdot N_p$ устанавливается минимально допустимое значение расчетного ускорения a_p , для которого минимально допустимое число пусков и торможений не ниже установленного по формулам (1.9) и (2.3). Границы групп режимов работы механизмов на таблицах обозначены утолщенными линиями.

Таблица 2.3

Допустимое число пусков в час и торможений N_{pk} крановых короткозамкнутых электродвигателей мощностью I,4 - II кВт

Расчетное ускорение: $a_p, \text{ м/с}^2$	Допустимое число пусков в час и торможений противовключением при наибольшей скорости $v_r, \text{ м/с}$							
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
	Группа режима 4М 25% ПВ		15-25% ПВ группа режима 3М					
0,2	51	42,5	-	-	-	-	-	-
0,3	72	60	51	45	40	-	-	-
0,4	84	78	67	58	52	47	43	39
0,5	106	88	85	74	66	59	54	49
0,6	121	100	86	73	76	68	62	57
	Группа режима 5М 40% ПВ		Группа режима 4М 25% ПВ					

Таблица 2.4

Допустимое число пусков в час и торможений $N_{\text{пр}}$
электродвигателей единых серий 4АС-АНК
мощностью 0,7-8,5кВт

Расчетное: ускорение: $a_p, \text{м/с}^2$:	Допустимое число пусков в час и торможений при наибольшей скорости U_r , м/с								
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	
Группа: режима: 3М	Группа режима 2М				15-25% ПВ				
0,2	32	27	-	-	-	-	-	-	
0,3	45	37,5	32	28	25	-	-	-	
0,4	59	49	42	37	32	29	27	24	
0,5	73	61	52	45	40	36	33	30	
0,6	85	71	61	53	47	42	39	35	
	Группа режима 5М 40% ПВ	Группа режима 4М 25% ПВ				Группа режима 3М 15-25% ПВ			

Таблица 2.5

Допустимое число пусков в час и торможений N_p
двухскоростных короткозамкнутых двигателей
мощностью 0,7-8,5 кВт

Расчетное: ускорение: $a_p, \text{м/с}^2$:	Допустимое число пусков в час N_p и торможений на малой скорости при наибольшей скорости U_r , м/с								
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	
Группа: режима: 3М	Группа режима 3М				Группа режима 2М				
0,2	67	56	-	-	-	-	-	-	
0,3	80	76	58	52	50	-	-	-	
0,4	114	94	82	72	63	57	52	48	
0,5	136	114	99	86	76	69	62	58	
0,6	160	134	116	102	90	80	73	67	
	Группа режима 5М	Группа режима 4М				Группа режима 3М			

2.2. Предварительный выбор электродвигателей по условиям пуска при расчетном ускорении α_p

2.2.1. Выбор электродвигателей для механизмов передвижения тележек, кранов и механизмов поворота группы режимов работы ПМ-5М, а также взрывобезопасных кранов группы режимов 4М, 5М осуществляется по расчетной мощности P_p кВт, величина которой должна быть ниже номинальной мощности выбираемого электродвигателя переменного тока при $\xi_p = 40\%$ ПВ и электродвигателя постоянного тока при $\xi_0 = 25\%$ ПВ.

Расчетная мощность определяется по формуле

$$P_p = \frac{0,66(G + q + Q) v_r a_p}{10^3 m_k \eta} + \frac{P_{ст}}{1,75} \quad \text{кВт}, \quad (2.4)$$

где $P_{ст}$ - наибольшая расчетная мощность на валу двигателя (при многодвигательном приводе каждого двигателя) при установившемся движении и величине сопротивления ветровой нагрузки 70% рабочего расчетного значения.

Для механизмов тележек и поворота грузоподъемность Q принимается равной 70% номинальной.

Формулы для определения $P_{ст}$ приведены в приложении 2 (справочном). Для механизмов горизонтального передвижения мостовых и козловых кранов, работающих на открытом воздухе расчетная мощность для обеспечения безусловного пуска электродвигателя при расчетной наибольшей рабочей ветровой нагрузке должна быть не менее значения, определяемого по формуле

$$P'_p = \frac{0,09(G + q + Q) v_r}{10^3 m_k \eta} + \frac{P_{ст макс}}{1,75}, \quad (2.5)$$

где $P_{ст макс}$ - наибольшая расчетная мощность на валу каждого из n двигателей передвижения при установившемся движении с ветровой нагрузкой расчетного рабочего значения.

В случае, если P'_p окажется выше P_p электродвигатель выбирается по P'_p .

В формулах (2.4 и 2.5) для механизмов поворота U_r и a_p линейная скорость и ускорение груза, а масса крана G с радиусом $R_{кр}$ приводится к радиусу перемещения R груза пропорционально $(R_{кр}/R)^2$

2.2.2. Номинальная частота вращения приводных электродвигателей выбирается с учетом следующих рекомендаций:

для односкоростных короткозамкнутых электродвигателей, включая взрывобезопасные, синхронная частота вращения должна приниматься 1000 об/мин при мощности свыше 1,4 кВт и 1500 об/мин при мощности до 1,4 кВт;

для двухскоростных короткозамкнутых электродвигателей, включая взрывобезопасные, синхронная частота вращения наибольшей скорости должна приниматься 1500 об/мин; синхронная частота вращения на обмотках малой скорости рекомендуется 500 и 375 об/мин.;

для асинхронных электродвигателей с фазным ротором мощностью до 40 кВт синхронная частота вращения рекомендуется 1000 об/мин, при мощности свыше 40 кВт синхронная частота вращения 600-1000 об/мин - в зависимости от возможности выбора нужного передаточного числа редуктора; двигатели с фазным ротором и с частотой 750 об/мин для механизмов передвижения применять не рекомендуется;

для электродвигателей постоянного тока по возможности быстрое исполнение параллельного возбуждения.

2.2.3. Выбор электродвигателей механизмов передвижения взрывобезопасных кранов групп режимов работы ПМ-ЗМ осуществляется по расчетной мощности P_p , величина которой должна быть ниже номинальной мощности выбираемого двигателя при $\epsilon_D = 25\%$ ПВ. Величина расчетной мощности определяется по формуле

$$P_p = \frac{1.1 \Psi (G + q + Q) v^2}{10^3 m_k \eta} + \frac{P_{ст}}{1.75} \quad (2.6)$$

При этом масса груза Q для механизмов моста и тележки принимается равной 0,5 номинальной грузоподъемности.

2.2.4. Выбор электродвигателей передвижения мостов быстроходных кранов группы режима работы 6М, используемых в помещениях металлургических производств производится по условиям предельных нагрузок, ограничиваемых сцеплением, чтобы исключить возможность недопустимой перегрузки двигателя в процессах пуска и торможения при наиболее интенсивном циклическом использовании с $t_{\text{пауз}} < 20\text{с}$.

Расчетная мощность определяется по формуле

$$P_p = \frac{G \cdot v_r \alpha K_{\text{вкл}}}{36 \cdot 10^3 \eta m_k} \sqrt{\frac{100 N v_r \eta}{\epsilon_0 \alpha}} \quad (2.7.)$$

где ϵ_0 - относительная продолжительность включения электродвигателя с фазным ротором 60% ПВ и 40% ПВ электродвигателя постоянного тока.

Величина P_p должна быть ниже номинальной мощности электродвигателя при паспортном режиме работы 40% ПВ и частоте вращения 1000-600 об/мин.

2.3. Проверка двигателя, предварительно выбранного по условиям пуска согласно п. 2.2.

2.3.1. Короткозамкнутые электродвигатели механизмов группы режимов ПМ-3М (в том числе для взрывобезопасных кранов), выбранные с учетом таблиц 2.3; 2.4; 2.5 по п. 2.2.1 и 2.2.3 проверяются на отсутствие нарушения сцепления (кроме механизмов поворота).

2.3.2. Короткозамкнутые электродвигатели механизмов группы режимов 4М-5М и двигатели передвижения мостов взрывобезопасных кранов группы режимов 4М проверяются на отсутствие нарушения сцепления и на необходимый запас по нагреву согласно п. 1.5.8.; 1.5.9.

2.3.3. Электродвигатели постоянного тока и переменного тока с фазным ротором механизмов тележек группы режимов ПМ-4М и механизмов

мостов группы режимов 3М-4М, выбранные по п. 2.2.1 проверяются на отсутствие нарушения сцепления.

2.3.4. Электродвигатели постоянного тока и переменного тока с фазным ротором всех механизмов группы режимов 5М-6М, выбранные по п. 2.2.1 проверяются на отсутствие нарушения сцепления и на необходимый запас по нагреву согласно п. 1.5.7.

2.3.5. Электродвигатели постоянного тока и переменного тока с фазным ротором механизмов группы режимов 6М, выбранные по п. 2.2.4 других проверок не требуют.

2.4. Проверка двигателей на отсутствие нарушения сцепления

Типовые механические характеристики электроприводов передвижения с фазным электродвигателем приведены на черт. 7. Типовые механические характеристики электроприводов передвижения с короткозамкнутыми электродвигателями приведены на черт. 8.

2.4.1. Общие условия движения механизмов передвижения без нарушения сцепления колес с рельсами соответствуют формуле

$$\frac{\varphi \alpha g (G + \vartheta) v_r}{K_{зс} 10^3 \eta} > \frac{M_{пмн} P_n}{M_n P_p} \left[\frac{a_{66}(G + \vartheta) v_r a_p}{10^3 \eta} + \frac{P_{ст}}{1,75} \right] + P_{ст} \eta^2. \quad (2.8)$$

После преобразования формула 2.8 имеет вид:

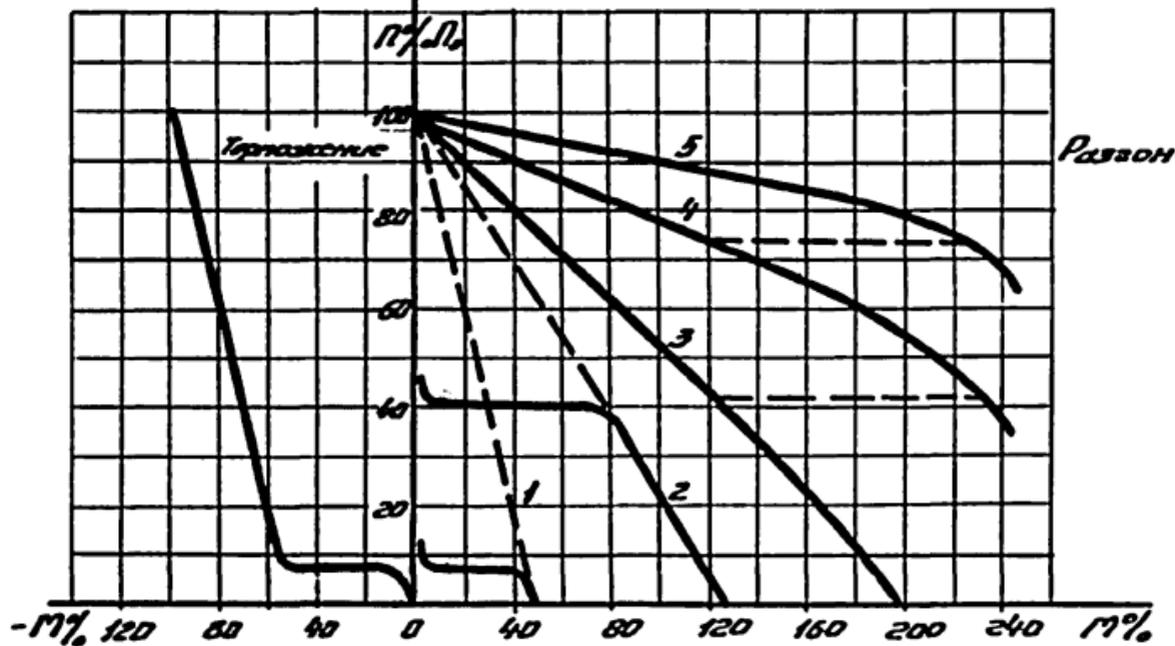
$$\alpha \frac{\varphi g (G + \vartheta)}{K_{зс} (G + \vartheta)} > \frac{M_{пмн} P_n}{M_n P_p} \left(a_{66} a_p + \frac{a g}{1,75 K_n} \right) + \frac{a_{72}}{K_n},$$

где $K_x = 10$ - для помещения; $K_x = 4$ - для открытого воздуха.

$M_{пмн}$ и M_n определяются по типовым механическим характеристикам черт. 7 и черт. 8 для условий движения на этой характеристике.

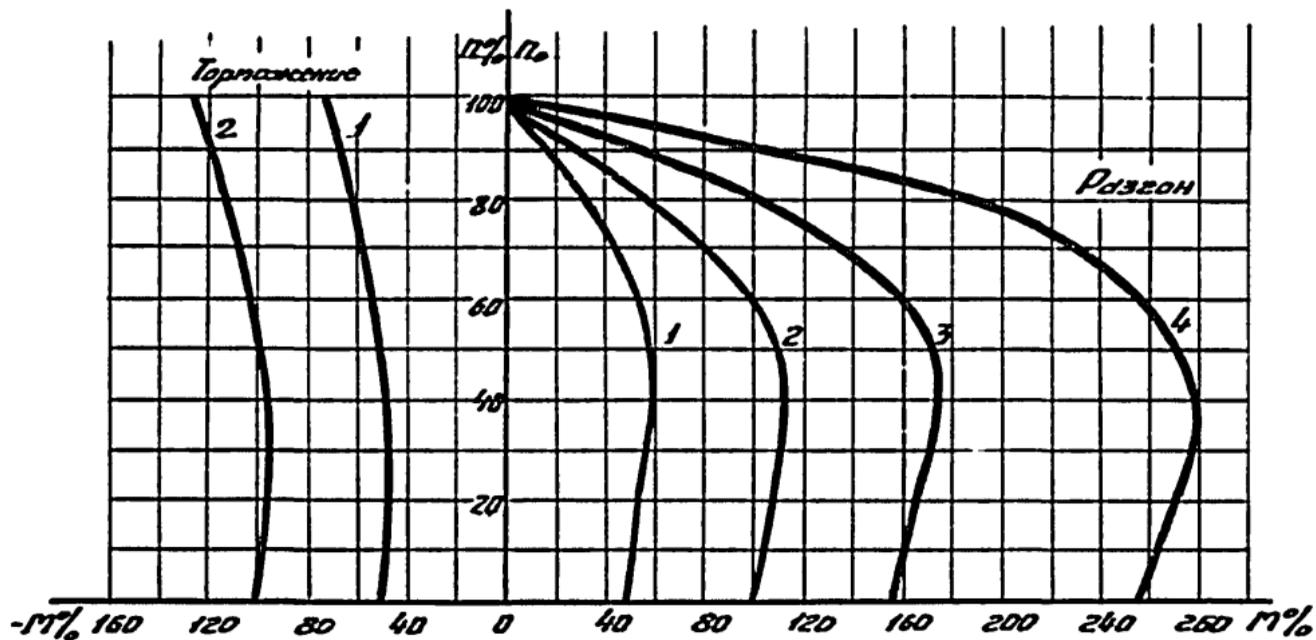
Конкретные условия обеспечения движения без нарушения сцепления определяются по формулам (2.9-2.14). Левая часть формул характеризует возможность сцепления, а правая часть пусковое усилие привода.

Механические характеристики электродвигателей
(двигатели с фазным ротором)



Черт. 7

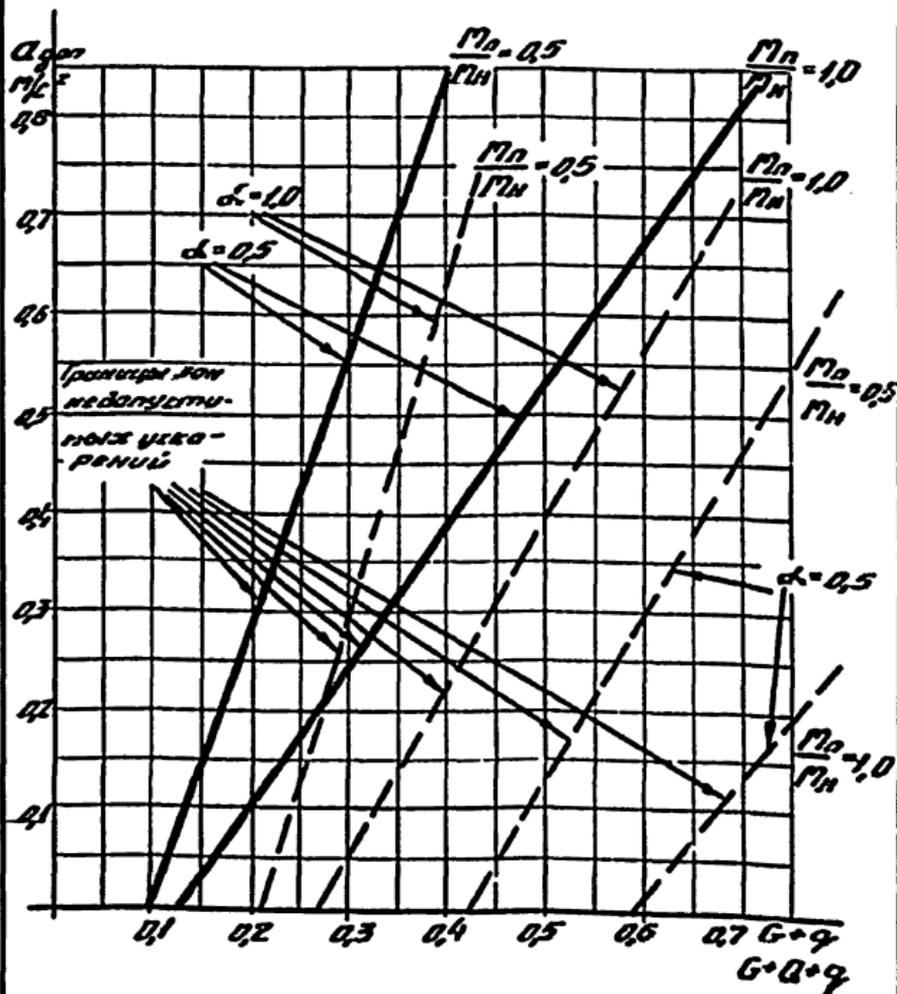
Механические характеристики электропривода
(короткозамкнутый электродвигатель)



**Зоны ускорений при разгоне
ненегазированной механизма**

Электродвигатель с регулируемым пусковым моментом

———— Помещение
- - - - - Открытой вазу

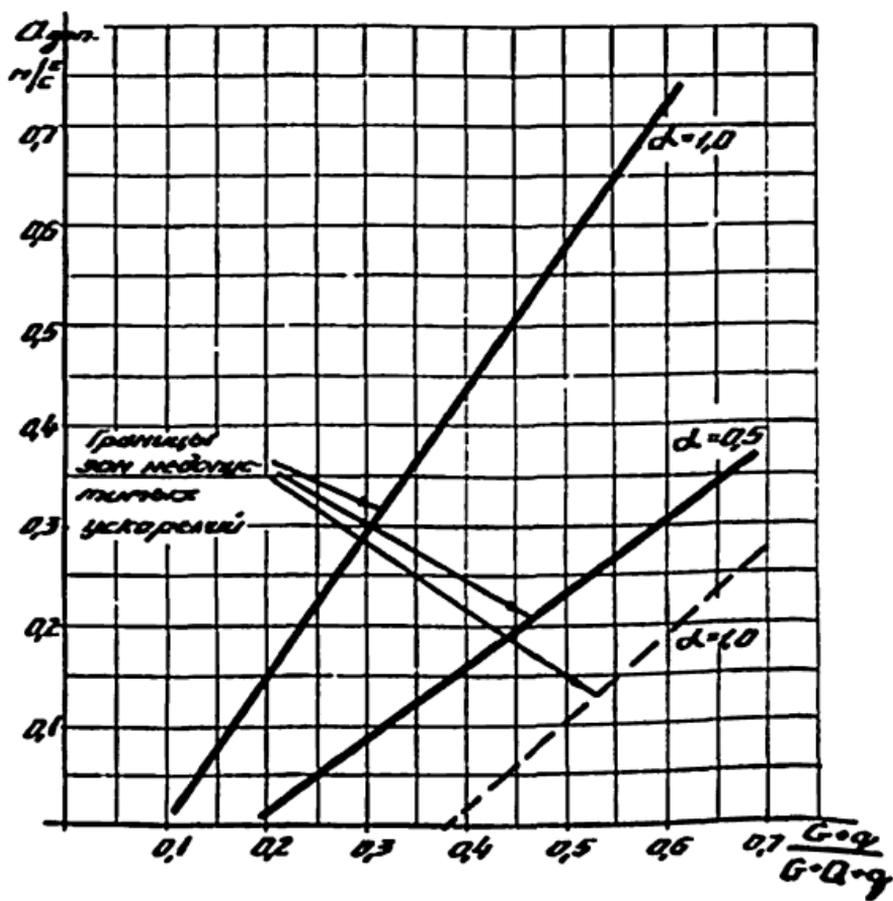


Черт. 9

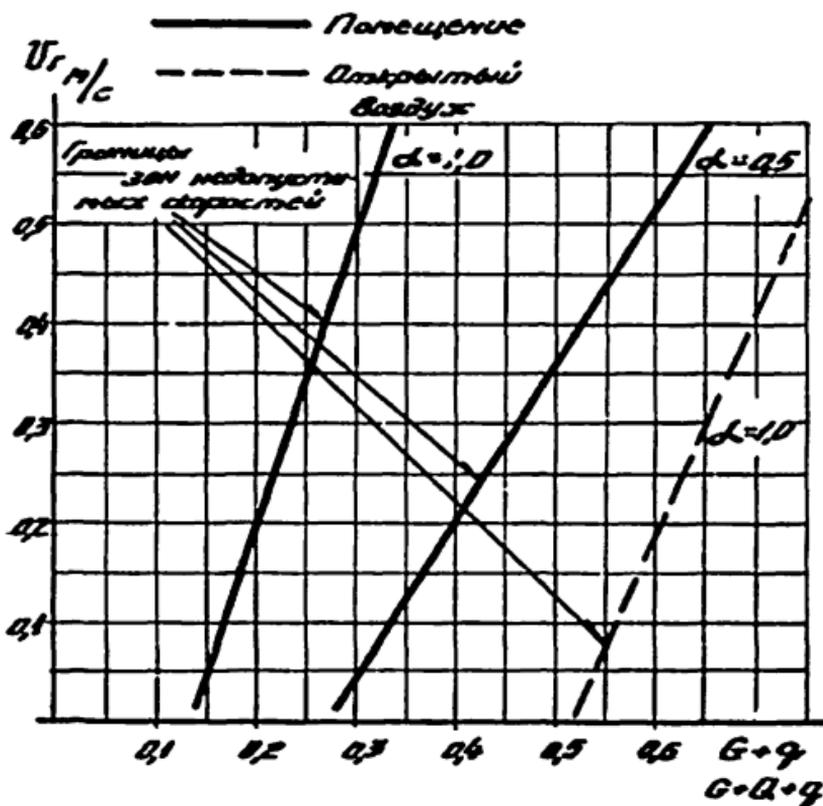
Зоны ускорений при развоне
ненедруженного те: изга
короткозамкнутого двигателя без
регулирования пускового момента

————— Помещение

----- Открытый воздух



Зоны скоростей ненагруженного механизма врыбобезопасного крана



Черт. 11

электродвигатели с регулируемым пусковым моментом механизмов тележек и мостов, работающих в помещении

$$\alpha \frac{G+q}{G+q+Q} - 0,038 > \frac{P_H M_{\text{пмин}}}{P_P M_H} (0,35 a_P + 0,027) \quad (2.9)$$

электродвигатели с регулируемым пусковым моментом механизмов тележек и мостов, работающих на открытом воздухе (против ветра)

$$\alpha \frac{G+q}{G+q+Q} - 0,158 > \frac{P_H M_{\text{пмин}}}{P_P M_H} (0,58 a_P + 0,114) \quad (2.10)$$

То же при движении по ветру

$$\alpha \frac{G+q}{G+q+Q} + 0,158 > \frac{P_H M_{\text{пмин}}}{P_P M_H} (0,58 a_{\text{дон}} + 0,114)$$

электродвигатели без регулирования пускового момента с короткозамкнутым ротором механизмов тележек и мостов (кранов), работающих в помещении

$$\alpha \frac{G+q}{G+q+Q} - 0,092 > 0,7 a_P \quad (2.11)$$

электродвигатели без регулирования пускового момента с короткозамкнутым ротором механизмов тележек и мостов (кранов), работающих на открытом воздухе (против ветра)

$$\alpha \frac{G+q}{G+q+Q} - 0,386 > 1,16 a_P \quad (2.12)$$

То же при движении по ветру $\alpha \frac{G+q}{G+q+Q} - 0,07 > 1,16 a_{\text{дон}}$

электродвигатели взрывобезопасных механизмов тележек и мостов (кранов), работающих в помещении, включая коэффициент запаса по сцеплению $K_{\text{зс}} = 1,5$.

$$\alpha \frac{G+q}{G+q+Q} - 0,133 > 0,33 v_T \quad (2.13)$$

электродвигатели взрывобезопасных механизмов, мостов (кранов), работающих на открытом воздухе (против ветра)

$$\alpha \frac{G+q}{G+q+Q} - 0,55 > 0,27 v_T \quad (2.14)$$

То же при движении по ветру $\alpha \frac{G+Q}{G+q+Q} - 0,1 > 0,27U_T$

На черт. 9 приведены граничные зависимости допустимых ускорений $a_{\text{доп}}$ механизмов с регулируемым пусковым моментом. На черт. 10 приведены граничные зависимости допустимых ускорений $a_{\text{доп}}$ механизмов с короткозамкнутыми электродвигателями. На черт. 11 приведены граничные зависимости допустимых скоростей механизмов взрывобезопасных кранов.

2.4.2. По формулам (2.9-2.14) определяются условия обеспечения движения механизмов при расчетном ускорении a_p (скорости U_T). Однако, учитывая, что на реальных механических характеристиках электропривода фактическое ускорение может отличаться от расчетного по характеристикам черт. 9-11 для конкретного значения $\frac{G+Q}{G+q+Q}$

находится максимально допустимое ускорение $a_{\text{доп}}$ для конкретного значения M'_{II}/M_{II} и по формуле (2.15) проверяется обеспечение движения без нарушения сцепления

$$\frac{U_T}{a_{\text{доп}}} = t_{\text{раз}} < \frac{(1,2J_{yB} + J_{\text{доб}}) m_k n_p^2 + 91U_T^2 (G+Q)}{9,55 m_k n_p (M'_{II} + M_{CT} \frac{W_{\text{pd}}}{W_H})} \quad (2.15)$$

где M'_{II} - средний пусковой момент электропривода, при котором производится разгон по черт. 7 и 8 по одной из характеристик, по которой этот разгон возможен.

Выполнение этого неравенства обеспечивается выбором надлежащих значений $M'_{II} U_T / n_p$. При невозможности изменить M'_{II} и U_T обеспечение сцепления может быть осуществлено увеличением времени пуска $t_{\text{раз}}$ (правая часть неравенства 2.15) за счет добавочного момента инерции на валу двигателя $J_{\text{доб}}$ при помощи массивной муфты.

Добавочный момент инерции $J_{\text{доб}}$ для реализации необходимого времени $t_{\text{раз}}$ в формуле (2.15) определяется по формуле

$$J_{\text{доб}} = \frac{9,55 (M'_{II} + M_{CT}) t_{\text{раз}} n_p - \frac{91 U_T^2 (G+Q)}{m_k} - (1,2J_{yB} n_p^2)}{n_p^2}$$

где (+) для открытого воздуха по ветру.

При этом для короткозамкнутых электродвигателей величина $t_{\text{раз}}$ не должна превышать 3ϵ и большое время $t_{\text{раз}}$ существенно ограничивает допустимое число пусков в час по условиям нагрева.

2.4.3. При определении параметра $\frac{G+q}{G+q+Q}$ на графиках черт. 9-II следует учитывать отношение давлений на колеса в нахудших сочетаниях, т.е. в знаменателе принимаются максимальные значения, а в числителе минимальная часть массы конструкции механизма, которая передает давление на ходовое колесо менее нагруженной стороны крана (в козловых кранах с консольным подвесом груза - на опоре стороны, противоположной грузу; в стреловом кране - на опоре противоположной вылету стрелы и т.п.) на башенных кранах при криволинейных путях.

Для мостовых кранов, работающих на открытом воздухе, тележки должны иметь $\alpha = I$, а мосты должны иметь $\alpha = I$ при пролете более 20м. У взрывобезопасных кранов, работающих в помещении, тележки должны иметь $\alpha = I$. У взрывобезопасных кранов, работающих на открытом воздухе, мосты должны иметь $\alpha = I$, а тележки должны иметь привод с нефрикционной связью.

Механизмы передвижения с многодвигательным электроприводом, в которых используется фрикционный способ (клатк-рельс) сложения механических характеристик (например, динамического торможения и двигательной) могут применяться только на кранах, работающих в помещении, при этом должно быть:

для механизмов передвижения крана $\alpha = I$;

для механизмов передвижения тележки $\alpha = I$

и следующее соотношение масс $\frac{G+q}{G+q+Q} \geq 0,4$

Минимальная величина пускового момента короткозамкнутого электродвигателя, включая взрывобезопасное исполнение, определяется

по формуле

$$M_{п} \geq M_{ст} \frac{1,2}{0,9^2 \cdot 0,85} = 1,75 M_{ст} \cdot \text{Нм} \quad (2.16)$$

где 1,2 - коэффициент запаса при пуске;

0,9 - возможное снижение напряжения на 10%;

0,85 - производственный допуск на пусковой момент.

Максимально допустимое расчетное значение начального пускового момента по условиям гарантированного сцепления определяется по формуле

$$M_{п} \leq \frac{\varphi \alpha \cdot W_{мин} D_K}{K_{\Sigma} 1,1^2 \cdot 2 \cdot \eta \cdot m_K} - M_{ст} \eta^2 \quad (2.17)$$

где $W_{мин}$ - наименьшее значение давления на ходовые колеса опоры кранов при крайнем положении тележки против опоры, Н;

$M_{ст}$ - момент статической нагрузки от усилий, действующих в направлении движения (для кранов на открытом воздухе), Нм.

Таким образом, начальный пусковой момент выбранного короткозамкнутого электродвигателя должен быть в пределах формул (2.16) и (2.17).

2.4.5. Если окончательно выбранный короткозамкнутый электродвигатель имеет чрезмерно большой пусковой момент, его ограничение в пределах формул (2.16) и (2.17) может быть осуществлено следующими способами:

в 1,35 раза путем включения последовательно обмоток двух двигателей, включенных в сеть 380В способом треугольника (двигатели МТКФ, 4АС);

в 1,73 раза - путем использования электродвигателя с номинальным напряжением 500В в сети 380В (электродвигатели МТКФ)

в 3 раза - путем использования электродвигателя с номинальным напряжением 660В в сети 380В (электродвигатели 4АС);

в 4 раза - путем использования двух электродвигателей, включаемых последовательно в сеть 380В и механически связанных между собой (электродвигатели МТКФ);

до необходимых значений - добавочными невключаемыми резисторами в цепи статора или включением встречно последовательно вторичной обмотки трансформатора (кроме взрывобезопасных исполнений).

2.4.6. Выбор пускового момента M_{II} короткозамкнутого электродвигателя для обеспечения пуска без груза и торможения методом противоклучения, осуществляется, исходя из условий обеспечения сцепления колес ненагруженного механизма, эксплуатационных ускорений $a_{э}$ и ограничения раскочки груза при пусках и торможениях (см. табл. 2.6).

Таблица 2.6

Эксплуатационные ускорения

$\frac{G+g+Q}{G+g}$	$\frac{M_{II}}{M_H}$		
	В помещении при эксплуатационном ускорении $a_{э} = 0,3 \text{ м/с}^2$	при эксплуатационном ускорении $a_{э} = 0,2 \text{ м/с}^2$	На открытом воздухе при эксплуатационном ускорении $a_{э} = 0,2 \text{ м/с}^2$
6	0,5	-	0,4
4	0,7	0,5	0,6
2	1,0-1,3	0,85	1,0-1,1

Величины добавочных резисторов в цепи статора $Z_{доб}$, устанавливаемые для получения указанных значений моментов, как для пуска, так и для торможения определяются по формуле

$$\tau_{доб} = \frac{U}{\sqrt{3} I_H} \left(\sqrt{\frac{M_H}{M_X} \cdot \cos^2 \varphi_K} - \cos \varphi_K \right) \quad (2.18)$$

$$\text{где } \cos \varphi_K = \cos \varphi_H \left[\frac{M_H I_H}{M_H I_H} \frac{\eta_H}{(1-s_H)} + 0,33 \frac{I_H (1-\eta_H)}{I_H} \right] \quad (2.19)$$

$M_H, I_H, \eta_H, s_H, \cos \varphi_H$ - номинальные данные двигателя;

M_{II}, I_{II} - пусковые данные двигателя.

Величины добавочных резисторов в цепи ротора двигателей с фазным ротором определяются по формуле

$$\tau_{доб} = \frac{U_p}{1,73 I_{pH}} \frac{M_H}{M_X} - \tau_{рот} \quad (2.20)$$

2.5. Проверка работы оперативного тормоза

2.5.1. Тормозной момент тормоза механизма передвижения при заданном выбеге ΔS определяется по формуле

$$M_{TP} = \frac{6,3 (G+g+Q) v^3}{m_k n \Delta S} \pm M_{CT} \quad \text{Нм}, \quad (2.21)$$

где знак (+) при нагрузке от попутного ветра.

Максимальная величина тормозного момента по условиям сцепления без груза должна быть не более величины, определяемой по формуле

$$M_{TP} = \frac{94 (G+g) v_r \alpha \varphi}{\eta m_k n p} \quad \text{Нм}. \quad (2.22)$$

2.5.2. Минимальная величина выбега на границе нарушения сцепления без груза

$$\Delta S = \frac{0,07 v_r^2 \eta (G+g+Q)}{\alpha \varphi (G+g)} \quad (2.23)$$

При заданных параметрах выбега ΔS по формуле (2.23) устанавливается отношение числа воздушных колес к общему числу колес α , а также возможность останова механизма без груза и без нарушения сцепления при таком α .

2.5.3. Мощность потерь, рассеиваемых тормозом при торможении, определяется по формуле

$$\Delta P = \frac{1,8 (G+g+Q) v_r^2 n_{TP}}{10^4 m_k} \left(\frac{M_{TP}}{M_{TP} + M_{CT}} \right) \left(\frac{n_r}{n_p} \right)^2, \quad (2.24)$$

где n_r - частота вращения вала торможения.

Допустимая мощность потерь, рассеиваемых колодочным тормозом:

$$\Delta P_{доп} = 360 D_w (10 D_w + 1) \quad (2.25)$$

Формула соответствует теплоотводу 0,1 Вт с 1 см² поверхности теплоотдачи вала при $\tau = 150^\circ\text{C}$.

2.5.4. Если в результате расчета ΔP окажется больше $\Delta P_{доп}$, необходимо либо выбрать тормоз большего размера, либо в дополнение к механическому торможению использовать электрическое, например, динамическое или противобуксовочное.

Тепловая проверка тормозов механизма передвижения со свободным выбегом не производится.

3. РАСЧЕТ И ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ТОРМОЗОВ К МЕХАНИЗМАМ ПОДЪЕМА ГРУЗА

3.1. Расчет и выбор электрооборудования для механизмов подъема, включая механизмы подъема стрелы, грузоподъемных кранов всех типов и назначений

3.1.1. Условиями выбора электродвигателя механизмов подъема являются:

достаточный пусковой момент для обеспечения уверенного пуска при наибольшей нагрузке, составляющей 110% номинальной грузоподъемности и номинальном напряжении электрической сети в пределах допуска по ГОСТ 13109-67 и ПУЭ;

достаточный тепловой запас электродвигателя при использовании в пределах нормированной фактической относительной продолжительности включения при заданном числе циклов (пусков и торможений в час).

3.1.2. Для механизмов подъема групп режимов работы ПМ-3М при мощности статической нагрузки до 30 кВт предпочтительно использование двухскоростных короткозамкнутых электродвигателей с диапазоном регулирования скорости от 1:4 до 1:6. Применять электродвигатели с фазным ротором при мощности менее 30 кВт рекомендуется только для режимов 4М-6М, а также при необходимости регулирования скорости выше 1:6.

3.1.3. Для мощностей статической нагрузки 30 кВт и выше предпочтительным является применение электродвигателей с фазным ротором или систем постоянного тока (в обоснованных случаях).

3.1.4. При номинальных скоростях подъема не выше 0,08 м/с следует применять системы с торможением противвлечением МКП-АДЭ.

При номинальных скоростях подъема выше 0,08 м/с до 0,6 м/с следует применять регулируемые системы с динамическим торможением с самовозбуждением МКП-АДЭ. Применение тиристорных систем постоян-

ного и переменного тока обосновывается технико-экономическими показателями (требованиями к регулированию скорости, точности и плавности остановки и т.п.).

3.1.5. Условный цикл механизма подъема груза на расчетную высоту H и опускания этого груза до исходного уровня с паузами после подъема и опускания кранов общего назначения (см. формулу I.I. и табл. I.I).

3.2. Статические нагрузки

3.2.1. Мощность на валу электродвигателя при подъеме номинального груза с номинальной скоростью v_n определяется по формуле

$$P_{ст} = \frac{(Q + q) v_n}{102 \eta m_n} \quad \text{кВт.} \quad (3.1.)$$

где m_n - коэффициент числа механизмов, поднимающих груз;

$m_n = 1$ для кранов с одной лебедкой подъема,

$m_n = 2$ для кранов с двумя лебедками подъема и общим грузовым канатом (контейнерные краны, краны со специальными захватами),

$m_n = 1,8$ для кранов с двумя лебедками с одинаковой передачей, двумя барабанами и общей механической связью,

$m_n = 1$ для кранов с двухканатным грейфером для замыкающей лебедки в процессе замыкания грейфера,

$m_n = 1,8$ при подъеме грузового грейфера совместно подъемной и замыкающей лебедками для одной любой лебедки.

3.2.2. Грузоподъемность крана является суммой номинальной массы груза и массы захватного устройства (грейфера, спредера, магнита и т.п.). Для механизмов изменения вылета стрелы $Q + q$ заменяется $F_{ср}/g$

Передаточное число редуктора определяется по формуле

$$U = \frac{\pi D \delta n_p}{60 v_n U_n} \quad (3.2)$$

Расчетная частота вращения электродвигателей n_p выбирается с учетом следующих рекомендаций:

для электродвигателей с фазным ротором, используемых на механизмах групп режимов работы ПМ-4М, рекомендуемая синхронная частота вращения - 1000 об/мин; при двухдвигательных электроприводах допускается применение электродвигателей с частотой вращения 750 об/мин;

для двухскоростных короткозамкнутых электродвигателей с двумя независимыми обмотками синхронная частота вращения наибольшей скорости - 1500 об/мин; у них синхронная частота малой скорости может быть: 250, 300, 375 об/мин;

для электродвигателей с фазным ротором, используемых на механизмах групп режима работы 5М мощностью от 20 до 75 кВт, рекомендуемая синхронная частота вращения - 1000 об/мин, при мощности свыше 75 кВт синхронная частота вращения должна быть - 600 об/мин;

для электродвигателей с фазным ротором, используемых на механизмах группы 6М, синхронная частота вращения 750-600 об/мин;

для электродвигателей постоянного тока, используемых на механизмах групп ПМ-4М - бистроходное исполнение;

для электродвигателей постоянного тока, используемых на механизмах групп 5М-6М - тихоходное исполнение.

3.2.3. Момент на валу электродвигателя при подъеме номинального груза определяется по формуле

$$M_{ст} = \frac{9560 P_{ст}}{\pi p} \cdot \eta_{п} \quad (3.3)$$

3.2.4. Средне-квадратичный момент статической нагрузки за цикл работы подъемного механизма определяется по формуле

$$M_{ср ст} = K_{п} \cdot K_{з} \cdot M_{ст} \quad (3.4)$$

где $K_{п}$ - коэффициент использования в зависимости от поднимаемого номинального груза;

$K_{п} = 0,7$ - для кранового крана;

$K_{п} = 0,8$ - для грейферного крана;

$K_{п} = 0,75$ - для контейнерного крана;

$K_H = 0,8$ - для магнитного крана;

K_3 - коэффициент запаса на условия работы при повышенной температуре окружающей среды до плюс 60°C или непредвиденной перегрузке;

$K_3 = 1$ - для кранов общего назначения и механизмов строительной индустрии в группе режимов ПМ-4М и 5М, для кранов металлургического производства;

$K_3 = 1,2$ - для всех ИТМ группы режимов 6М и металлургических кранов группы режимов 5М, работающих при температуре окружающей среды выше 40°C .

3.3. Предварительный выбор электродвигателя по пусковому моменту и режиму работы

3.3.1. Электродвигатель механизма подъема должен отвечать двум условиям:

при подъеме груза 110% номинального двигатель должен разогнать механизм подъема до номинальной скорости при наиболее неблагоприятных условиях, а именно при напряжении на зажимах электродвигателя 90% номинального, отрицательном допуске по пусковому и максимальному моменту - 10% и минимальной кратности среднего пускового момента к номинальному - 1,20 т.е.

$$M_{ст} < 1,4M_H < 0,55M_H < 0,68M_{мин} \quad (3.5)$$

где M_H - номинальный момент двигателя постоянного тока при ПВ 25% или номинальный момент двигателя переменного тока с фазным ротором при ПВ 40%;

M_H - пусковой момент односкоростного или двухскоростного короткозамкнутого двигателя на обмотке большой скорости;

$M_{мин}$ - минимальный момент в процессе пуска короткозамкнутого односкоростного и двухскоростного электродвигателя.

Примечание: При проверке по формуле (3.5) короткозамкнутого электродвигателя величина $1,4M_H$ не проверяется, а при проверке двигателя с фазным ротором величины $0,55M_H$ и $0,68M_{мин}$ не используются.

Номинальная мощность электродвигателя подъема $\epsilon_0 = 40\%$ ПВ для двигателей переменного тока и $\epsilon_0 = 25\%$ ПВ для электродвигателей постоянного тока должна быть равна или больше расчетной мощности P_p , определяемой по формуле

$$P_p = K_H K_3 K_p K_\epsilon K_{np} P_{ст}, \text{ кВт} \quad (3.6)$$

Данные коэффициентов относительной продолжительности включения K_ϵ и использования по грузоподъемности K_H , пусковых потерь K_{np} приведены в табл. 3.1. K_3 см. п. 3.2.4, коэффициент K_p см. табл. 1.3.

Таблица 3.1

Расчетные параметры механизмов подъема

Группы режимов:	ϵ_p	Расчетное число включений в час	K_ϵ	K_{np}
М-3М	0,25	90	0,82	1,0
4М	0,40	120	0,95	1,1
5М	0,40	240	1,0	1,25
6М	0,60	360	1,12	1,4

3.4. Проверка двигателя предварительно выбранного по п. 3.3.

3.4.1. Электродвигатели всех типов механизмов групп режимов М-3М (в том числе для взрывобезопасных кранов), выбранные по п. 3.3.1 дальнейшей проверки не требуют.

3.4.2. Короткозамкнутые электродвигатели (односкоростные и двухскоростные) группы режимов 4М проверяются на допустимое число пусков и торможений по п. 1.5.8. или 1.5.9.

3.4.3. Электродвигатели постоянного тока и переменного тока с фазным ротором групп режимов 4М-6М проверяются на необходимый запас по нагреву согласно п. 1.5.7.

3.5. Проверка вибражного тормоза по рассеиваемой энергии.

$K_{эТ}$ - коэффициент запаса торможения согласно статье 130 Правил Госгортехнадзора:

$K_{эТ} = 1,5$ - для группы режимов ПМ-3М;

$K_{эТ} = 1,75$ - для группы режимов 4М;

$K_{эТ} = 2,0$ - для группы режимов 5М;

$K_{эТ} = 2,5$ - для группы режимов 6М.

3.5.1. Тормозной момент тормоза должен быть равен или больше величины $M_{Тр}$, определяемой по формуле

$$M_{Тр} = K_{эТ} \cdot M_{ст} \cdot \eta^2, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (3.7)$$

3.5.2. В условиях установившегося теплового равновесия, т.е. при нагретых поверхностях трения, мощность потерь, рассеиваемых тормозом при циклах, состоящих из подъема и опускания груза, определяется по формуле

$$\Delta P = \frac{1,52 \sum J_{обл} n_T^2 N_p}{2 \cdot 10^6} \left(\frac{M_{Тр}}{M_{Тр} + M_{ст}} + \frac{M_{Тр} K_{нт}^2}{M_{Тр} - \eta M_{ст} + M_{э}} \right), \text{ Вт} \quad (3.8.)$$

где $M_{э}$ - средний момент электрического торможения (противоинклучения, динамического торможения), Н·м;

n_T - частота вращения начала торможения, об/мин;

$K_{нт}$ - коэффициент начала торможения: $K_{нт} = 0,5$ - для систем с электрическим торможением.

Допустимая мощность потерь, рассеиваемых колодочным тормозом при теплоотдаче 0,1 Вт с 1 см² поверхности к температуре $\zeta = 150^\circ\text{C}$

$$\Delta P_{доп} = 360 D_{ш} (10 D_{ш} + 1), \text{ Вт} \quad (3.9)$$

Диаметр шкива и частота вращения электродвигателя (и тормозного шкива) выбираются для условий обеспечения необходимого числа торможений.

4. ВЫБОР СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, АППАРАТУРЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

4.1. Условия выбора системы управления

4.1.1. Условиями правильности выбора системы управления и соответствующей пускорегулирующей аппаратуры являются:

необходимая термическая и динамическая устойчивость системы управления по отношению к возможным в эксплуатации токам;

достаточный ресурс по числу включений;

обеспечение минимальных затрат энергии на разгон и торможение механизмов;

обеспечение необходимого диапазона регулирования скорости и пускового момента;

снижение до требуемого уровня нагрузки на механические тормоза;

минимальная масса и стоимость электропривода;

минимальные эксплуатационные затраты.

Основные технические данные систем управления крановыми механизмами приведены в табл. 4.1.

4.1.2. P_r - мощность питающего трансформатора. Если она не известна, то применяются следующие значения:

мостовые и козловые краны грузоподъемностью до 10т общего назначения	400-630 кВА
мостовые и козловые краны грузоподъемностью свыше 10 до 32т общего назначения	630-1000 кВА
мостовые и козловые краны грузоподъемностью свыше 32т общего назначения, порталые краны, контейнерные перегружатели	1000-1600 кВА
специальные технологические краны металлургического и химического производства, рудно-угольные перегружатели, краны на электростанциях	4000 кВА

Параметры	Условные обозначения систем																						Взрывобезопасные краны			
	Электроприводы постоянного тока				Электроприводы переменного тока							системы														
	К-ДП	МК-ДП	ТП-ДП	ГД	ПЧН-АДК	МП-АДК	К-АДК	МК-АДК	ПЧН-АДК	МПК-АДК	К-АДК	КД-АДК	КН-АДК	МКП-АДК	ВТ-АДК	МКП-АДК	МКБ-АДК	ТРН-АДК	МДП-АДК	МКО-АДК	МКОК-АДК	МП-АДК	МК-АДК			
Способ управления	Сеть постоянного тока				Сеть переменного тока																					
Система управления																										
Зона регулирования	I-III квадрант				II-IV квадрант																					
Наибольшие параметры регулирования	ниже номинальной скорости				выше номинальной скорости				пускowego момента																	
	I:4 I:6 I:20 I:20				I:10 I:10 I:10 I:10				нет																	
	2:1 2:1 3:1 3:1				2:1				Регулирование скорости выше номинальной отсутствует																	
Исполнительный двигатель	Постоянного тока				С фазным ротором																		Короткозамкнутый		Двухскоростной короткозамкнутый	
	последовательного возбуждения		независимого возбуждения		Короткозамкнутый асинхронный двигатель			Двухскоростной короткозамкнутый двигатель																		
Диапазон мощностей, кВт	3-15	10-120	50-300	20-300	20-80	0,7-10	0,7-10	0,7-30	10-40	0,7-8	1,4-22	10-22	1,4-15	3-100	10-30	10-160	15-100	10-120	22-55	1,4-80	до 12х11	0,5-22	1,0-15			
Частота пусков в час	60	360	360	360	360	60	60	120	240	240	120	120	120	240	120	240	360	120	120	240	120	60	120			
Ресурс по числу включений без тока	1·10 ⁶	20·10 ⁶	20·10 ⁶	20·10 ⁶	10·10 ⁶	5·10 ⁶	2·10 ⁶	5·10 ⁶	10·10 ⁶	10·10 ⁶	2·10 ⁶	2·10 ⁶	2·10 ⁶	10·10 ⁶	5·10 ⁶	10·10 ⁶	20·10 ⁶	10·10 ⁶	5·10 ⁶	10·10 ⁶	10·10 ⁶	0,5·10 ⁶	0,5·10 ⁶			
Коммутационная износоустойчивость циклов В.О.	0,1·10 ⁶	1·10 ⁶	2·10 ⁶	2·10 ⁶	4·10 ⁶	0,2·10 ⁶	0,2·10 ⁶	0,5·10 ⁶	1·10 ⁶	2·10 ⁶	0,2·10 ⁶	0,2·10 ⁶	0,2·10 ⁶	1·10 ⁶	0,5·10 ⁶	1·10 ⁶	5·10 ⁶	2·10 ⁶	0,5·10 ⁶	1·10 ⁶	1·10 ⁶	0,5·10 ⁶	0,5·10 ⁶			
Удельная масса аппаратуры кг/кВт на среднюю мощность	8	10	10	20	15	4	6	9	12	10	7	7	8	6	9	9	10	10	10	9	8	12	20			
Стоимость аппаратуры, руб. средняя	70	500	5000	2600	8000	20	45	150	3500	300	50	250	300	400	1000	800	1200	2000	1300	500	2000	500	700			
Среднее время восстановления после отказа, час	2	5	30	15	30	0,5	1,0	2	20	4	10	3	4	4	4	5	8	12	5	8	8	2	3			
Время наладки при вводе в эксплуатацию, час	4	16	40	32	60	1	2	3	40	4	2	4	4	6	6	8	16	40	24	16	36	4	8			

*) Только из кабины

**) Из кабины и с пола

4.2. Выбор номинального тока коммутационных аппаратов

4.2.1. Для выбора номинального тока коммутационных аппаратов исходным является ток главной цепи I_p при расчетной мощности P_p соответствующего механизма. Средний суммарный ток всех механизмов крана определяется по формуле

$$I_{\text{общ}} = I_{\text{рп}} + 0,8 I_{\text{рм}} + 0,8 I_{\text{рт}} + \sum I_{\text{всп}} \cdot \Lambda \quad (4.1.)$$

где $I_{\text{рп}}$ - расчетный ток электродвигателей механизмов подъема;

$I_{\text{рм}}$ - расчетный ток электродвигателей механизмов моста или поворота;

$I_{\text{рт}}$ - расчетный ток электродвигателя механизма тележки;

$\sum I_{\text{всп}}$ - ток вспомогательных цепей.

4.2.2. Установившийся ток короткого замыкания на вводе крана

$I_{\text{кз}}$ при 380В

$$I_{\text{кз}} = 12 I_{\text{общ}} + \frac{U_n^2}{100} (\lg P_T - 1)^2 \Lambda \quad (4.2.)$$

4.2.3. При отсутствии данных по мощности трансформатора токи короткого замыкания определяются для параметров, указанных в

п. 4.2.5.

4.2.4. Ток динамической устойчивости аппаратов подъема составляет

$$I_{\text{дин}} = 0,4 I_{\text{кз}} \quad \Lambda \quad (4.3.)$$

Ток динамической устойчивости аппаратов других механизмов

$$I_{\text{дин}} = 0,2 I_{\text{кз}} \quad \Lambda \quad (4.4.)$$

4.2.5. Учитывая, что ток динамической устойчивости для аппаратов составляет 18-22 I_n аппарата, величины номинальных токов аппаратов должны быть не ниже указанных в табл. 4.2.

Таблица 4.2.

Параметры токов электроприводов

	Мощность:Пределы	Уставка	Минимальный номинальный			
	пикового:тока К.з.	фидерного	ток, А	трансформатора:на вводе	автомата	линейно-коммутационных
	двигателя:крана,А	не более,	то кон-тактора	после	ввода	механизмов:других
	питание:	А	после	крана	подъема	механизмов
	го фиде-ра Рт,кВА					
Мостовые и козловые краны машиностроительных предприятий	160 400 630 1000	1600-2000 2300-3000 3000-4500 5000-7500	400 800 1300 2000	25 40 63 100	25 25 40 63	16 25 25 40
Перегрузочные краны транспорта	1600	7000-9000	3000	160	100	63
Предприятия металлургии (основные цехи)	4000	8000-12000	5000	250	160	63
Краны на электростанциях	4000	8000-12000	5000	250	100	63

4.2.6. При выборе уставки максимальных реле и расцепителей автоматических выключателей необходимо учитывать, что величина пускового тока короткозамкнутого электродвигателя с учетом аперодической составляющей может составлять 150% от пускового тока по НТД.

4.2.7. Учитывая различные эксплуатационные условия и требования к ресурсу кранов, номинальный ток коммутационных аппаратов главной цепи должен составлять

$$I_H = \frac{I_p}{K_R K_\Sigma K_\Delta} \cdot A \quad (4.5.)$$

I	2	3	4	5	6	7	8
3M	90	1,0	0,85	1,0	1,05	1,1	0,7
4M	120-180	1,0	0,7	0,9	1,0	1,1	0,6
5M	240	0,9	0,4	0,8	0,9	1,0	-
6M	выше 360	0,8	-	-	0,8	0,85	-

4.2.8. Величина пускового тока электропровода должна быть меньше тока включения выбираемого аппарата, приведенного в каталогах и ТУ. В выборе по току включения нуждаются только аппараты механизмов группы режимов работы ПМ-3М.

4.3. Определение необходимого диапазона регулирования и точности остановки $\sqrt{13}$

4.3.1. Посадочные скорости механизмов подъема кранов различного назначения приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5.

Минимальные скорости механизмов подъема

I	2	3
	: Наибольшая : посадочная : скорость : $v_{\text{пос}}$ м/с	: Минимальная : скорость : подъема груза, : м/с
Кран монтажный для крупногабаритных грузов	0,03	0,03
Кран монтажный для судосторки, сборки самолетов и т.п.	0,01	0,01
Кран монтажный для жилищного и промышленного строительства	0,08	0,16
Кран балочный строительный	0,08	0,08
Кран монтажный средней грузоподъемности (до 16т)	0,05	Не регламентирована

I	2	3
Кран мостовой или козловой электрический общего назначения г/п до 12,5т	0,08	Не регламентирована
г/п 16-25т	0,04	То же
Кран мостовой электрический общего назначения г/п 30-50т	0,03	- " -
Кран литейный г/п 100-500т	0,03	- " -
Кран контейнерный	0,05	0,1
Кран высокопроизводительный крановой перегрузочный	0,25	0,25
Кран-стебелер	0,25	Не регламентирована
Таль электрическая г/п до 3т	0,15	Не регламентирована
Таль электрическая г/п 3,2-5т	0,08	То же
Таль электрическая г/п свыше 5т	0,06	- " -
Кран перегрузочный для взрывоопасных зон г/п 5-16т	0,04	0,04

Диапазон регулирования системы электропривода механизма подъема есть отношение

$$D_p = U_{\text{пас}} / U_{\text{ном}} \quad (4.6.)$$

1.3.2. При выборе по табл. 4.1. той или иной системы электропривода следует либо выбирать систему с необходимым диапазоном регулирования для заданного значения номинальной скорости $U_{\text{ном}}$ либо для выбранной системы электропривода и параметра D_p определять возможную номинальную скорость подъема.

4.3.3. Для определения точности остановки груза при известном диапазоне регулирования и максимальной скорости передвижения $V_{г.ном}$ можно воспользоваться графиком черт. 12, рассчитанным для типовой комплектации кранов электрооборудованием. По заданной точности остановки δ им могут быть установлены номинальная скорость и необходимый диапазон регулирования и, следовательно, нужная система управления.

4.4. Технико-экономическое обоснование выбора систем управления и аппаратов

4.4.1. Выбор системы управления осуществляется на основе анализа сравнительных технических данных систем управления, приведенных в табл. 4.1.

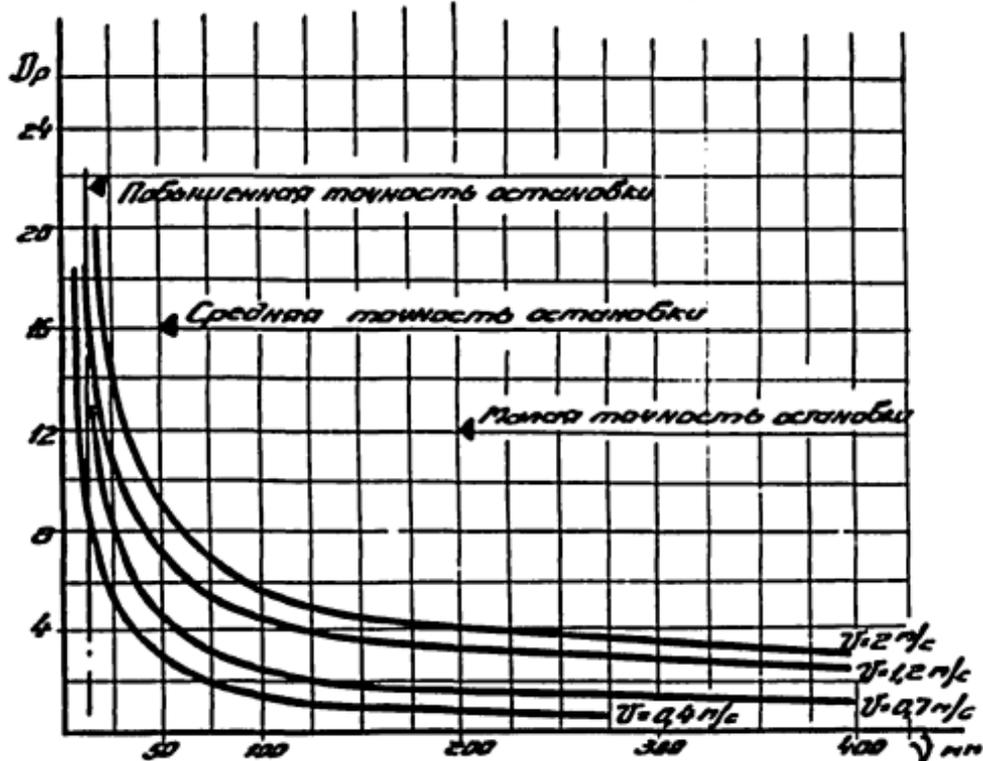
Исходным условием является необходимость регулирования скорости, требуемые диапазоны регулирования скорости и пускового момента.

Показателями, определяющими условия выбора, является мощность привода, возможность реализации необходимой частоты пусков и торможений в час и за срок службы, степень загрузки механического тормоза.

4.4.2. При реализации указанных эксплуатационных показателей окончательным критерием выбора являются экономические показатели: минимальная удельная масса и минимальная стоимость. При этом должно быть учтено, что стоимость обслуживания простых короткозамкнутых двигателей, двигателей с фазным ротором и двигателей постоянного тока относятся как 1:4:10, а стоимость обслуживания кулачковых контроллеров или пускателей, магнитных контроллеров и различных тиристорных систем относятся как 1:8:20.

При выборе систем управления должна также учитываться стоимость обслуживания различных электроприводов в соответствующих ус-

Точность остановки механизмов передвижения



Черт. 12

лониях эксплуатации.

В результате выбора системы управления подтверждаются заданные исходные параметры механизмов, необходимые для использования механизма в эксплуатационных условиях при минимальных первоначальных затратах и минимальных расходах на обслуживание в эксплуатации.

4.4.3. С учетом данных табл. 4.1. номинальных токов по формуле (4.5.) и требований по регулированию, в табл. 4.6 даны рекомендации по применению систем управления механизмами.

Таблица 4.6.

Рекомендуемые системы управления из кабины

Мощность электродви- гателя, кВт	Требования к: диапазону регулируе- ния	Группа режимов работы				
		IM-2M	3M	4M	5M	6M
I-5	нет	П	П	П	-	-
2-10	до I:3	К	К	К	К	-
10-15	до I:3	К	К	К	-	-
15-30	свыше I:3 до I:8	М	М	М	М	М
	до I:3	К	К	-	-	-
свыше 30	свыше I:3 до I:8	М	М	М	М	М
	от I:3 до I:8	М	М	М	М	М
свыше 3.5	свыше I:8	Т	Т	Т	Т	-

где П - магнитный пускатель;
К - силовой контроллер;
М - магнитный контроллер;
Т - тиристорные системы

4.5. Выбор минимальной степени защиты электрооборудования на кранах по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 14254-80.

Выбор степени защиты электрооборудования, устанавливаемого на кранах, определяется по таблице 4.7.

4.6. При использовании грузоподъемных магнитов по ГОСТ 10130-79 на кранах следует руководствоваться табл. 4.8.

Таблица 4.7.

Степени защиты электрооборудования

Расположение электрооборудования	Категория размещения крана в эксплуатации									
	У1	У2	У3	ХЛ1	ХЛ2	Т1	Т2	У2 : Метал- : : куртка	ОМ1	
Электрооборудование в кабинах кранов	У3 IP3I	У3 IP3I	У3 IP3I	ХЛ3 IP3I	ХЛ3 IP3I	Т2 IP3I	Т2;Т3 IP3I	У2;У3 IP4I	ОМ1; ОМ2 IP44 IP55	
Специальные аппаратные кабины	У3 IP00	У3 IP00	У3 IP00	ХЛ3 IP00	ХЛ3 IP00	Т3 IP00	Т3 IP00	У3 IP00	ОМ3 IP00	
Специальные аппаратные кабины с подогревом (охлаждением)	-	-	-	ХЛ3 IP00	ХЛ3 IP00	-	-	У3 IP00	-	
Электрооборудование внутри кожухов на открытых частях кранов	У3 IP00	У3 IP00	-	У3 IP00	У3 IP00	Т3 IP00	Т3 IP00	Т3 IP00	ОМ3 IP00	
Электрооборудование под навесом	У2 IP44	-	-	У2 IP44	-	Т2 IP44	-	-	-	
Электрооборудование на открытых частях кранов	У1 IP44	У2 IP3I	У3 ^{х)} IP00	ХЛ1 IP3I	ХЛ2 IP3I	Т1 IP44	Т2 IP3I	У1 IP43	ОМ1 IP56	
Щафы, кожухи, на открытых частях кранов	У1 IP43	-	-	ХЛ1 IP43	-	Т1 IP43	Т2 IP22	У2 IP43	ОМ1 IP56	
Электрооборудование на открытых частях кранов в исполнении П2А	-	IP44	IP44	-	IP44	-	IP44	-	-	

х)

В помещениях машиностроительных цехов при температуре от 0 до +40°С.

Таблица 4.8.

Использование грузоподъемных магнитов на кранах

Грузоподъемность крана, т	Рекомендуемые к использованию типы электромагнитов по ГОСТ 10130-79	
	Группа режимов 4М	Группа режимов 5М, 6М
до 5	М22В	М15В; М22В
св 5 до 10	2шт. М22В; М42В; М15В	М42В; М15В 2шт.; М25В
св 10 до 16	2шт. М15В; М25В 3шт. М22В	2шт. М42В; 2шт. М25В
св 16 до 20	2шт. М42В; 3шт. М15В; 2шт. М25В	М62В; 3шт. М25В
св 20 до 32	М62В; 3шт. М42В; 4шт. М25В	

При использовании грузоподъемных магнитов с суммарным усилием на плита больше, чем имеют указанные в табл. 4.8. электромагниты, краны должны снабжаться ограничителями грузоподъемности в пределах номинальной грузоподъемности.

4.7. Энергопотребление грузоподъемных кранов, энергопотребление характеризуется удельными энергозатратами каждого из механизмов, вспомогательных потребителей, электромонтажа, отнесенными к одному циклу в час производительности при составе цикла по I.3.2 на X тонну номинальной грузоподъемности Q и при среднесменной грузоподъемности в соответствии со следующими нормами:

$$Q_{cp} = 0,5 Q, \quad q = 0,05 Q \quad \text{краны режима 3к-5к}$$

общего назначения и строительные
багетные

$$Q_{cp} = 0,8 Q, \quad q = 0,3 Q \quad \text{краны контейнерные режима 5к}$$

$$Q_{cp} = 0,7 Q, \quad q = 0,1 Q \quad \text{краны режима 6к-7к}$$

общего назначения

$$Q_{cp} = Q, \quad q = 0,1 Q \quad \text{краны технологические режима 7к-8к}$$

$$Q_{cp} = 0,8 Q, \quad q = 0,6 Q \quad \text{краны грейферные}$$

$$Q_{cp} = 0,8 Q, \quad q = 0,4 Q \quad \text{краны магнитные}$$

4.7.1. Составные элементы удельных энергозатрат в Вт час/цикл τ
согласно ГОСТ 26696-85, а для слем кранов согласно табл. прилож. 2
механизмы подъема кранов с подъемом и спуском одной высоты H :

$$\Delta A_{п} = \frac{9,81(Q+q)H}{3,6 Q} \left[\frac{(1-\eta^2) \eta_{дв}^2 \eta_{пр} Q_{ср}}{\eta \eta_{дв} \eta_{пр} Q} + \frac{2q}{Q_{ср}} + K_{п} \right] + \frac{7,8 J_{дв} \omega^2}{3,6 \eta_{дв} \eta \eta_{пр} Q} \quad (4.7.)$$

Строительные багетные краны

$$\Delta A_{п} = \frac{9,81 H (Q+q)}{3,6 Q} \left(\frac{Q_{ср}}{\eta \eta_{дв} \eta_{пр}} + \frac{2q}{Q_{ср}} + K_{п} \right) + \frac{7,8 J_{дв} \omega^2}{3,6 \eta_{дв} \eta \eta_{пр} Q}$$

ω - угловая скорость двигателя, рад/с
Механизмы горизонтального передвижения (крана, тележки, поворота)

$$\Delta A_{г} = \frac{(1+K_{г}) \left(\frac{Q_{ср}}{2} + q + G \right)}{3,6 \eta \eta_{дв} \eta_{пр} Q} \left(\frac{K_{в} L_{к}}{10} + 4,8 U_{г}^2 \right), \quad (4.8.)$$

где	K_{II} для систем К-АДЭ; МКП-АДЭ; МКП-АДЭ; ТРН-АДЭ	- 0,1 ;
	K_{II} для систем КД-АДЭ; МКД-АДЭ; МКБ-АДЭ	- 0;
	$K_{в}$ для помещения - I, для открытого воздуха	- 2,5;
	$K_{т}$ для систем К-АДЭ; МКП-АДЭ; МКП-АДЭ; ТРН-АДЭ	- 0,3;
	$K_{т}$ для систем КД-АДЭ; МКД-АДЭ; МКБ-АДЭ	- 0,3;

зависимость $J_{дв} = f(P_p)$ приведена на черт. 13

Вспомогательные цепи, электрооборудование, грузозахват

$$\Delta A_{всп} = \frac{10^3 [20 \epsilon_p \sum P_{всп} + 0,6 \epsilon_p Q_{гн} + A_y]}{Q \xi} \quad (4.9.)$$

где

$Q_{гн}$	- грузоподъемность крана с подъемными электромагнитами, кг (если они применяются);	
$\sum P_{всп}$	- суммарная установленная мощность двигателей на кране, кВт;	
A_y	- энергозатраты в цепях управления:	
A_y	- для кранов режимной группы 3к-5к	70 Вт·час.
	для кранов режимной группы 6к-7к	110 Вт·час.
	для технологических и порталных кранов режимной группы 7к-8к	200 Вт·час.

4.7.2. Общие энергозатраты (энергопотребление крана):

Общее удельное энергопотребление определяется по формуле

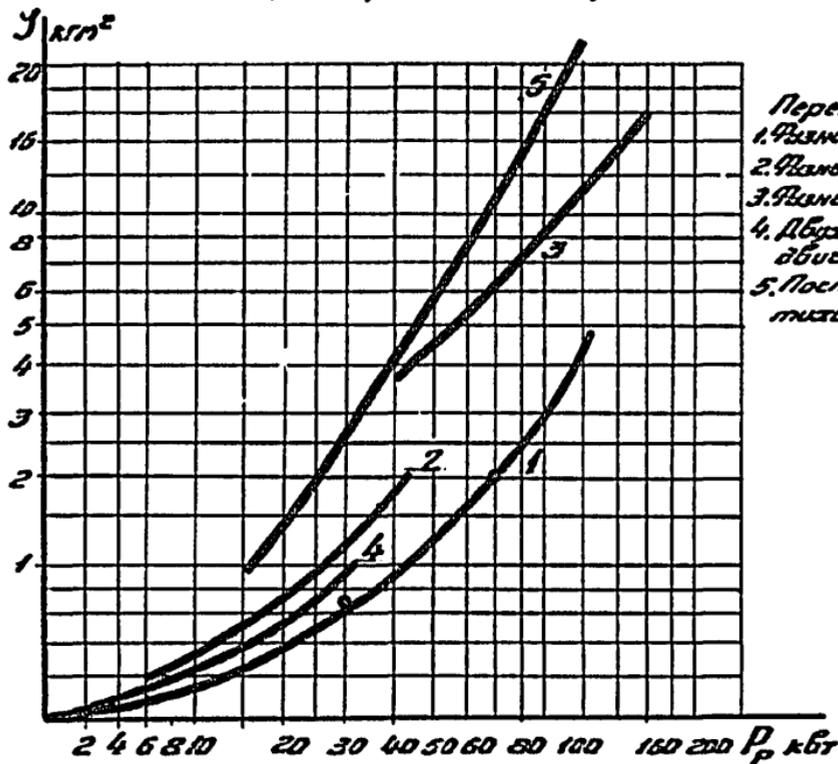
$$\Delta A_{обд} = \Delta A_{II} + \Delta A_{к} + \Delta A_{т} + \Delta A_{всп} \quad (4.10.)$$

Фактическое годовое энергопотребление в кВт·ч определяется по формуле

$$A_{обдг} = \frac{\xi Q K_{ср} D \Delta A_{обд}}{10^6} \quad (4.11.)$$

где $K_{ср}$ - число часов работы крана в сутки (табл. I.I.);
 D - число рабочих суток в год.

Моменты инерции роторов электродвигателей



Переменный ток
 1. Частотный ротор 1000 об/мин
 2. Частотный ротор 750 об/мин
 3. Частотный ротор 600 об/мин
 4. Двухскоростные к.э. двигатели.
 5. Постоянный ток
 типовойное исполнение

Стр. 88 от 27.11.1940. 85-88

Черт. 13

5. ПРОГРАММЫ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

5.1. Основные исходные данные для выбора электродвигателей:

1. Назначение крана;
2. Группа режима работы крана по ГОСТ 25546-82;
3. Группа режима работы механизма по ГОСТ 25835-83;
4. Основные данные средней траектории движения крана H, L_k, L_T ;
5. Расчетное время паузы на застроповку и расстроповку $\sum t_n$;
6. Масса крана (тележки) G ;
7. Номинальная грузоподъемность Q ;
8. Масса крана (подвески) q ;
9. Диаметры ходового колеса крана, тележки $D_k; D_T$;
10. Диаметры тормозного барабана $D_{ш}$;
11. η - КПД механизма;
12. Условия использования: помещение, открытый воздух;
13. Мощность статической нагрузки механизмов горизонтального передвижения $P_{ст}$;
14. Число механизмов подъема (передвижения) m_n ;
15. Отношение числа приводных колес к общему числу колес α ;
16. Число приводных колес m_k ;
17. Система управления: из кабины, с пола, универсальная;
18. Диапазон регулирования скорости D_p ;

5.2. Выбор скоростных параметров механизмов кранов

Скорости механизмов подъема выбираются по соответствующим нормативам на краны с учетом назначения, режима работы и производительности при оптимальных параметрах энергозатрат по формулам (1.1); (4.7); (4.8)

С учетом назначения крана устанавливается величина посадочной скорости $V_{\text{пос}}$ (табл. 4.5.) и определяется диапазон регулирования (формула 4.6).

Для заданного диапазона регулирования, ресурса, числа включений в час, режима работы (способа управления), экономических параметров (обслуживания, наладки, первоначальной стоимости) выбирается по табл. 4.1. система управления и тип применяемого приводного электродвигателя. Скорости механизмов передвижения выбираются с учетом формулы (1.1.) и ограничений табл. 2.1., 2.2. в зависимости от применяемого типа двигателя и способа управления (с пола, из кабины).

Для выбранных скоростных параметров кранов и расчетных геометрических размеров траектория по формуле (1.1) определяется число циклов в час и относительная продолжительность включения каждого из механизмов.

Для кранов с условно циклической работой по формуле (1.6) определяется расчетная относительная продолжительность включения. По табл. 1.1., 1.2. определяются основные параметры электроприводов E_p , N и интенсивность использования, среднесуточное число часов работы, требуемый ресурс.

5.3. Выбор электродвигателей передвижения

Выбор расчетного значения ускорения a_p для электродвигателей переменного тока с фазным ротором и постоянного тока производится по п. 2.1.3. Выбор расчетного ускорения a_p при короткозамкнутом двигателе производится для заданных параметров скоростей V_r и расчетных значений минимально допустимых чисел пусков в час N_p или N_{pk} по таблицам 2.3., 2.4., 2.5. Для выбранного по этим таблицам расчетного ускорения a_p и заданной мощности статической нагрузки по формулам (2.4), (2.5) или (2.6) определяется расчетная мощ-

ность электродвигателя механизма передвижения P_p . Расчетная частота вращения двигателя выбирается по п. 2.2.2. Для определенного выше значения расчетной мощности P_p и частоты вращения n_p по каталогу предварительно выбирается конкретный электродвигатель передвижения с параметрами: P_n, n_n, ϵ_0 . Для механизмов передвижения режиссной группы 6M двигатель окончательно выбирается по формуле (2.7) и дальнейшим проверкам не подвергается.

Предварительно выбранный электродвигатель передвижения для механизмов режиссной группы 1M-3M проверяется по условиям обеспечения сцепления колес с рельсами по условиям 2.4.1. и 2.4.2., при этом проверяются также ограничения по формулам (2.16), (2.17) и вводится в случае необходимости ограничение пускового момента.

Для механизмов режиссных групп 1M-3M других проверок не производится.

Для механизмов режиссных групп 4M-5M производится тепловая проверка предварительно выбранного двигателя. Двигатели постоянного тока или переменного тока с фазным ротором проверяются по формуле (1.13) с использованием п. 1.5.4.; 1.5.5.; 1.5.6. Если по формуле (1.13) расчетная мощность окажется выше значения по предварительному выбору, электродвигатель выбирается п. п. 1.5.7. Для окончательно выбранного двигателя осуществляется проверка на отсутствие нарушения сцепления по п. 2.4.1.

Предварительно выбранные двигатели с короткозамкнутым ротором для механизмов передвижения режиссных групп 4M, 5M проверяются на реализацию допустимого числа пусков и торможений в час способом противовключения по формуле (1.14) с учетом требований табл. 1.2.

Предварительно выбранные двухскоростные короткозамкнутые двигатели для механизмов передвижения режиссных групп 4M, 5M про-

веряются на реализацию допустимого числа пусков и торможений в час по формулам (1.15), (1.16).

II Поскольку окончательно выбранные по допустимому числу пусков короткозамкнутые или двухскоростные двигатели имеют пусковые моменты, значительно превышающие потребности условий пуска, а такие пусковые моменты не допустимы по условиям сцепления колес с рельсами или раскатки груза, п. 2.4.5. рекомендованы способы снижения пусковых моментов. Но при этом величина пускового момента должна отвечать условиям формулы (2.16).

5.4. Выбор электродвигателей подъема

Мощность статической нагрузки определяется по формуле (3.1). Выбор номинальной частоты вращения двигателей производится с учетом требования п. 3.2.2.

Предварительный выбор двигателя осуществляется по условиям пуска по формуле (3.5) и по режиму работы по формуле (3.6) с учетом требований п. 3.2.4. и таблицы 3.1.

Двигатели механизмов режимных групп М-Эм дальнейших проверок не требуют.

Предварительно выбранные двухскоростные короткозамкнутые электродвигатели группы режимов 4М проверяются по формуле (1.15) на допустимое число пусков и торможений с учетом таблицы 1.2. и формулы (1.9).

Предварительно выбранные электродвигатели постоянного тока и переменного тока с фазным ротором для механизмов режимных групп 4М-6М проверяются по условиям тепловых нагрузок по формуле (1.13) с учетом п. 1.5.5.; 1.5.6. Если при проверочном тепловом расчете окажется, что необходима большая расчетная мощность, окончательный выбор двигателя производится по этой мощности.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Справочное

**ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ КРАНОВ В СРЕДЕ С ОКРУЖАЮЩЕЙ
ТЕМПЕРАТУРОЙ ВЫШЕ ПЛЮС 45°С ИЛИ В УСЛОВИЯХ
ВЫСОКОГОРЬЯ**

В соответствии с ГОСТ 15150-69 наибольшей средней расчетной температурой окружающей среды, на которую рассчитывается электрооборудование (электродвигатели, аппаратура управления, тормоза и т.п.) является значение плюс 45°С.

Это значение является предельным расчетным для машин и механизмов, эксплуатирующихся на открытом воздухе в любой климатической зоне мира.

Однако в помещениях с большим тепловыделением технологических установок (цехи металлургических комбинатов, аглофабрики, закрытые помещения с мощными источниками тепловыделения и т.п.) температура окружающей среды может превосходить расчетное значение плюс 45°С. Для таких помещений при выборе электрооборудования должны вноситься следующие ограничения.

1. Конечные выключатели серии КУ-700, ВУ-150, ВУ-250, выключатели ИБ-700, ящики пускотормозных резисторов применяются в пределах своих технических характеристик, оговоренных в технических условиях и каталогах.

2. Тормозные электромагниты МО100, МО200, КМТ могут использоваться только для кранов режимов 3М (С).

3. Электрогидравлические толкатели при температурах окружающей среды выше плюс 45°С не применяются.

4. При применении тормозов ТКП величина напряжения на катушках должна быть снижена на 15%.

5. Магнитные контроллеры всех типов должны размещаться в аппаратных кабинках с охлаждением внутреннего воздуха до наибольшей

температуры плюс 45°C.

6. При выборе электродвигателей величина расчетной мощности P_p должна быть увеличена на коэффициент K_{tg} , соответствующий температуре окружающей среды

$$P_{pt} = P_o \cdot K_{tg}$$

Однако расчет пусковых ступеней резисторов, пусковых моментов на промежуточных ступенях должен проводиться по значениям P_p . Выбор двигателей по мощности P_{pt} обеспечивает создание необходимого теплового запаса для работы при температуре окружающей среды выше плюс 45°C.

При выборе сечения монтажных проводов и кабелей также должен учитываться тепловой запас по формуле:

$$I_{допк} = I_{рк} \cdot K_{tk}$$

Данные коэффициентов K_{tg} и K_{tk} приведены в табл. I.

Таблица I

Температура окружающей среды	K_{tg}	K_{tk}
50° С	1,1	1,15
55° С	1,15	1,25
60° С	1,2	1,4
65° С	1,3	1,7

7. При выборе электродвигателей для работы в условиях ухудшенного охлаждения при часокогорном расположении кранов необходимо учитывать, что на каждую 1000м и сверх первой тысячи величина расчетной мощности P_p увеличивается на 15%.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Справочное

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТЕЙ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК
ПЕРЕДВИЖЕНИЯ И ПОВОРОТА ПРИ ВЫБОРЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

I. Механизмы передвижения

I.1. Для мостовых кранов, используемых в помещении

$$P_{ст.г} = \frac{g(G+g+Q) v_r}{10^3 \eta \text{ тк}} \left(\frac{\varphi_n d_{ст} + 2\mu}{D_k} K_p + \beta \right) \quad \text{кВт,}$$

где φ_n - коэффициент трения в подшипниках ступиц колес. Для подшипников качения $\varphi_n = 0,015$;

$d_{ст}$ - диаметр ступицы ходового колеса, м
Для расчетов принимается $\frac{d_{ст}}{D_k} \approx 0,25 \div 0,18$

μ - коэффициент трения : $\mu = 0,5 \cdot 10^{-3}$

K_p - коэффициент трения реборд:

$K_p = 1,5$ для мостов и порталов

$K_p = 2,5$ для тележек

β - уклон рельсового пути: для мостовых кранов

$\beta = 0,002$; козловых и порталных кранов $\beta = 0,003$;

для строительных баганных кранов $\beta = 0,01$.

Для мостовых кранов на подшипниках качения практическая

формула

$$P_{ст.г} = \frac{(G+g+Q) v_r}{10^4 \eta \text{ тк}} \quad \text{кВт}$$

I.2. Для мостовых и козловых кранов, используемых на откры-

том воздухе

$$P_{ст.г} = \frac{g(G+g+Q) v_r}{10^3 \eta \text{ тк}} \left(\frac{\varphi_n d_{ст} + 2\mu}{D_k} K_p + \beta \right) + \frac{W_B v_r}{10^3 \eta \text{ тк}} \quad \text{кВт}$$

$$P_{ст.г} \approx \frac{(G+q+Q) v_r}{10^4 \eta \text{ мк}} + \frac{16(\sqrt{G} + \sqrt{q+Q}) v_r}{10^3 \eta \text{ мк}} \quad \text{кВт}$$

Для мостовых и козловых кранов грузоподъемностью 5-20т, работающих на открытом воздухе, с достаточной точностью мощность статической нагрузки определяется по практической формуле

$$P_{ст.г} \approx \frac{2,5(G+q+Q) v_r}{10^4 \eta \text{ мк}} \quad \text{кВт}$$

Для башенных строительных кранов с грузовым моментом 100-300 Тм

$$P_{ст.г} = \frac{v_r [0,18(G+Q) + 16(\sqrt{G} + \sqrt{Q})]}{10^3 \text{ мк } \eta} \quad * \quad \text{кВт}$$

2. Механизмы поворота

2.1. Для стреловых и строительных башенных кранов г/п 5-12,5т среднеквадратичное значение

$$P_{ст.в} = \frac{R \text{ нв} (120\sqrt{R} + Q)}{10^5 \text{ мк } \eta} \quad * \quad \text{кВт}$$

2.2. Для порталных кранов г/п 8-32т среднеквадратичное значение

$$P_{ст.в} = \frac{0,24 R \text{ нв} Q}{10^4 \eta} \quad \text{кВт}$$

2.3. Для механизмов поворота тележки мостовых кранов г/п 10-32т

$$P_{ст} = \frac{0,2 R_{кр} \text{ нв} (Q+G_T)}{10^4 \eta} \quad \text{кВт}$$

3. Расчетные параметры циклограмм мостовых и козловых кранов приведены в таблице и рекомендуются для расчетов по определению числа циклов в час для кранов, по которым не установлена фактическая циклограмма.

* - Формулы для расчета мощностей статической нагрузки механизмов башенных кранов подлежат уточнению и для практических расчетов их применение не является обязательным

Рекомендуемая траектория движения
кранов

Группа режима работы крана	: Расчетная: Расчетная: Расчетный		: Расчетный	
	: высота : подъема, : Н, м : и козловых : вех кранов : нов	: высота : подъема : стропиль: :ных багач: :ных кра- : нов, м :	: путь переме- : щения крана : (поворота) в : одном направ- : лении $L_k, м$:	: путь перемеще- : ния тележки в : одном направ- : лении, : $L_T, м$:
1к	3	-	50	10
2к	3	-	50	10
3к	3	15	50	10
4к	4	20	30	15
5к	4	25	30	15
6к	4	-	30	15
7к	4	-	30	15
8к	5	-	25	12

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. Утвержден и введен в действие указанием Министерства тяжелого энергетического и транспортного машиностроения СССР

от 23.08.88 № ВА-002-1/9670

Исполнители: А.С.Липатов, В.П.Богачев, Н.М.Колпаков, А.Г.Буре,
Е.А.Доксанов, А.М.Толпин, Е.М.Повзнер

Зарегистрирован в Центральном государственном фонде стандартов и технических условий Госстандарта СССР за № от

2. Стандарт разработан взамен РТМ 24.090.81-85.

3. Ссылочные нормативно-технические документы:

Обозначение НТД на который дана ссылка	Номер пункта, подпункта
ГОСТ 183-74	1.1.1.; 1.1.2.;
ГОСТ 1451-77	1.2.2.;
ГОСТ 10130-79	4.6.
ГОСТ 13109-57	3.1.1.
ГОСТ 14254-80	4.5.
ГОСТ 15150-69	4.5.
ГОСТ 25546-82	1.1.; 1.2.1.; 1.4.1.;
	1.4.3.; 5.1.
ГОСТ 25835-83	1.2.1.; 1.4.2.; 1.4.3.;
	5.1.
ГОСТ 26696-85	4.7.1.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения, режимы работы	стр. 2
2. Расчет и выбор электрооборудования и тормозов к механизмам горизонтального передвижения	стр. 27
3. Расчет и выбор электрооборудования и тормозов к механизмам подъема груза	стр. 43
4. Выбор систем управления, аппаратуры и определение энергопотребления	стр. 54
5. Программа выбора электродвигателей	стр. 69
Приложение 5 1 справочное	
Особенности выбора электрооборудования при эксплуатации кранов в среде с окружающей температурой выше +45°C или в условиях высокогорья	стр. 73
Приложение 5 2 справочное	
Определение мощностей статических нагрузок передвижения и поворота при выборе электродвигателя	стр. 75
Информационные данные	стр. 78

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ОСТ 24

Номер: изме- нения: :нен- :НОГО	Номер листа (страниц) :изме- :заме- :нен- :НОГО	:нового: :ГО	аннулированно- :	:Номер: :доку- :мента: :	Под- :пись : :	:Дата :внесения : : :	: Дата : введения : : :