ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ КРАНОВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ

НОРМЫ РАСЧЕТА

ОСТ 24.090.85-88

Издание официальное

gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДЕНО

Указанием Министерства тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения СССР

от 23.08.88 № ВА-002-I/9670

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ КРАНОВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ. НОРМЫ РАСЧЕТА

ОСТ 24.090.85-88

Первый заместитель начальника Главного научно-технического управления Минтяжмаш СССР — В.А.Мажукин

Начальник отдела экономики, качества, стандартизации, аттестации, метрологии Главного научно-технического управления — А.Н.Полтарецкий

Зам. директора по научной работе ВНИИПТМАШ — А.С.Липатов

Зав. отделом стандартизации, унифицированных узлов и аттестации качества ПТМ — Н.И.Колпаков

Зав. комплексным отделом систем автоматизированного управления и электропривода — В.П.Богачев

Руководитель темы, гл. конструктор проекта — А.Г.Яуре

Исполнитель, зам. зав. отделом — Е.А.Лексанов

Соисполнители:

Гл. инженер СКТБ "Стройдизель" А.М.Толпин

Зав. отделом СКТБ "Стройдизель" Е.М.Певзнер

СОГЛАСОВАНО

Зам. директора ВНИПТИ
ПО "Динамо" Минэлектротехпрома
СССР А.Д.Машихин

УДК [illegible]

Группа Г02

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

Электроприводы кранов грузоподъемных

Нормы расчета

ОСТ 24.090.85-88

ОКСТУ 3103

взамен РТМ 24.090.81-85

Дата введения 01.07.89г.

Срок действия до 01.07.94 г.

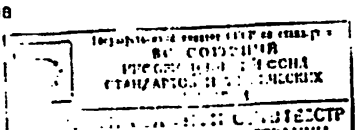
Настоящий стандарт устанавливает основные положения и нормы расчета, а также выбора параметров электрооборудования грузоподъемных кранов с электроприводом.

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



I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ РЕЗЮМА РАБОТЫ

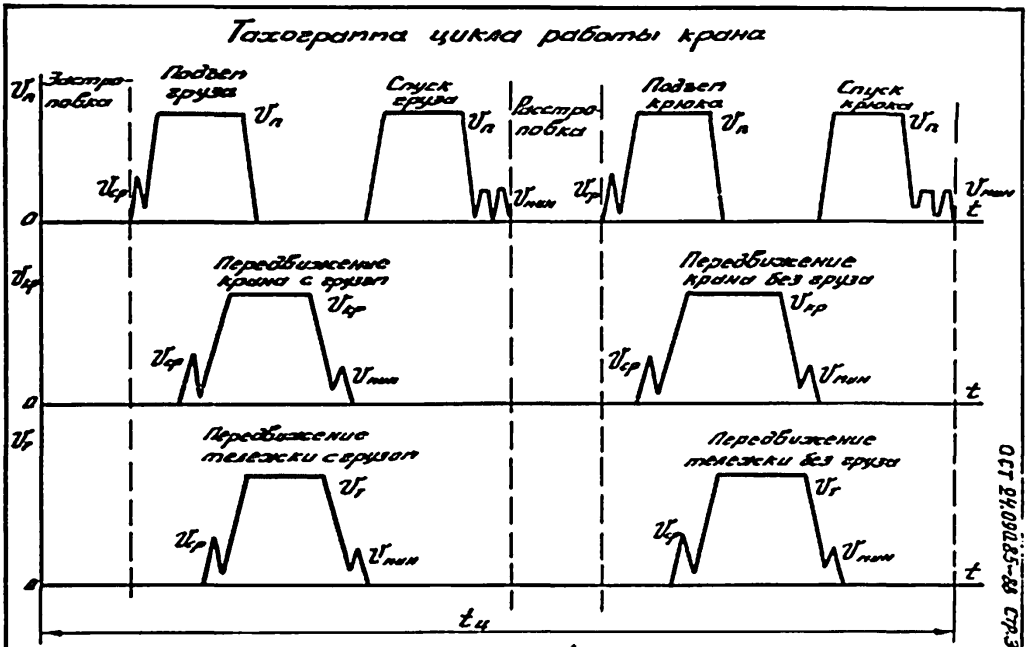
I.I. Условия эксплуатации электрооборудования на кранах характеризуются следующими параметрами: коэффициентом нагружения, циклом работы по ГОСТ 25546-82, относительной продолжительностью включения и числом включений в час по правилам устройства и безопасной эксплуатации кранов Госгортехнадзора, именуемых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

I.I.I. 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 Σt_p чередуется с временем отключенного состояния Σt_n этого механизма, когда включен другой механизм, происходит застроповка (расстроповка) груза или технологическая пауза.

Максимальная продолжительность цикла работы механизма $\Sigma t_p + \Sigma t_n$ нормированная ГОСТ 183-74 составляет 600 с. При фактической продолжительности одного цикла работы механизма более 600с 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. I.

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


Тахограмма цикла работы крана
Подъем груза
Спуск груза
Подъем крюка
Спуск крюка
Передвижение крана с грузом
Передвижение крана без груза
Передвижение тележки с грузом
Передвижение тележки без груза
$t_ц$

Черт. 1

зовые циклы с тахограммой, близкой к приведенной по черт. I.

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

I.I.2. Режим работы электропривода любого механизма крана при циклической работе характеризуется относительной продолжительностью включения ПВ% (ГОСТ I83-74), включая регулирование скорости, числом включений в час и величиной эквивалентного момента статических сопротивлений на валу двигателя при нормативной для механизма относительной продолжительности включения.

I.2. Обозначения, принятые в стандарте

I.2.I. Состав цикла, производительность, режим работы кранов и механизмов:

$t_ц$ – время одного грузового цикла, с;

$\Sigma t_р$ – суммарное время работы механизма за цикл. с;

$t_п$ – время паузы за цикл для операций застроповки и расстроповки грузов, с;

$\Sigma t_п$ – суммарное время паузы в цикле работы механизма, с;

$t_{раз}$ – время разгона от скорости равной 0 до номинальной скорости, с;

ξ – число циклов работы крана в час;

Ω – производительность крана, т/ч;

$\mathcal{E}_р$ – расчетная относительная продолжительность включения механизма, % ПВ;

z – число включений механизма за один цикл работы крана;

N – нормированное число включений в час механизма;

$N_р$ – расчетное число разгонов механизма в час до наибольшей скорости;

$K_р$ – число часов работы крана в сутки

Д – Число рабочих суток в год

$N_{рк}$ – расчетное число пусков механизма до наибольшей скорости и торможений противовключением короткозамкнутых двигателей;

$N_{тр}$ – заданное число торможений в час механическим тормозом;

1К-8К – режимы работы кранов по ГОСТ 25546-82;

1М-6М – 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 крюка (подвески), м;

$L_к$ – расчетный путь перемещения крана в одном направлении за цикл, м;

$L_т$ – 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 крюка (подвески, грейфера, магнита и т.п.), кг;

$W_н$ – сопротивление передвижению (повороту) от трения, уклона в установившемся режиме движения с номинальным грузом, Н;

$W_в$ – 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;

$W_{рб}$ – сопротивление передвижению (от трения, уклона) без груза, Н;

$D_к$ – диаметр ходового колеса, м;

$D_б$ – диаметр грузового барабана, м;

$D_ш$ – диаметр тормозного шкива, м;

U – передаточное число механизма;

$U_п$ – передаточное число полиспаста;

$\Sigma J_{общ}$ – суммарный момент инерции электродвигателя и поступательно движущихся и вращающихся частей, приведенный к валу электродвигателя, кг м^2;

η – КПД механизма;

$m_{кл}$ – число приводных колес;

$m_к$ – число механизмов передвижения;

$m_п$ – 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;

$K_{зс}$ – коэффициент запаса сцепления;

$K_{зс} = 1,5$ – для кранов взрывобезопасного исполнения;

$K_{зс} = 1,05$ – для кранов обычного исполнения;

$a_р$ – расчетное ускорение механизма передвижения (груза при повороте) для выбора двигателя по параметрам пуска, м/с^2;

$a_э$ – эксплуатационное ускорение механизмов (для выбора начальных значений пусковых моментов) м/с^2;

$a_{р\delta}$ – максимальное ускорение механизма передвижения без груза, допускаемое по условиям сцепления, м/с^2;

$v_п$ – номинальная скорость подъема, м/с^2;

$v_г$ – номинальная скорость передвижения крана (тележки, каретки), м/с;

$v_в$ – номинальная линейная скорость поворота (груза) м/с;

$v_{ср г}$ – средняя скорость передвижения крана (тележки, каретки), м/с;

$v_{ср в}$ – средняя линейная скорость поворота, м/с;

$n_в$ – 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;

$D_р$ – заданный диапазон регулирования скорости;

$V_{пос}$ – наибольшая допустимая скорость посадки груза, м/с;

$\mathcal{V}$ – точность остановки механизма, мм;

$K_{рс}$ – коэффициент регулирования скорости

I.2.3. Основные параметры выбираемых электродвигателей:

$P_р$ – расчетное значение мощности выбираемого электродвигателя, кВт;

$P_{ст}$ – мощность на валу при установившемся движении, кВт;

$P_н$ – номинальная мощность электродвигателя по каталогу, кВт при номинальной относительной продолжительности включения;

$\mathcal{E}_о$ – номинальная относительная продолжительность включения % ПВ, по н.т.д. для крановых двигателей $\mathcal{E}_о$ = 40% ПВ;

$M_{ст}$ – момент статических сопротивлений, приведенный к валу электродвигателя, Н·м;

$M_{ст\ экв}$ – эквивалентный момент статической нагрузки за цикл, Н·м;

$M_р$ – момент на валу электродвигателя при $P_р$, Нм;

$M_п$ – пусковой момент электродвигателя, Нм;

$M_н$ – момент на валу двигателя при номинальной мощности $P_н$, Нм;

$M_{рп}$ – расчетное значение пускового момента электродвигателя, Нм;

$M_{п\ мин}$ – наименьший момент, развиваемый двигателем при пуске и частоте вращения равной нулю, Нм;

$n_р$ – частота вращения электродвигателя, соответствующая мощности $P_р$, об/мин;

$n_о$ – синхронная частота вращения наибольшей скорости, об/мин;

$S_н$ – скольжение ротора электродвигателя, соответствующее номинальной мощности $P_н$, в относительных единицах;

$S_{ст\,экв}$ – скольжение ротора при моменте $M_{ст\,экв}$;

$Cos\,\varphi_н$ – коэффициент мощности, соответствующий $P_р$;

$I_{1р}$ – ток статора электродвигателя, соответствующий расчетной мощности $P_р$, А;

$U_н$ – 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;

$\eta_{эб}$ – 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;

$K_п$ – коэффициент использования электропривода в цикле;

$K_з$ – коэффициент запаса на непредвиденные дополнительные нагрузки;

$K_р$ – коэффициент использования электродвигателя для различных систем регулирования;

$K_н$ – коэффициент нагрузки при нестандартном напряжении;

$U_{пр}$ – напряжение преобразователя, В:

\+ повышенное напряжение

– пониженное напряжение

$K_о$ – коэффициент условий охлаждения;

$K_п$ – коэффициент учета статической нагрузки;

$P_т$ – мощность питающего кран трансформатора, кВА;

I.3. Состав цикла работы крана

I.3.I. 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 использования.

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

Таблица I.I.

Расчетные классификационные параметры кранов

Группа режима работы крана	Пауза для подготовки, застроповки и расстроповки груза, с	Среднесуточное время работы (включения) электродвигателя подъема, час (не более) K_{cp}	Среднее число циклов работы в час ξ
IK	300	до I,0	3-4
2K	220	св I до 2	4-5
3K	I50	св 2 до 3	5-7
4K	I00	св 2,5 до 3	7-I0
5K	80	св 3 до 4	I0-I4
6K	60	св 4 до 8	I4-20
7K	30	св I0 до I0	20-28
8K	20	св I0 до I5	свыше 28

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

$$\xi = \frac{3600}{t_ц} = \frac{3600}{\frac{4,2 K_{pc} H}{V_п} + 1,35 K_{pc}\left(\frac{L_к}{V_{cpк}} + \frac{L_т}{V_{cpт}}\right) + t_п} \qquad (I,I)$$

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

Рекомендуемые параметры H, $L_к$, $L_т$ приведены в приложении 2. Средние скорости $v_{ср\,к}$ и $v_{ср\,т}$ определяются по черт. 2 в зависимости от установившихся скоростей $v_к$ и $v_т$ для путей перемещения $L_к$ и $L_т$

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

Производительность кранов определяется по формуле

$$Q = \frac{Q_г f}{10^3} \qquad (I.2)$$

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

Механизм подъема

$$\varepsilon_п = \frac{4{,}2 i_{рс} H / v_п + 0{,}2 \Sigma t_п}{t_ц} 100 \quad \% \text{ ПВ}. \qquad (I.3)$$

Механизм передвижения крана (поворота)

$$\varepsilon_к = \frac{2 L_к / v_{ср\,к} + 0{,}2 \Sigma t_п}{t_ц} 100 \quad \% \text{ ПВ}, \qquad (I.4)$$

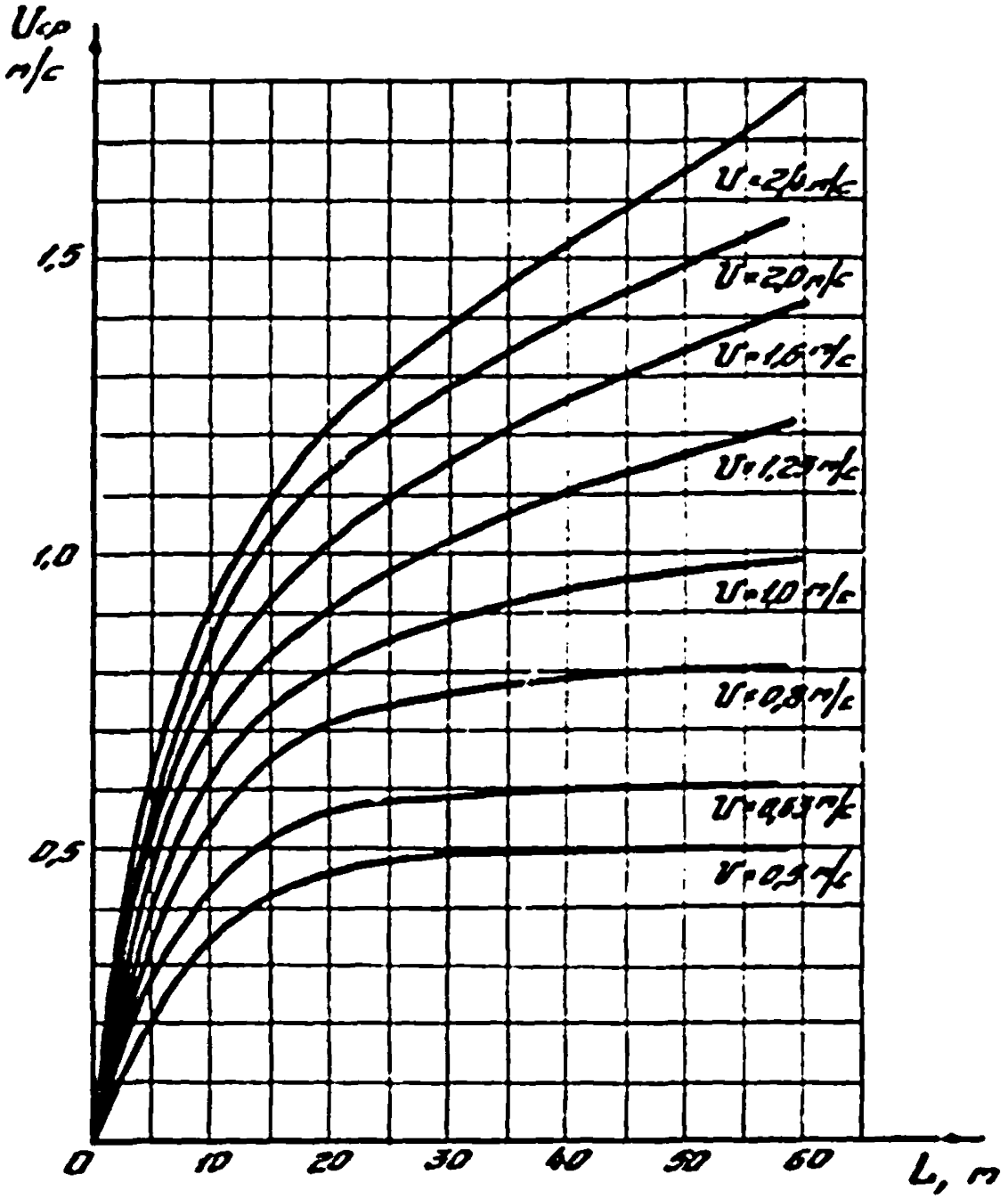
где $L_к$ для механизма поворота - длина дуги, описываемой грузом при повороте.

Механизм тележки (каретки, стрелы)

$$\varepsilon_к = \frac{2 L_т / v_{ср\,т} + 0{,}2 \Sigma t_п}{t_ц} 100 \quad \% \text{ ПВ} \qquad (I.5)$$

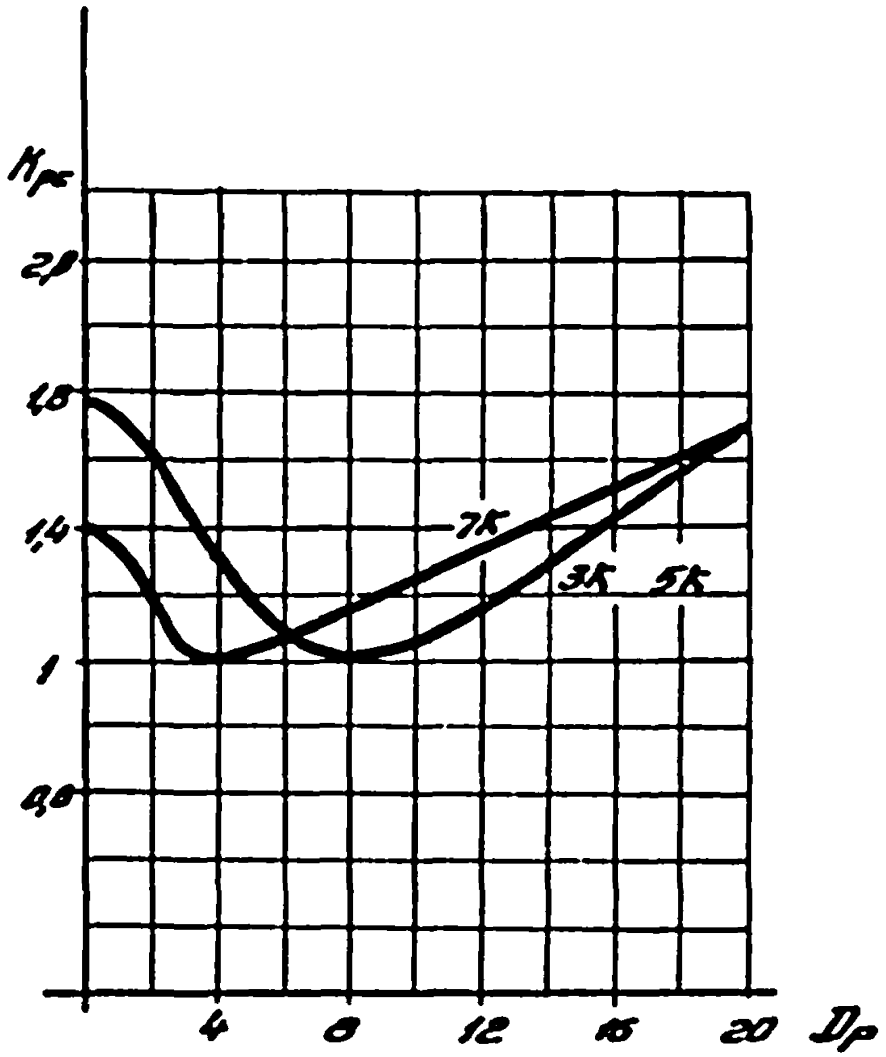
где $L_т$ - для механизма стрелы длина изменения точки подвеса груза при изменении вылета стрелы.

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 600с по формуле

$$\xi_p = \frac{\Sigma t_p}{36} \quad \% \text{ ПВ}, \qquad (I.6)$$

где Σt_p – суммарное время работы механизма (с) за период времени 3600с

I.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 Z_1 до наибольшей скорости $V_н$, принимаемой за единицу, 2 разгона Z_2 до промежуточной скорости $V_{ср}$, для выбирания слабины каната, 4 разгона Z_3 до малой скорости $V_{мин}$ для обеспечения точной остановки груза, итого $Z_1+Z_3+Z_2=10$ включений за цикл.

Для механизма передвижения (поворота) в среднем 2 разгона до наибольшей скорости, 2 разгона до промежуточной скорости, (для гашения раскачки) 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

$$K_{вкл} = \frac{Z_1 + Z_2\left[1-\left(1-\frac{V_{ср}}{V_н}\right)^2\right] + Z_3\left[1-\left(1-\frac{V_{мин}}{V_н}\right)^2\right]}{Z_1 + Z_2 + Z_3} \qquad (I.7)$$

Для всех механизмов кранов при усредненной типовой тахограмме $K_{вкл} \simeq 0,6$. При других нетиповых соотношениях больших, средних и малых скоростей за цикл $K_{вкл}$ 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

$$N_p = K_{вкл} N \qquad (I.8)$$

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

$$N_p = 0,6 N \qquad (I.9)$$

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

I.4.I. Группа режима работы кранов по ГОСТ 25546-82 устанавливается в зависимости от общего количества циклов работы кранов за срок службы и коэффициента нагружения крана $Q_{ср}/Q_н$. 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).

I.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. I.2 и являются исходными условиями расчета и выбора электрооборудования.

I.5. Общие условия выбора электродвигателей

I.5.I. 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.

I.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 $t_{раз}=v_р/a_р$ не превышало указанных выше значений.

I.5.3. Тепловая проверка выбранного электродвигателя переменного тока с фазным ротором и двигателя постоянного тока производится по методу эквивалентного КПД $\eta_{экв}$, характеризующего полные потери за цикл в обмотках выбранного электродвигателя.

Таблица I.2

Режим работы электродвигателей

Группа режима работы кранов по ГОСТ 25546-82	Расчетные параметры электрооборудования и механизмов крана, принятые в стандарте				
	Группа режима работы механизма по ГОСТ 25835-83	Относительная продолжительность включения ПВ% расчетная ε_p	Нормированное число включений в час N_p	Расчетное время работы в год не более, ч	Интенсивность использования: число включений за 600с наиболее интенсивного использования
IK;2K	IM	I5	60	250	50
2K;3K	2M	I5	60	250	50
3K;4K	3M	25	90	500	60
4K;5K 6K	4M	40	I20	I000	80
6K;7K	5M	40	240	2500	I00
8K	6M	60	360	4000	I20

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

$\eta_{экв\ б}$ – эквивалентным КПД электропривода в статическом режиме;

$\eta_{экв}$ – полным эквивалентным КПД электропривода при соответствующем приведенном числе разгонов;

$K_р$ – коэффициентом запаса на дополнительные потери в обмотках электродвигателя при регулировании скорости;

$K_о$ – коэффициентом условий охлаждения и теплоотдачи двигателя;

$K_з$ – коэффициентом непредвиденных дополнительных нагрузок электропривода;

$K_н$ – коэффициентом дополнительных потерь при повышении рабочего напряжения сверх номинального значения;

$K_и$ – коэффициентом среднецикловой статической нагрузки электропривода;

$\varepsilon_р$ – расчетной относительной продолжительностью включения электродвигателя;

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

МП-АДК; К-АДК, МК-АДК; МКР-АДК – 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

$\eta_{экв\ б} = 0{,}83$

МК-АДД; МКР-АДД; К-АДД – 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

$\eta_{экв.б.} = 0{,}83$

К-АДФ; ИК-АДФ; МКП-АДФ; КИ-АДФ; МКИ-АДФ $\eta_{экв.б}$ = 0,76	– 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
КД-АДФ; МКД-АДФ; МКБ-АДФ МКДИ-АДФ $\eta_{экв.б}$ = 0,81	–Электропривод переменного тока на основе асинхронного двигателя с фазным ротором и электродинамическим торможением при управлении: КД – кулачковым контроллерси, МКД – магнитным контроллером, МКБ – магнитным контроллером с бездуговой коммутацией, МКДИ – магнитным контроллером с ТРН и динамическим торможением
МКД-АДФ+ +АДД $\eta_{экв.б}$ = 0,81	Двухдвигательный электропривод переменного тока на основе асинхронного двигателя с фазным ротором, двухскоростного короткозамкнутого двигателя и электродинамического торможения
ТРН-АДФ ТРНД-АДФ $\eta_{экв.б}$ =0,78	– 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
ПЧН-АДД $\eta_{экв.б}$ = 0,90	– Электропривод переменного тока на основе двухскоростного к.з.двигателя при питании через тиристорный преобразователь частоты с непосредственной связью (циклоконвертор)

ПЧИ-АДК $\eta_{экв.б}$ = 0,94 – Электропривод переменного тока на основе асинхронного к.з. двигателя с питанием через инверторный преобразователь частоты 5-100 Гц;

К-ДП;МК-ДП $\eta_{экв.б}$=0,81 – Электропривод постоянного тока при параметрическом управлении при помощи: К – силового контроллера; МК – магнитного контроллера;

ТП-ДП $\eta_{экв.б}$=0,94 – Электропривод постоянного тока при питании и управлении двигателя через тиристорный преобразователь;

ГД $\eta_{экв.б}$=0,94 – Электропривод постоянного тока при питании электродвигателя от индивидуального генератора постоянного тока;

I.5.5. Расчетные коэффициенты использования электроприводов крановых механизмов:

Коэффициенты запаса на дополнительные потери в обмотках электродвигателя при регулировании скорости выбираются в табл. I.3.

Таблица I.3

Коэффициент запаса на регулирование скорости

Группа режима механизма	Коэффициент K_p				
	Система регулирования				
	МК-ДП;К-ДП; ГД ТП-ДП ПЧН-АДП ПЧИ-АДК	К-АДФ МК-АДФ КИ-АДФ МКП-АДФ МКИ-АДФ ТРН-АДФ	КД-АДФ МКД-АДФ МКБ-АДФ ТРНД-АДФ	МК-АДД К-АДД МКР-АДД	Относительное время работы на малой скорости % от общего времени работы за цикл
IM-3M	I,0	I,32	I,I5	I,2	50
4M	I,0	I,22	I,I	I,2	25
5M	I,0	I,I5	I,05	–	I5
6M	I,0	I,08	I,0	–	7

$K_д$ – для механизмов подъема, см. п. 3.2.4.;

– коэффициенты $K_д$ = 0,85 для механизмов моста и поворота, $K_д$= 0,7 – для механизмов передвижения тележки или каретки.

Таблица I.4

Параметры электропривода

Группы режимов механизмов	ε_p	ε_o	$K_з$	N_p
4М	0,25	0,4	I,0	72
5М	0,4	0,4	I,0	I44
6М	0,6	0,4	I,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 $U_н$, коэффициент $K_н$ определяется по формуле

$$K_н = \sqrt{\frac{U_н + U_{пр}}{U_н\left(1 + \frac{\varepsilon_o}{\varepsilon_н}\right)}} \qquad (I.I0)$$

Для всех остальных систем $K_н = I$.

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

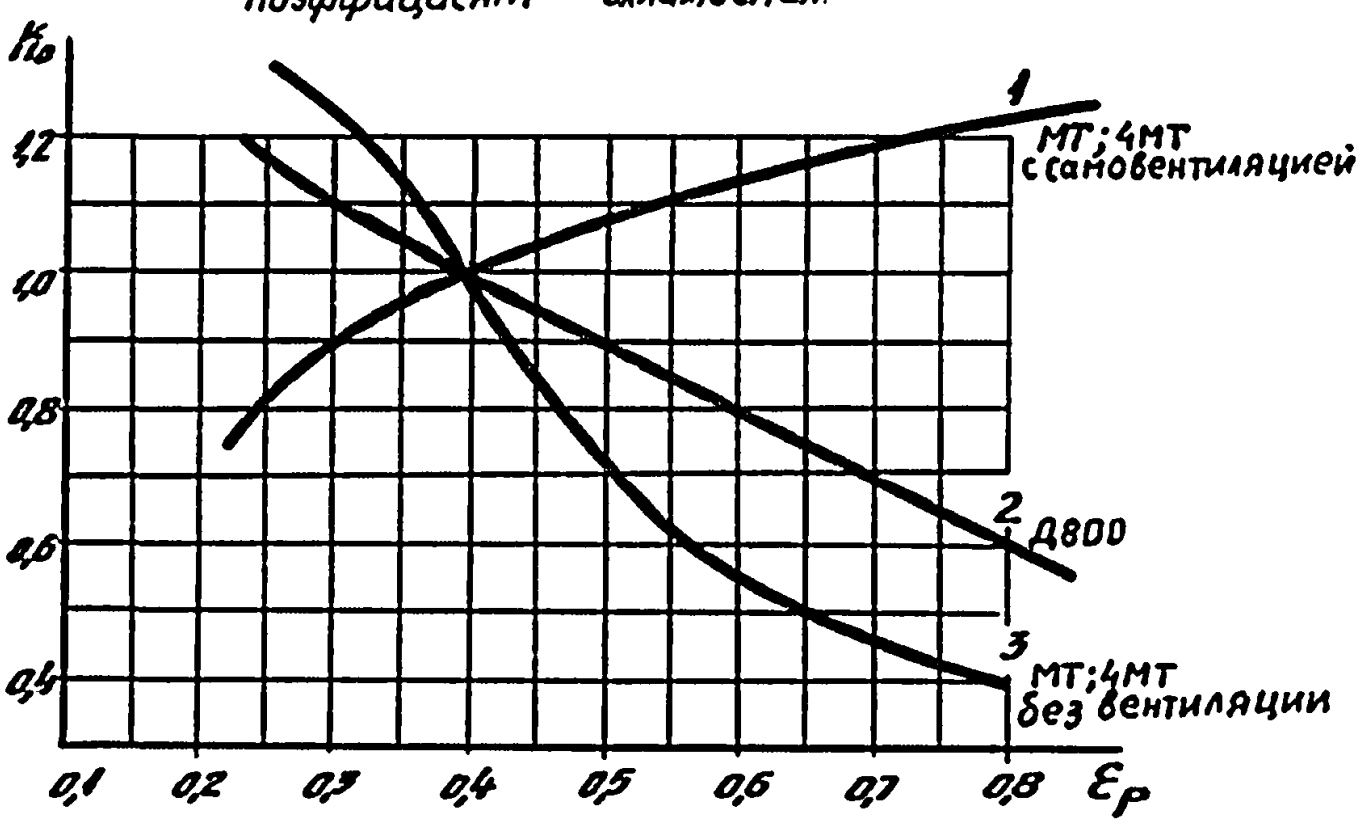
I.5.6. Суммарный момент инерции механизма с электродвигателем, приведенный к одному электродвигателю, определяется по формуле

$$\sum J_{общ} = 1.3\, J_{дв} + \frac{91\left(G + q + \frac{Q}{\sqrt{2}}\right) v^2}{m_к \; n_p^2} \qquad (I.II)$$

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

Приведенное число разгонов до номинальной скорости определяется по формуле

$$N_p' = N_p \frac{\sum J_{общ}}{1.2\, J_{дв}} \qquad (I.I2)$$


Коэффициент охлаждения
K_o
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
ε_p
1
МТ;4МТ
с самовентиляцией
2
Д800
3
МТ;4МТ
без вентиляции

Черт. 4

По данным черт. 5 для примененной системы управления и рассчитанного по формуле (I.I2) приведенного числа разгонов до номинальной скорости определяется полный эквивалентный КПД электропривода $\eta_{экв}$.

I.5.7. Определение величины расчетной установленной мощности двигателя по параметрам среднеквадратичной цикловой нагрузки производится по формуле

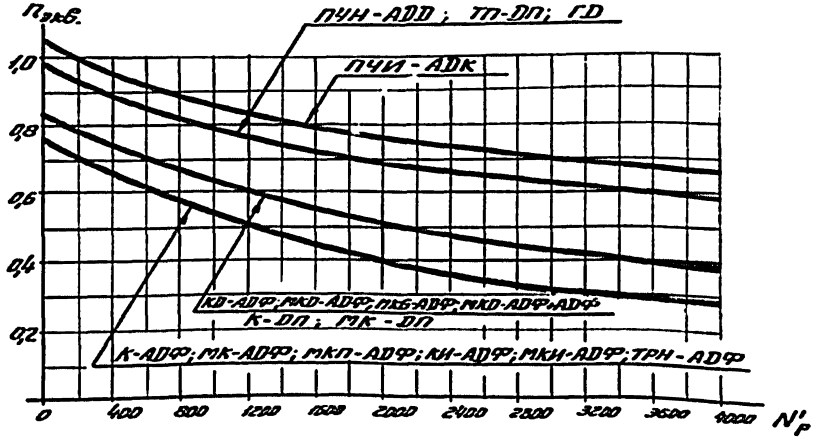
$$P_p = \frac{K_p K_и K_з \eta_{экв.б} K_н \sqrt{\varepsilon_p/\varepsilon_0}\, P_{ст}}{K_0 (1{,}25\eta_{экв} - 0{,}2\ \eta_{экв.б})} \qquad (I.I3)$$

Выбираемый двигатель должен иметь номинальную мощность режима ПВ 40% не ниже мощности P_p, определенной по формуле (I.I3). 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 $P_{ст}$ и предварительно выбранного двигателя с P_p допустимое число разгонов и торможений в час способом противовключения при ε_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

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

$$N_{доп}=\frac{0{,}46\cdot10^3\, m_к\, n_0\,(M_н S_н \varepsilon_0 - M_{стэкв} S_{стэкв}\varepsilon_р)}{\left(G+q+\frac{Q}{2}\right)v_г^2\,(K_g+2{,}2\,\eta)} \qquad (I.14)$$

Величина K_g определяется по черт. 6, а *числа* 2,2 при отсутствии противовключения и торможении механическим тормозом заменяется на нули.

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

$$N_{доп}=\frac{0{,}56\cdot10^3\, m_к\, n_0\,(M_н S_н \varepsilon_0 - M_{стэкв} S_{стэкв}\varepsilon_р)}{v_г^2\left(G+q+\frac{Q}{2}\right)\left[\left(\frac{n_м}{n_0}\right)^2+2\left(\frac{n_0-n_м}{n_0}\right)^2\right]} \qquad (I.15)$$

Для механизмов подъема

$$N_{доп}=\frac{50\cdot10^3\,(M_н S_н \varepsilon_0 - M_{стэкв} S_{стэкв}\varepsilon_р)}{J_{дв}\, n_0\, K_g\left[\left(\frac{n_м}{n_0}\right)^2+2\left(\frac{n_0-n_м}{n_0}\right)^2\right]},$$

где $n_м$ – синхронная частота вращения малой скорости.

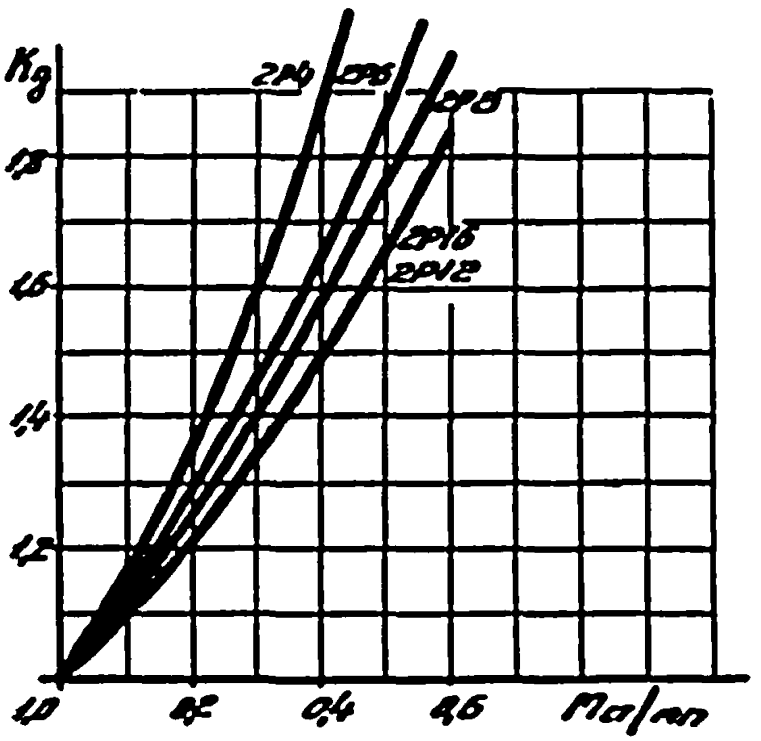
I.5.9. Тепловая проверка крановых модификаций односкоростных и двухскоростных электродвигателей единых серий осуществляется путем определения допустимого числа разгонов и торможений двигателя.

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

$$N_{доп}=h_0 K_п \frac{\sum\Delta P_{ол}}{\sum\Delta P_{пв}}\frac{J_{дв}}{\sum J_{общ}}(1-\varepsilon_р)\left[\left(\frac{n_м}{n_0}\right)^2+2\left(\frac{n_0-n_м}{n_0}\right)^2\right]^{-1}, \qquad (I.16)$$

где $K_п$ – коэффициент учета статической нагрузки.

Коэффициент потерь при пуске



Черт. 6

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

$0{,}1\,U_н > U_{ст}$ $K_п$ - I,I

$0{,}2\,U_н > U_{ст} > 0{,}1U_н$ $K_п = 0{,}75$

$0{,}28U_н > U_{ст} > 0{,}2U_н$ $K_п = 0{,}5$

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

$0{,}3U_н > U_{ст}$ $K_п = 0{,}9$

$0{,}6U_н > U_{ст} > 0{,}3U_н$ $K_п = 0{,}6$

$0{,}8U_н > U_{ст} > 0{,}6U_н$ $K_п = 0{,}4$

$0{,}9U_н > k_{ст} > 0{,}8U_н$ $K_п = 0{,}3$

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

$$\Sigma\Delta P = P_н \frac{I - \eta_{дв}}{\eta_{дв}} \qquad (I.I7)$$

Отношение $\Sigma\Delta P_{эл}/\Sigma\Delta P_{пв}$ рекомендуется принять равным 0,6 в режиме $\varepsilon_д = 0{,}25$ для электродвигателей 4АС с высотой оси вращения от 80 до I32 мм, и это отношение принимается 0,8 в режиме $\varepsilon_д = 0{,}4$.

При односкоростных электродвигателях величина $n_{н1} = 0$, а цифра 2, характеризующая режим торможения, заменяется на I для торможения механическим тормозом. Найденное по формуле (I.I6) 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.I3) при знаменателе формулы

$(4\,\eta_{экв} - 3\,\eta_{экв.б})$.

Особенности выбора электрооборудования при эксплуатации кранов в среде с окружающей температурой выше $45^{\circ}C$ или в условиях высокогорья приведены в приложении I (справочном).

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

2.I. Общие условия расчета и выбора электрооборудования для механизмов горизонтального передвижения.

2.I.I. 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 крюке в условиях пуска и электрического торможения при обеспечении достаточно плавного разгона и торможения.

2.I.2. Для механизмов передвижения мостовых и козловых кранов, механизмов поворота стреловых кранов рекомендуется ограничение скоростных параметров согласно данным табл. 2.I и 2.2.

Таблица 2.I.

Рекомендуемые ограничения скоростей кранов, работающих в помещении

Характеристика		Наименование механизма	Максимальная скорость, м/с. Условия использования: Управляемые с пола		Управляемые из кабины							
			Взрывобезопасные IM–3M	IM–3M	Взрывобезопасные 3M–5M	3M		4M		5M	6M	
						до 20т	свыше 20т	до 20т	свыше 20т	всех грузоподъемностей	всех грузоподъемностей	
Короткозамкнутые односкоростные электродвигатели без регулирования пускового момента		Кран	0,6	0,6	I,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	I,0	0,8	0,7	–	–	–	
		Тележка	–	0,5	0,3	0,8	0,8	0,7	–	–	–	
		Поворот	–	0,8	–	I,0	0,8	0,7	–	–	–	
	двухскоростные	Кран	0,8	0,8	I,2	I,I	I,0	0,9	0,6	–	–	
		Тележка	0,4	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,5	0,6	–	
Электродвигатели с фазным ротором или постоянного тока с регулированием пускового момента		Кран	–	–	–	–	I,2	I,3	I,3	Ограничивается временем пуска не более 60		
		Тележка	–	–	–	–	I,0	I,0	I,0	Ограничивается временем пуска не более 40		
		Поворот	–	–	–	–		I,3	I,3	Ограничивается временем пуска не более 60		

Таблица 2.2.

Рекомендуемые ограничения скоростей кранов, работающих на открытом воздухе

Характеристика электропривода	Наименование механизма	Максимальная скорость, м/с. Условия использования					
		Управляемые с пола		Управляемые из кабины			
		Взрывобезопасное ПМ-3М	ПМ-3М	Взрывобезопасное ПМ-3М	2М-3М	4М	5М
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 односкоростные двигатели с регулированием пускового момента	Крана	0,5	0,8	0,5	0,8	–	–
	Тележки	0,15	0,5	0,15	0,7	–	–
Короткозамкнутые двухскоростные двигатели с регулированием пускового момента	Крана	0,6	0,8	0,6	1,0	0,7	–
	Тележки	0,2	0,5	0,2	0,7	0,5	0,5
	Поворота	–	0,8	–	0,8	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.I.3. Минимальная величина расчетного ускорения механизмов передвижения при применении электродвигателей с фазным ротором или электродвигателей постоянного тока, работающих в помещении определяется по формулам:

$a_p = v/6$, м/с^2 (2.I) группа режимов IM-4M

$a_p = v/5$, м/с^2 (2.2) группа режимов 5M

Оптимальное значение расчетного ускорения механизма передвижения в помещении $a_p = 0{,}3$ м/с^2. Расчетная величина ускорения ниже 0,2 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 $\alpha = 0{,}5$ $a_p = 0{,}2$ м/с^2; при α свыше 0,5 до 0,66 $a_p = 0{,}25$; при α свыше 0,66 $a_p = 0{,}4$ м/с^2.

Величина расчетного ускорения груза при повороте с наибольшим вылетом устанавливается по формуле $a_p = v/5$ м/с^2 для механизмов режимных групп 3M-5M и приводных электродвигателей с фазным ротором.

2.I.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

$$N_{pk} = k^2_{\delta k1} N \qquad (2.3.)$$

где N – определяется по табл. I.2 для заданной режимной группы механизма.

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

электродвигателей N_p определяется по формуле (I.9.). В табл. 2.3 приведены значения расчетных ускорений механизмов и допустимого числа пусков и торможений $N_{рк}$ 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 $N_{рк}$ способом противовключения электродвигателей единых серий 2АС-АИК мощностью 0,7-8,5 кВт.

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

При заданной скорости передвижения $v_г$ по табл. 2.3; 2.4; 2.I для нормированного минимального значения $N_{рк}$, N_p устанавливается минимально допустимое значение расчетного ускорения a_p, для которого минимально допустимое число пусков и торможений не ниже установленного по формулам (I.9) и (2.3). Границы групп режимов работы механизмов на таблицах обозначены утолщенными линиями.

Таблица 2.3

Допустимое число пусков в час и торможений $N_{рк}$ крановых короткозамкнутых электродвигателей мощностью I,4 – II кВт

Расчетное ускорение a_p, м/с²	Допустимое число пусков в час и торможений противовключением при наибольшей скорости $v_г$, м/с							
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	I,0	I,1	I,2
	Группа режима 4М 25% ПВ		15-25% ПВ группа режима 3М					
0,2	5I	42,5	–	–	–	–	–	–
0,3	72	60	5I	45	40	–	–	–
0,4	84	78	67	58	52	47	43	39
0,5	I06	88	85	74	66	59	54	49
0,6	I2I	I00	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 $N_{рк}$ электродвигателей единых серий 4АС-АИК мощностью 0,7-8,5кВт

Расчетное ускорение $a_р$, м/с²	Допустимое число пусков в час и торможений противовключением при наибольшей скорости $v_г$, м/с							
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	I,0	I,I	I,2
	Группа режима 3М	Группа режима 2М				I5-25% 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	6I	52	45	40	36	33	30
0,6	85	7I	6I	53	47	42	39	35
	Группа режима 5М 40% ПВ	Группа режима 4М 25% ПВ				Группа режима 3М I5-25% ПВ		

Таблица 2.5

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

Расчетное ускорение $a_р$, м/с²	Допустимое число пусков в час $N_р$ и торможений на малой скорости при наибольшей скорости $v_г$, м/с							
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	I,0	I,I	I,2
	Группа режима 3М			Группа режима 2М				
0,2	67	56	–	–	–	–	–	–
0,3	80	76	58	52	50	–	–	–
0,4	II4	94	82	72	63	57	52	48
0,5	I36	II4	99	86	76	69	62	58
0,6	I60	I34	II6	I02	90	80	73	67
	Группа режима 5М	Группа режима 4М						Группа режима 3М

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

2.2.1. Выбор электродвигателей для механизмов передвижения тележек, кранов и механизмов поворота групп режимов работы 1М-5М, а также взрывобезопасных кранов групп режимов 4М, 5М осуществляется по расчетной мощности P_p кВт, величина которой должна быть ниже номинальной мощности выбираемого электродвигателя переменного тока при ε_p= 40% ПВ и электродвигателя постоянного тока при ε_p=25%ПВ.

Расчетная мощность определяется по формуле

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

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

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

где $P_{ст\,макс}$ – наибольшая расчетная мощность на валу каждого из 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 v_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 быстроходные исполнения параллельного возбуждения.

2.2.3. Выбор электродвигателей механизмов передвижения взрывобезопасных кранов групп режимов работы 1М-3М осуществляется по расчетной мощности P_p, величина которой должна быть ниже номинальной мощности выбираемого двигателя при ε_p= 25% ПВ. Величина расчетной мощности определяется по формуле

$$P_p = \frac{1.1\varphi(G+q+Q)v^2}{10^3 m_K \eta} + \frac{P_{ст}}{1,75} \qquad (2.6)$$

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 $t_{пауз} < 20с$.

Расчетная мощность определяется по формуле

$$P_p = \frac{G v_r \alpha K_{вкл}}{36 \cdot 10^3 \eta m_к} \sqrt{\frac{100 N v_r \eta}{\varepsilon_0 \alpha}} \qquad (2.7.)$$

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 групп режимов 1М-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 групп режимов 4М-5М и двигатели передвижения мостов взрывобезопасных кранов групп 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 групп режимов 1М-4М и механизмов

мостов групп режимов 3М-4М, выбранные по п. 2.2.I проверяются на отсутствие нарушения сцепления.

2.3.4. Электродвигатели постоянного тока и переменного тока с фазным ротором всех механизмов групп режимов 5М-6М, выбранные по п. 2.2.I проверяются на отсутствие нарушения сцепления и на необходимый запас по нагреву согласно п. I.5.7.

2.3.5. Электродвигатели постоянного тока и переменного тока с фазным ротором механизмов групп 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.I. Общие условия движения механизмов передвижения без нарушения сцепления колес с рельсами соответствуют формуле

$$\frac{\varphi \alpha g (G+q) v_г}{K_{зс}\ 10^3\ \eta} > \frac{M_{п\,мин}}{M_н}\frac{P_н}{P_р}\left[\frac{0{,}66(G+q+Q)v_г a_р}{10^3\ \eta} + \frac{P_{ст}}{1{,}75}\right] \pm P_{ст}\,\eta^2 . \qquad (2.8)$$

После преобразования формула 2.8 имеет вид:

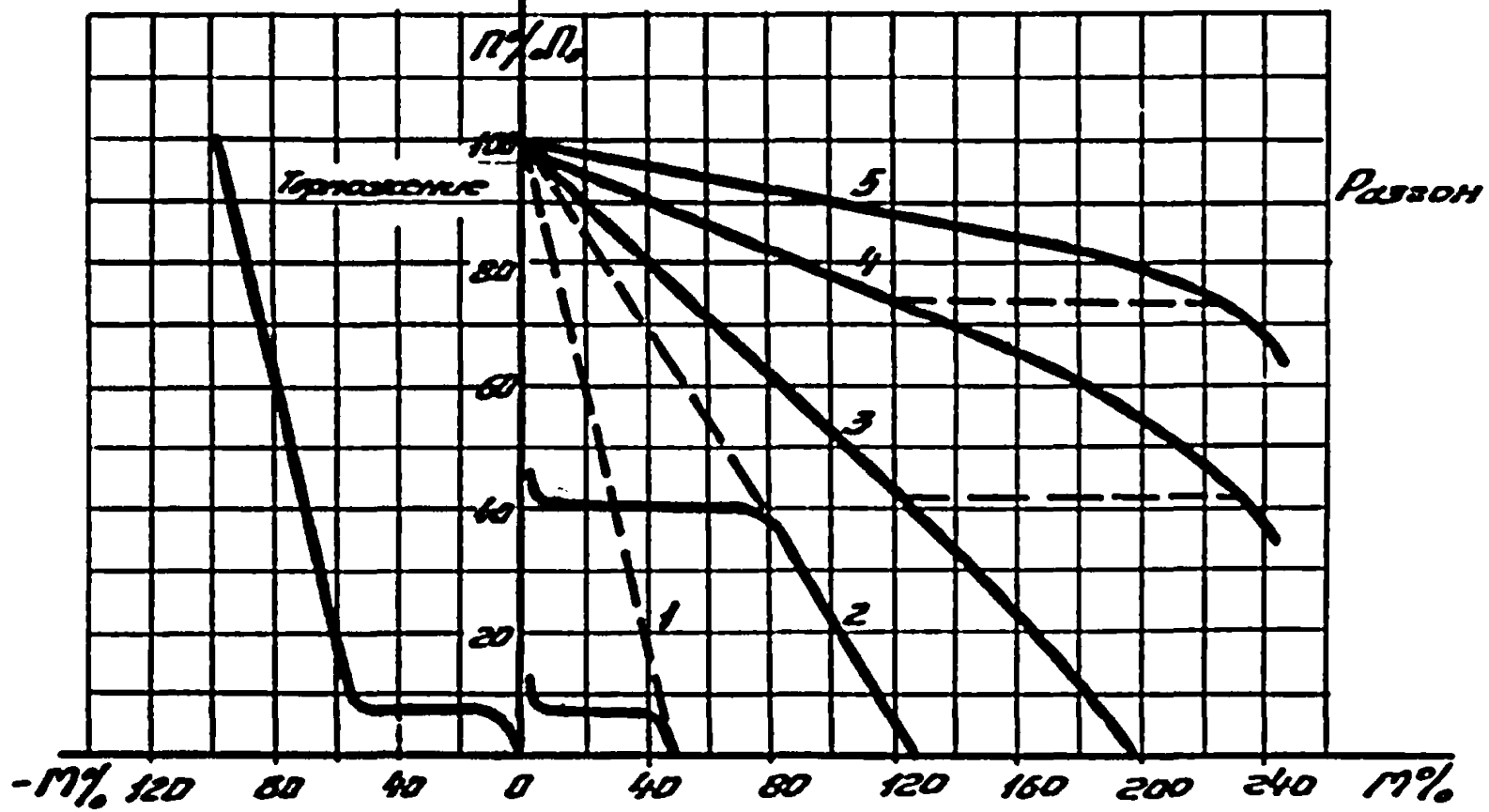
$$\alpha \frac{\varphi g}{K_{зс}} \frac{(G+q)}{(G+q+Q)} > \frac{M_{п\,мин}}{M_н}\frac{P_н}{P_р}\left(0{,}66\, a_р + \frac{0{,}9}{1{,}75 K_х}\right) \pm \frac{0{,}72}{K_х} ,$$

где $K_х$ = I0 - для помещения; $K_х$ = 4 - для открытого воздуха.

$M_{п\,мин}$ определяются по типовым механическим характеристикам черт. 7 и черт. 8 для условий движения на этой характеристике.

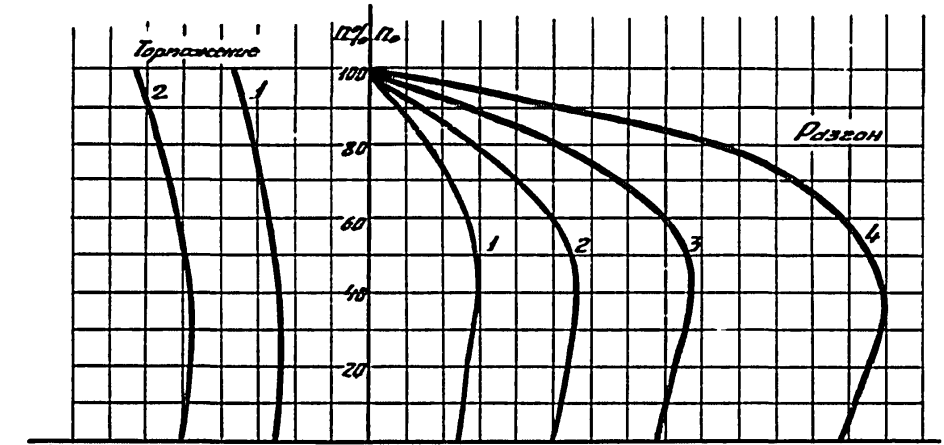
Конкретные условия обеспечения движения без нарушения сцепления определяются по формулам (2.9-2.I4). Левая часть формул характеризует возможности сцепления, а правая часть пусковое усилие привода.

Механические характеристики электроприводов (двигатели с фазным ротором)



Черт. 7

Механические характеристики электропривода (короткозамкнутый электродвигатель)



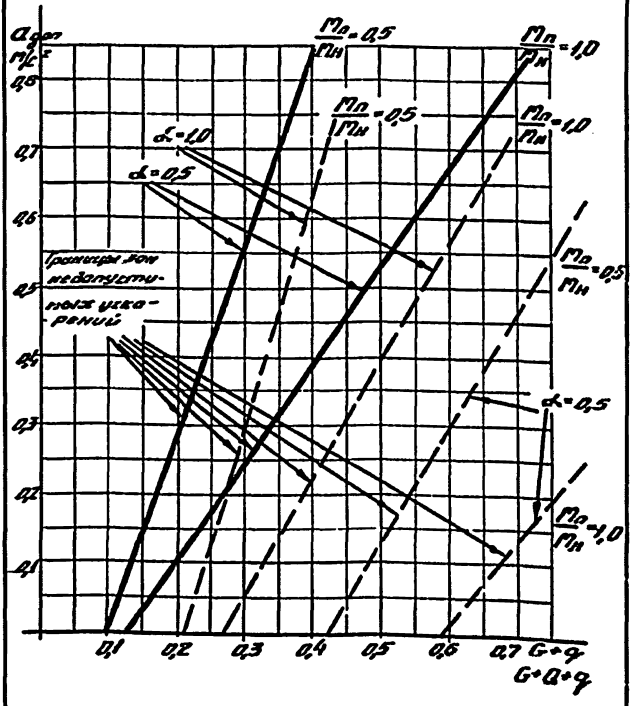
Черт. 8

Зоны ускорений при разгоне ненагруженного механизма

Электропривод с регулируемым пусковым моментом

Помещение

Открытый воздух

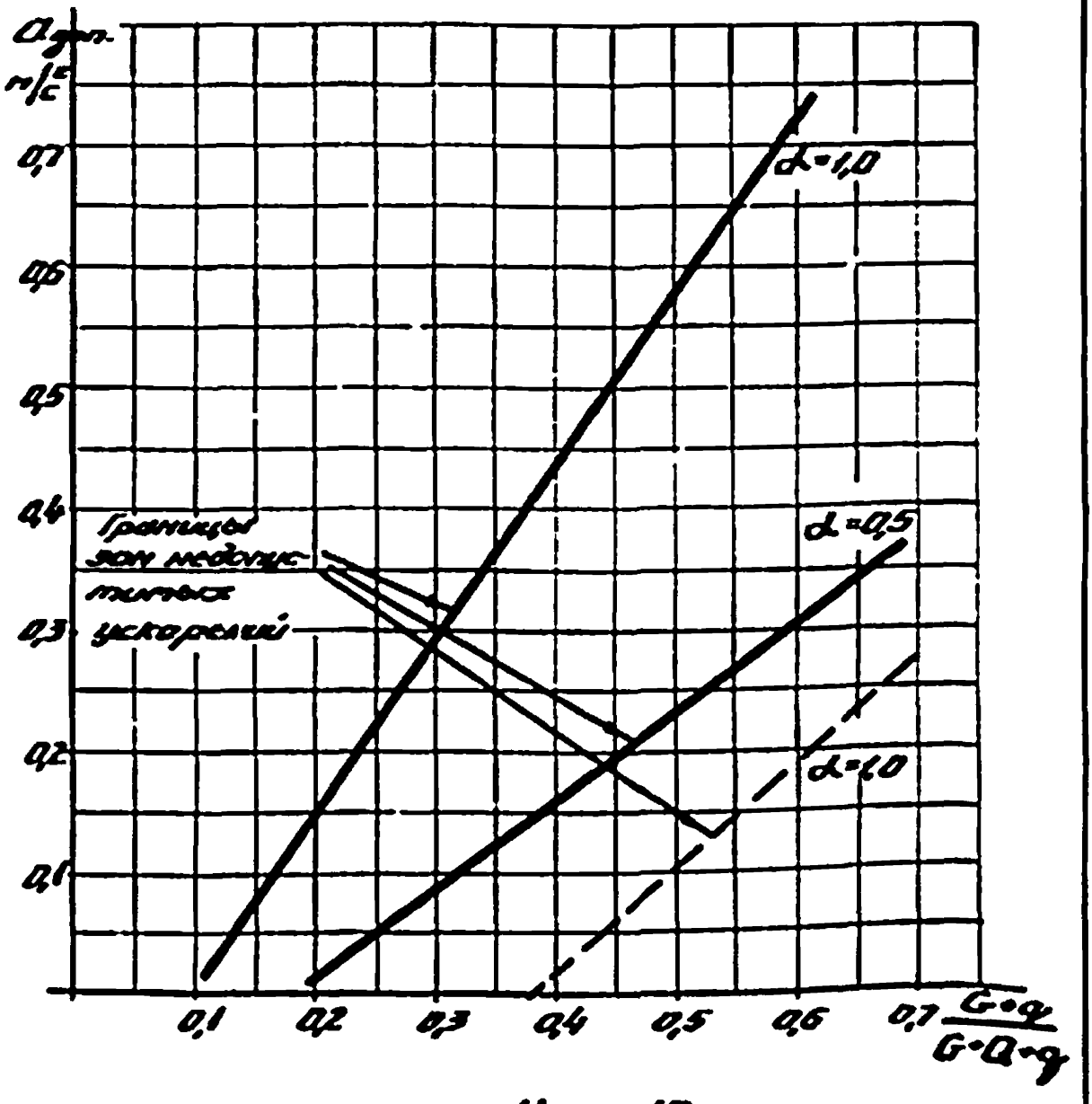


Черт. 9

Зоны ускорений при разгоне ненагруженного тех. узла короткозамкнутого двигателя без регулирования пускового момента

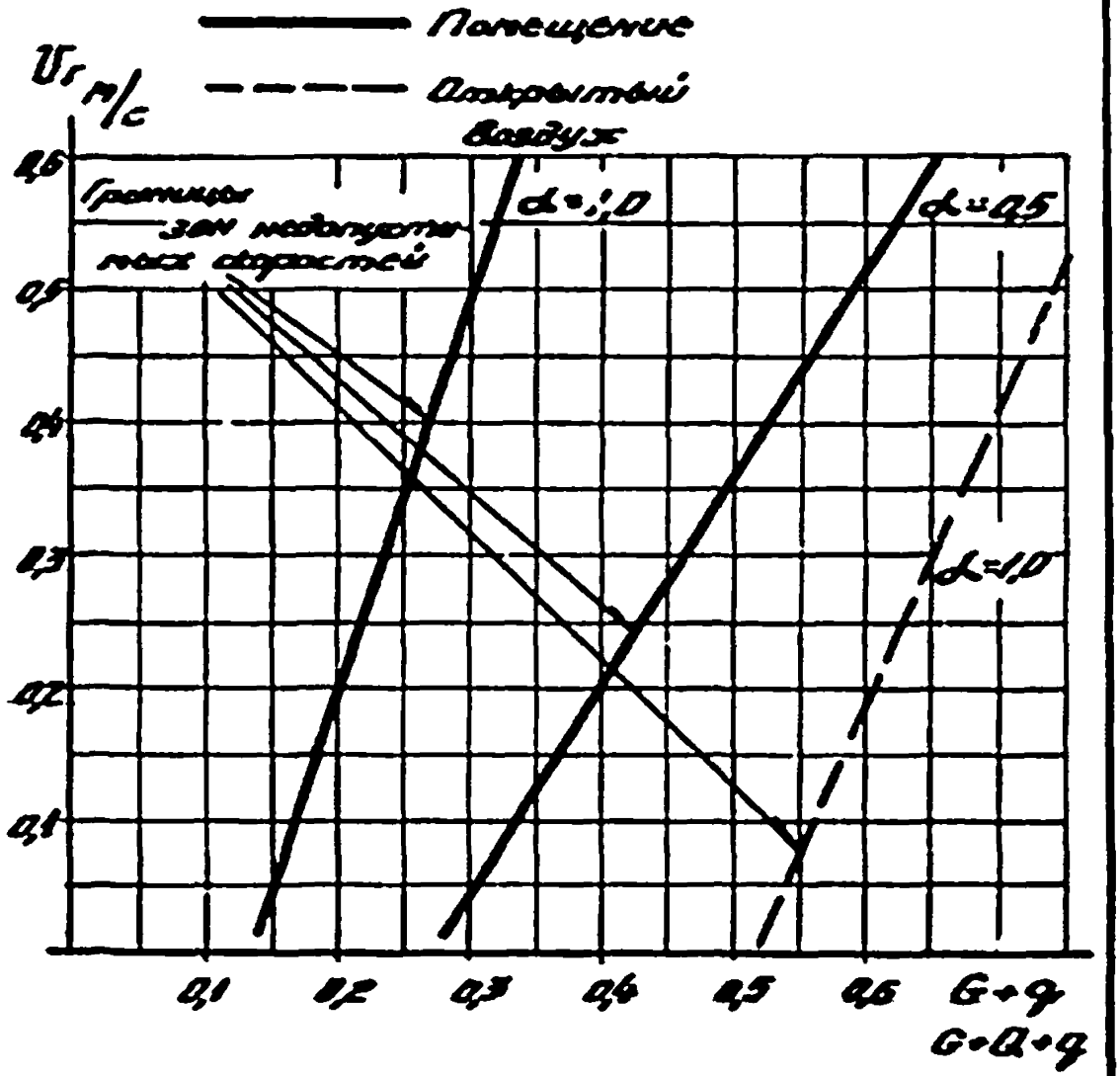
——— Помещение

– – – – – Открытый воздух



Черт. 10

Зоны скоростей ненагруженного механизма взрывобезопасного крана



Черт. 41

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

$$\alpha\frac{G+q}{G+q+Q}-0,038>\frac{P_н}{P_р}\frac{M_{пмин}}{M_н}(0,35a_р+0,027) \quad (2.9)$$

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

$$\alpha\frac{G+q}{G+q+Q}-0,158>\frac{P_н}{P_р}\frac{M_{пмин}}{M_н}(0,58a_р+0,114) \quad (2.10)$$

То же при движении по ветру

$$\alpha\frac{G+q}{G+q+Q}+0,158>\frac{P_н}{P_р}\frac{M_{пмин}}{M_н}(0,58a_{доп}+0,114)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

На черт. 9 приведены граничные зависимости допустимых ускорений $a_{доп}$ механизмов с регулируемым пусковым моментом. На черт. 10 приведены граничные зависимости допустимых ускорений $a_{доп}$ 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 υ_r). 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 $a_{доп}$ для конкретного значения $M'_п/M_н$ и по формуле (2.15) проверяется обеспечение движения без нарушения сцепления

$$\frac{\upsilon_r}{a_{доп}} = t_{раз} < \frac{(1{,}2J_{дв}+J_{доб})m_к n_р^2 + 91\upsilon_r^2(G+q)}{9{,}55\, m_к\, n_р\,(M'_п \mp M_{ст}\frac{W_{рб}}{W_н})}, \qquad (2.15)$$

где $M'_п$ – 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 $M'_п; \upsilon_r; n_р$ При невозможности изменить $M'_п$ и υ_r обеспечение сцепления может быть осуществлено увеличением времени пуска $t_{раз}$ (правая часть неравенства 2.15) за счет добавочного момента инерции на валу двигателя $J_{доб}$ при помощи массивной муфты.

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

$$J_{доб} = \frac{9{,}55(M'_п \mp M_{ст})t_{раз}\, n_р - \frac{91\upsilon_r^2(G+q+Q)}{m_к} - 1{,}2J_{дв}n_р^2}{n_р^2},$$

где (+) для открытого воздуха по ветру.

При этом для короткозамкнутых электродвигателей величина $t_{раз}$ не должна превышать 3*с* и большое время $t_{раз}$ 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 наихудших 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 (каток-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

$$M_п \geqslant M_{ст} \frac{1,2}{0,9^2 \quad 0,85} = 1,75 \; M_{ст} \text{, Нм} \qquad (2.16)$$

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

$$M_п \leqslant \frac{\varphi \alpha \; :: \; W_{мин} \, D_к}{K_{ж} \, 1,1^2 \cdot 2 \; U \, \eta \, m_к} - M_{ст} \eta^2 \qquad (2.17)$$

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 МТКF , 4АС);

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

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 МТКF);

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 $M_п$ короткозамкнутого электродвигателя для обеспечения пуска без груза и торможения методом противовключения, осуществляется, исходя из условий обеспечения сцепления колес ненагруженного механизма, эксплуатационных ускорений $a_э$ и ограничения раскачки груза при пусках и торможениях (см. табл. 2.6).

Таблица 2.6

Эксплуатационные ускорения

$\frac{G+q+Q}{G+q}$	$M_п/M_н$		
	В помещении при эксплуатационном ускорении		На открытом воздухе при эксплуатационном ускорении
	$a_э=0,3 м/с^2$	$a_э=0,2 м/с^2$	$a_э=0,2 м/с^2$
6	0,5	-	0,4
4	0,7	0,5	0,6
2	I,0-I,3	0,85	I,0-I,I

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

$$r_{доб}=\frac{U}{\sqrt{3}I_п}\left(\sqrt{\frac{M_п}{M_к}\cdot\cos^2\varphi_к}-\cos\varphi_к\right) \qquad (2.18)$$

где $$\cos\varphi_к=\cos\varphi_н\left[\frac{M_п}{M_н}\frac{I_н}{I_п}\frac{\eta_н}{(1-S_н)}+0,33\frac{I_п}{I_н}(1-\eta_н)\right] \qquad (2.19)$$

$U_н$, $I_н$, $\eta_н$, $S_н$, $\cos\varphi_н$ - номинальные данные двигателя;

$U_п$, $I_п$ - пусковые данные двигателя.

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

$$r_{доб}=\frac{U_р}{1,73I_{рн}}\frac{M_н}{M_к}-r_{рот} \qquad (2.20)$$

2.5. Проверка работы оперативного тормоза

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

$$M_{тр} = \frac{6{,}3\,(G+q+Q)\,v^3}{m_к\ n\ \Delta S} \pm M_{ст} \quad Нм, \qquad (2.21)$$

где знак (+) при нагрузке от попутного ветра.

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

$$M_{тр} = \frac{94\,(G+q)\,v_т\,\alpha\,\varphi}{\eta\ m_к\ n_р} \quad Нм. \qquad (2.22)$$

2.5.2. Минимальная величина выбега на границе нарушения сцепления без груза

$$\Delta S = \frac{0{,}07\,v_т^2\,\eta\,(G+q+Q)}{\alpha\,\varphi\,(G+q)} \qquad (2.23)$$

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

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

$$\Delta P = \frac{1{,}8\,(G+q+Q)\,v_т^2}{10^4\ m_к} N_{тр} \left(\frac{M_{тр}}{M_{тр}+M_{ст}}\right)\left(\frac{n_т}{n_р}\right)^2, \qquad (2.2.)$$

где $n_т$ - частота вращения начала торможения.

Допустимая мощность потерь, рассеиваемых колодочным тормозом:

$$\Delta P_{доп} = 360\,D_ш\,(10\,D_ш + 1) \qquad (2.25)$$

Формула соответствует теплоотводу 0,1 Вт с 1 $см^2$ поверхности теплоотдачи шкива при $\tau = 150^{\circ}C$.

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 противовключением.

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 минимальном 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 1М-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 свыше 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 свыше 0,08 м/с следует применять системы с торможением противовключением МКП-АДФ.

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

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

3.I.5. Условный цикл механизма подъема груза на расчетную высоту H и опускание 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.I. Мощность на валу электродвигателя при подъеме номинального груза с номинальной скоростью v_n определяется по формуле

$$P_{ст} = \frac{(Q+q)\,v_n}{102\,\eta\,m_n} \quad \text{кВт}, \qquad (3.I.)$$

где m_n – коэффициент числа механизмов, поднимающих груз;

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

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

m_n = I,8 при подъеме груженого 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

$$U = \frac{\pi D_б\, n_р}{60\, v_п\, U_п} \qquad (3.2)$$

Расчетная частота вращения электродвигателей $n_р$ выбирается с учетом следующих рекомендаций:

для электродвигателей с фазным ротором, используемых на механизмах групп режимов работы 1М-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 1М-4М - быстроходное 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

$$M_{ст} = \frac{9560 \ P_{ст}}{n_р} , \ Нм \qquad (3.3)$$

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

$$M_{ср\ ст} = K_{н} \cdot K_{з} \cdot M_{ст} , \qquad (3.4)$$

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

$K_{н} = 0,7$ - для крюкового крана;

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

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

$K_н$ = 0,8 – для магнитного крана;

$K_з$ – коэффициент запаса на условия работы при повышенной температуре окружающей среды до плюс 60°С или непредвиденной перегрузке:

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

$K_з$ = I,2 – для всех ПТМ группы режимов 6М и металлургических кранов группы режимов 5М, работающих при температуре окружающей среды выше 40°С.

3.3. Предварительный выбор электродвигателя по пусковому моменту и режиму работы

3.3.I. Электродвигатель механизма подъема должен отвечать двум условиям:

при подъеме груза II0% номинального двигатель должен разгонять 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 – I0% и минимальной кратности среднего пускового момента к номинальному – I,20 т.е.

$$M_{ст} < I,4M_н < 0,55M_п < 0,68M_{мин} , \qquad (3.5)$$

где $M_н$ – номинальный момент двигателя постоянного тока при ПВ 25% или номинальный момент двигателя переменного тока с фазным ротором при ПВ 40%;

$M_п$ – 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 I.4 $M_н$ не проверяется, а при проверке двигателя с фазным ротором величины $0,55M_п$ и $0,68M_{мин}$ не используются.

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

$$P_р = K_н K_з K_р K_\varepsilon K_{пр} P_{ст}, \text{ кВт} \qquad (3.6)$$

Данные коэффициентов относительной продолжительности включения K_ε и использования по грузоподъемности $K_н$, пусковых потерь $K_{пр}$ приведены в табл. 3.I. $K_з$ см. п. 3.2.4, коэффициент $K_р$ см. табл. I.3.

Таблица 3.I

Расчетные параметры механизмов подъема

Группы режимов	$\varepsilon_р$	Расчетное число включений в час	K_ε	$K_{пр}$
IM-3M	0,25	90	0,82	I,0
4M	0,40	I20	0,95	I,I
5M	0,40	240	I,0	I.25
6M	0,60	360	I,I2	I,4

3.4. Проверка двигателя предварительно выбранного по п. 3.3.

3.4.I. Электродвигатели всех типов механизмов групп режимов IM-3M (в том числе для взрывобезопасных кранов), выбранные по п. 3.3.I дальнейшей проверки не требуют.

3.4.2. Короткозамкнутые электродвигатели (односкоростные и двухскоростные) группы режимов 4M проверяются на допустимое число пусков и торможений по п. I.5.8. или I.5.9.

3.4.3. Электродвигатели постоянного тока и переменного тока с фазным ротором групп режимов 4M-6M проверяются на необходимый запас по нагреву согласно п. I.5.7.

3.5. Проверка выбранного тормоза по рассеиваемой энергии.

$K_{эт}$ – коэффициент запаса торможения согласно статье 130 Правил Госгортехнадзора:

$K_{эт}$ = 1,5 – для группы режимов 1М-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

$$M_{тр} = K_{эт} \cdot M_{ст} \cdot \eta^2 \text{ , Н·м} \qquad (3.7)$$

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

$$\Delta P = \frac{1,52 \sum J_{\delta ц} n_т^2 N_р}{2 \cdot 10^6} \left(\frac{M_{тр}}{M_{тр} + M_{ст}} + \frac{M_{тр} K_{нт}^2}{M_{тр} - \eta M_{ст} + M_э} \right), \text{Вт} \qquad (3.8.)$$

где $M_э$ – средний момент электрического торможения (противовключения, динамического торможения), Н·м;

$n_т$ – 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 см^2 поверхности и температуре τ =150°С

$$\Delta P_{доп} = 360 D_ш (10 D_ш + 1) \text{ , Вт} \qquad (3.9)$$

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 минимума нагрузки на механические тормоза;

минимальная масса и стоимость электропривода;

минимальные эксплуатационные затраты.

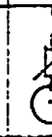
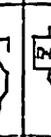
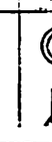
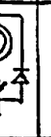
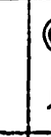
Основные технические данные систем управления крановыми механизмами приведены в табл. 4.1.

4.1.2. $P_т$ - 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, портальные краны, контейнерные перегружатели	1000-1600 кВА
специальные технологические краны металлургического и химического производства, рудно-угольные перегружатели, краны на электростанциях	4000 кВА

Основные параметры систем управления

Таблица 4.I.

Параметры	Условное обозначение системы																								
	Электроприводы постоянного тока				Электроприводы переменного тока																		Взрывобезопасные краны		
	К-ДП	МК-ДП	ТП-ДП	ГД	ПЧИ-АДК	МП-АДК	К-АДК	МК-АДД	ПЧН-АДД	МТК-АДД	К-АДЭ	КД-АДЭ	КИ-АДЭ	МКП-АДЭ	ВТ-АДЭ	МКД-АДЭ	ИКБ-АДЭ	ТРН-АДЭ	МКД-АДЭ АДД	МКИ-АДЭ	МКДИ-АДЭ	МП-АДК	МК-АДД
Способ управления / Источник питания	Сеть постоянного тока		Сеть переменного тока																						
Способ управления	*)	**)	**)	**)	**)	**)	*)	**)	**)	**)	*)	*)	*)	**)	*)	**)	*)	**)	*)	**)	*) Многодвигательный ТРН+МКД	**)	*)		
Система управления																					Искробезопасные цепи 			
Зона регулирования I-Ш квадрант	да	да	да	да	да	нет	нет	да	да	да	нет	нет	да	нет	да	да	да	да	да	да	да	нет	да		
Зона регулирования II-IУквадрант	да	да	да	да	да	нет	нет	да	да	да	нет	да	нет	нет	да	да	да	да	да	да	да	нет	да		
Наибольшие параметры регулирования ниже номинальной скорости	I:4	I:6	I:20	I:20	I:I0	нет	нет	I:6	I:40	I:6	нет	I:7	I:I0	нет	I:8	I:8	I:8	I:I0	I:I2	I:I0	I:I0	нет	I:4		
выше номинальной скорости	2:I	2:I	3:I	3:I	2:I	Регулирование скорости выше номинальной отсутствует													от I,6:I до 2:I	нет		нет	нет		
пускового момента	I:2	I:4	I:4	I:4	I:4	нет	I:4	нет	I:2	I:4	I:4	I:3	I:4	I:4	I:2	I:3	I:3	I:4	I:2	I:4	I:3	нет	I:2		
Исполнительный двигатель	Постоянного тока: последовательного возбуждения		Постоянного тока: независимого возбуждения		Короткозамкнутый асинхронный двигатель			Двухскоростной короткозамкнутый двигатель			С фазным ротором											Короткозамкнутый	Двухскоростной короткозамкнутый	
Диапазон мощностей, квт	3-I5	I0-I20	50-300	20-300	20-80	0,7-I0	0,7-I0	0,7-30	I0-40	0,7-8	I,4-22	I0-22	I,4-I5	3-I00	I0-30	I0-I60	I5-I00	I0-I20	22-55	I,4-80	хоI2хII	0,5-22	I,0-I5		
Частота пусков в час	60	360	360	360	360	60	60	I20	240	240	I20	I20	I20	240	I20	240	360	I20	I20	240	I20	60	I20		
Ресурс по числу включений без тока	$I\cdot I0^6$	$20\cdot I0^6$	$20\cdot I0^6$	$20\cdot I0^6$	$I0\cdot I0^6$	$5\cdot I0^6$	$2\cdot I0^6$	$5\cdot I0^6$	$I0\cdot I0^6$	$I0\cdot I0^6$	$2\cdot I0^6$	$2\cdot I0^6$	$2\cdot I0^6$	$I0\cdot I0^6$	$5\cdot I0^6$	$I0\cdot I0^6$	$20\cdot I0^6$	$I0\cdot I0^6$	$5\cdot I0^6$	$I0\cdot I0^6$	$I0\cdot I0^6$	$0,5\cdot I0^6$	$0,5\cdot I0^6$		
Коммутационная износоустойчивость циклов В.О.	$0,I\cdot I0^6$	$I\cdot I0^6$	$2\cdot I0^6$	$2\cdot I0^6$	$4\cdot I0^6$	$0,2\cdot I0^6$	$0,2\cdot I0^6$	$0,5\cdot I0^6$	$I\cdot I0^6$	$2\cdot I0^6$	$0,2\cdot I0^6$	$0,2\cdot I0^6$	$0,2\cdot I0^6$	$I\cdot I0^6$	$0,5\cdot I0^6$	$I\cdot I0^6$	$5\cdot I0^6$	$2\cdot I0^6$	$0,5\cdot I0^6$	$I\cdot I0^6$	$I\cdot I0^6$	$0,5\cdot I0^6$	$0,5\cdot I0^6$		
Удельная масса аппаратуры кг/квт на среднюю мощность	8	I0	I0	20	I5	4	6	9	I2	I0	7	7	8	6	9	9	I0	I0	I0	9	8	I2	20		
Стоимость аппаратуры, руб. средняя	70	500	5000	2600	8000	20	45	I50	3500	300	50	250	300	400	I000	800	I200	2000	I300	500	2000	500	700		
Среднее время восстановления после отказа, час	2	5	30	I5	30	0,5	I,0	2	20	4	I0	3	4	4	4	5	8	I2	5	8	8	2	3		
Время наладки при вводе в эксплуатацию, час	4	I6	40	32	60	I	2	3	40	4	2	4	4	6	6	8	I6	40	24	I6	36	4	8		

*) Только из кабины

**) Из кабины и с пола

4.2. Выбор номинального тока коммутационных аппаратов

4.2.I. Для выбора номинального тока коммутационных аппаратов исходным является ток главной цепи $I_р$ при расчетной мощности $P_р$ соответствующего механизма. Средний суммарный ток всех механизмов крана определяется по формуле

$$I_{общ} = I_{рп} + 0,8\, I_{рм} + 0,8\, I_{рт} + \Sigma I_{всп}\ , \text{ А} \qquad (4.I.)$$

где $I_{рп}$ – расчетный ток электродвигателей механизмов подъема;

$I_{рм}$ – расчетный ток электродвигателей механизмов моста или поворота;

$I_{рт}$ – расчетный ток электродвигателя механизма тележки;

$\Sigma I_{всп}$ – ток вспомогательных цепей.

4.2.2. Установившийся ток короткого замыкания на вводе крана $I_{кз}$ при 380В

$$I_{кз} = 12 I_{общ} + \frac{U_н^2}{100}\left(\ell g\, P_т - I\right)^2 \qquad А \qquad (4.2.)$$

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

$$I_{дин} = 0,4\, I_{кз} \qquad А \qquad (4.3.)$$

Ток динамической устойчивости аппаратов других механизмов

$$I_{дин} = 0,2\, I_{кз} \qquad А \qquad (4.4.)$$

4.2.5. Учитывая, что ток динамической устойчивости для аппаратов составляет I8-22 Iн аппарата, величины номинальных токов аппаратов должны быть не ниже указанных в табл. 4.2.

Таблица 4.2.

Параметры токов электроприводов

	Мощность питающего трансформатора, кВА	Пределы тока К.з. на вводе крана, А	Установка фидерного автомата не более, А	Минимальный номинальный ток, А		
				линейного контактора после ввода крана	коммутационных аппаратов механизмов подъема	других механизмов
Мостовые и козловые краны машиностроительных предприятий	160 400 630 1000	1600-2000 2300-3000 3000-4500 6000-7500	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 апериодической 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

$$I_н = \frac{I_р}{K_к \; K_э \; K_з}, \; А \qquad (4.5.)$$

где $I_н$ – номинальный ток аппарата главной цепи в режиме по НТД на его изготовление и поставку;

$K_к$ – коэффициент использования по условиям коммутационной износоустойчивости;

$K_э$ – коэффициент использования по условиям эксплуатации.

Величины коэффициентов приведены в табл. 4.3. и 4.4.

Таблица 4.3.

Коэффициенты коммутационной износоустойчивости $K_к$

Группы режимов работы	Коммутационная износоустойчивость или. включений	Коэффициент Кк			
		Магнитные контроллеры: с бестоковой коммутацией	Магнитные контроллеры: с обычной коммутацией	Силовые контроллеры	Магнитные пускатели
1М	0,25	1,2	1,3	1,1	0,8
2М	0,25	1,2	1,2	1,0	0,7
3М	0,5	1,2	1,1	0,9	0,6
4М	1,0	1,2	1,0	0,65	0,5
5М	3,0	1,0	0,8	0,35	–
6М	5,0	1,0	0,5	–	–

Таблица 4.4.

Коэффициенты условий эксплуатации $K_э$

Группы режимов работы	Средняя частота включений в час	Коэффициент Кэ					
		постоянный ток	переменный ток				
		К-ДП МК-ДП	МП-АДК К-АДК МК-АДД МП-АДД	К-АДЭ ПКП-АДЭ	ПКП-АДЭ КП-АДЭ КП-АДЭ	МКБ-АДЭ ПКП-АДЭ ТРН-АДЭ	МП-АДК
1	2	3	4	5	6	7	8
1М	60	1,25	1,1	1,25	1,25	1,25	0,8
2М	60	1,1	1,0	1,1	1,1	1,85	0,7

I	2	3	4	5	6	7	8
3М	90	I,0	0,85	I,0	I,05	I,I	0,7
4М	I20-I80	I,0	0,7	0,9	I,0	I,I	0,6
5М	240	0,9	0,4	0,8	0,9	I,0	-
6М	свыше 360	0,8	-	-	0,8	0,85	-

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

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

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

Таблица 4.5.

Минимальные скорости механизмов подъема

I	Наибольшая посадочная скорость $\vartheta_{пос}$ м/с	Минимальная скорость подъема груза, м/с
	2	3
Кран монтажный для крупногабаритных грузов	0,03	0,03
Кран монтажный для судосборки, сборки самолетов и т.п.	0,0I	0,0I
Кран монтажный для жилищного и промышленного строительства	0,08	0,I6
Кран башенный строительный	0,08	0,08
Кран монтажный средней грузоподъемности (до I6т)	0,05	Не регламентирована

I	2	3
Кран мостовой или козловой электрический общего назначения г/п до I2,5т	0,08	Не регламентирована
г/п I6-25т	0,04	То же
Кран мостовой электрический общего назначения г/п 30-50т	0,03	- " -
Кран литейный г/п I00-500т	0,03	- " -
Кран контейнерный	0,05	0,I
Кран высокопроизводительный крюковой перегрузочный	0,25	0,25
Кран-штабелер	0,25	Не регламентирована
Таль электрическая г/п до 3т	0,I5	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-I6т	0,04	0,04

Диапазон регулирования системы электропривода механизма подъема есть отношение

$$D_p = v_{max}/v_{ном} \qquad (4.6.)$$

4.3.2. При выборе по табл. 4.I. той или иной системы электропривода следует либо выбирать систему с необходимым диапазоном регулирования для заданного значения номинальной скорости $v_{ном}$, 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 γ 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.

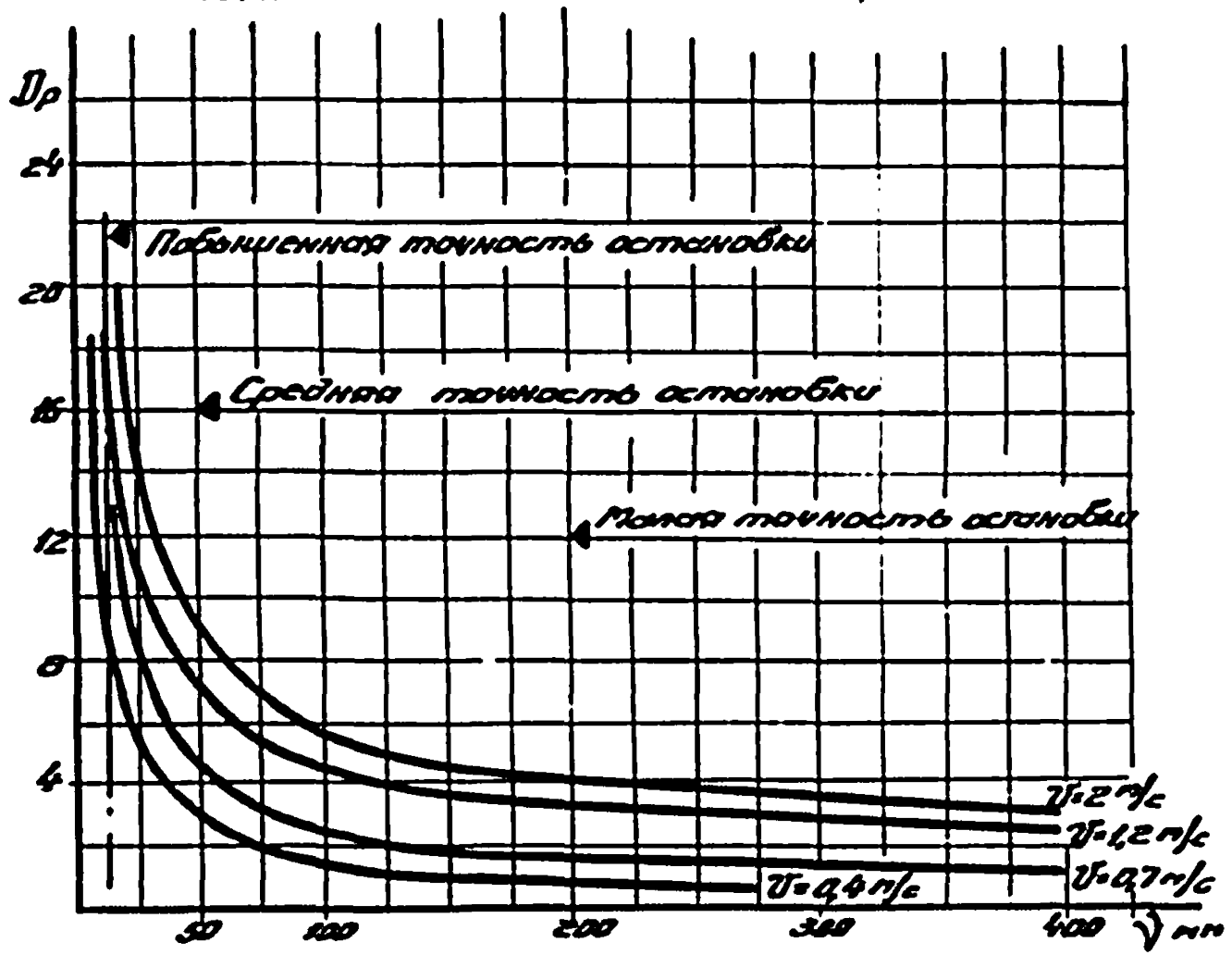
Исходным условием является необходимость регулирования скорости, требуемые диапазоны регулирования скорости и пускового момента.

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

ловиях 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.I. 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 электродвигателя, кВт	Требования к диапазону регулирования	Группа режимов работы				
		1М-2М	3М	4М	5М	6М
I-5	нет	П	П	П	-	-
2-I0	до I:3	К	К	К	К	-
I0-I5	до I:3	К	К	К	-	-
	свыше I:3 до I:8	М	М	М	М	М
I5-30	до I:3	К	К	-	-	-
	свыше I:3 до I:8	М	М	М	М	М
свыше 30	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 I5I50-69 и ГОСТ I4254-80.

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

4.6. При использовании грузоподъемных магнитов по ГОСТ I0I30-79 на кранах следует руководствоваться табл. 4.8.

Таблица 4.7.

Степени защиты электрооборудования

Расположение электрооборудования	Категории размещения крана в эксплуатации								
	У1	У2	У3	ХЛ1	ХЛ2	Т1	Т2	У2 Металлургия	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[x] IP00	ХЛ1 IP3I	ХЛ2 IP3I	Т1 IP44	Т2 IP3I	У1 IP43	ОМ1 IP56
Шкафы, 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	–	–

x) 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	ПМ15В; М22В
св 5 до 10	2шт. М22В; М42В; ПМ15В	М42В; ПМ15В 2шт.; ПМ25В
св 10 до 16	2шт. ПМ15В; ПМ25В 3шт. М22В	2шт. М42В; 2шт., ПМ25В
св 16 до 20	2шт. М42В; 3шт. ПМ15В; 2шт. ПМ25В	М62В; 3шт. ПМ25В
св 20 до 32	М62В; 3шт. М42В; 4шт. ПМ25В	

При использовании грузоподъемных магнитов с суммарным усилием на плите больше, чем имеют указанные в табл. 4.8. электромагниты, краны должны снабжаться по требованию заказчика 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 I тонну номинальной грузоподъемности Q и при среднесменной грузоподъемности в соответствии со следующими нормами:

$Q_{ср} = 0,5\,Q$, $q = 0,05\,Q$ краны режима 3к-5к общего назначения и строительные башенные

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

$Q_{ср} = 0,7\,Q$, $q = 0,1\,Q$ краны режима 6к-7к общего назначения

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

$Q_{ср} = 0,8\,Q$, $q = 0,6\,Q$ краны грейферные

$Q_{ср} = 0,8\,Q$, $q = 0,4\,Q$ краны магнитные

4.7.I. Составные элементы удельных энергозатрат в Вт час/цикл т механизмы подъема кранов с подъемом и спуском одной высоты H:

Согласно ГОСТ 26696-85, а для спец. кранов согласно табл. приложения 2

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

Строительные башенные краны

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

ω - угловая скорость двигателя, рад/с

Механизмы горизонтального передвижения (крана, тележки, поворота)

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

где $K_п$ для систем К-АДЭ; МКП-АДЭ; МКИ-АДЭ; ТРН-АДЭ – 0,1 ;

$K_п$ для системы 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; МКИ-АДЭ; ТРН-АДЭ – 0,3;

$K_т$ для систем КД-АДЭ; МКД-АДЭ; МКБ-АДЭ – 0,1;

зависимость $J_{дв} = f(P_р)$ приведена на черт. I3

Вспомогательные цепи, электромонтаж, грузозахват

$$\Delta A_{всп} = \frac{10^3 [20 \xi_р \Sigma P_{дв} + 0,6 \xi_р Q_{гп} + A_у]}{Q \S}, \qquad (4.9.)$$

где $Q_{гп}$ – грузоподъемность крана с подъемным электромагнитами, кг (если они применяются);

$\Sigma P_{дв}$ – суммарная установленная мощность двигателей на кране, кВт;

$A_у$ – энергозатраты в цепях управления:

$A_у$ – для кранов режимной группы 3к-5к 70 Вт·час,

для кранов режимной группы 6к-7к II0 Вт·час,

для технологических и портальных кранов режимной группы 7к-8к 200 Вт·час.

4.7.2. Общие энергозатраты (энергопотребление крана):

Общее удельное энергопотребление определяется по формуле

$$\Delta A_{общ} = \Delta A_п + \Delta A_к + \Delta A_т + \Delta A_{всп} \qquad (4.I0.)$$

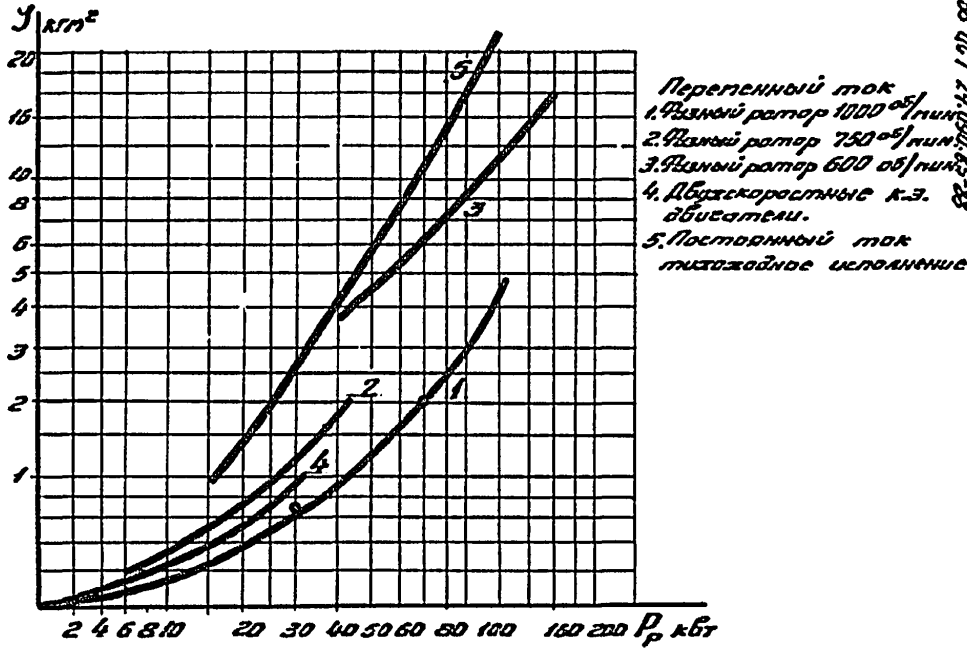
Фактическое годовое энергопотребление в кВт·ч определяется по формуле

$$A_{общ} = \frac{\S Q K_{ср} Д \Delta A_{общ}}{10^6}, \qquad (4.II.)$$

где $K_{ср}$ – число часов работы крана в сутки (табл. I.I.);

Д – число рабочих суток в год.

Моменты инерции роторов электродвигателей



Черт. 13

5. ПРОГРАММЫ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

5.I. Основные исходные данные для выбора электродвигателей:

I. 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 $H, L_к, L_т$;

5. Расчетное время паузы на застроповку и расстроповку $\Sigma t_п$;

6. Масса крана (тележки) G;

7. Номинальная грузоподъемность Q;

8. Масса крюка (подвески) q;

9. Диаметры ходового колеса крана, тележки $D_к$; $D_т$;

I0. Диаметры тормозного барабана $D_ш$;

II. η – КПД механизма;

I2. Условия использования: помещение, открытый воздух;

I3. Мощность статической нагрузки механизмов горизонтального передвижения $P_{ст}$;

I4. Число механизмов подъема (передвижения) $m_п$;

I5. Отношение числа приводных колес к общему числу колес α;

I6. Число приводных колес $m_к$;

I7. Система управления: из кабины, с пола, универсальная;

I8. Диапазон регулирования скорости $D_р$;

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 (I.I); (4.7); (4.8).

С учетом назначения крана устанавливается величина посадочной скорости $v_{пос}$ (табл. 4.5.) и определяется диапазон регулирования (формула 5.6).

Для заданного диапазона регулирования, ресурса, числа включений в час, режима работы (способа управления), экономических параметров (обслуживания, наладки, первоначальной стоимости) выбирается по табл. 4.I. система управления и тип применяемого приводного электродвигателя. Скорости механизмов передвижения выбираются с учетом формулы (I.I.) и ограничений табл. 2.I., 2.2. в зависимости от применяемого типа двигателя и способа управления (с пола, из кабины).

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

Для кранов с условно циклической работой по формуле(I.6) определяется расчетная относительная продолжительность включения. По табл. I.I., I.2. определяются основные параметры электроприводов $\mathcal{E}_p, N$ 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.I.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 формуле(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: $P_н, n_н, \varepsilon_0$. Для механизмов передвижения режимной группы 6М двигатель окончательно выбирается по формуле (2.7) и дальнейшим проверкам не подвергается.

Предварительно выбранный электродвигатель передвижения для механизмов режимной группы 1М–3М 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 режимных групп 1М–3М других проверок не производится.

Для механизмов режимных групп 4М–5М производится тепловая проверка предварительно выбранного двигателя. Двигатели постоянного тока или переменного тока с фазным ротором проверяются по формуле (I.I3) с использованием п. I.5.4.; I.5.5.; I.5.6. Если по формуле (I.I3) расчетная мощность окажется выше значения по предварительному выбору, электродвигатель выбирается п. п. I.5.7. Для окончательно выбранного двигателя осуществляется проверка на отсутствие нарушения сцепления по п. 2.4.I.

Предварительно выбранные двигатели с короткозамкнутым ротором для механизмов передвижения режимных групп 4М, 5М проверяются на реализацию допустимого числа пусков и торможений в час способом противовключения по формуле (I.I4) с учетом требований табл. I.2.

Предварительно выбранные двухскоростные короткозамкнутые двигатели для механизмов передвижения режимных групп 4М, 5М про-

веряются на реализацию допустимого числа пусков и торможений в час по формулам (I.I5), (I.I6).

П 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 раскачки груза, п. 2.4.5. рекомендованы способы снижения пусковых моментов. Но при этом величина пускового момента должна отвечать условиям формулы (2.I6).

5.4. Выбор электродвигателей подъема

Мощность статической нагрузки определяется по формуле (3.I). 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.I.

Двигатели механизмов режимных групп IM-3M дальнейших проверок не требуют.

Предварительно выбранные двухскоростные короткозамкнутые электродвигатели группы режимов 4M проверяются по формуле (I.I5), на допустимое число пусков и торможений с учетом таблицы I.2. и формулы (I.9).

Предварительно выбранные электродвигатели постоянного тока и переменного тока с фазным ротором для механизмов режимных групп 4M-6M проверяются по условиям тепловых нагрузок по формуле (I.I3) с учетом п. I.5.5.; I.5.6. Если при проверочном тепловом расчете окажется, что необходима бо́льшая 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, агломфабрики, 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 ВБ-700, ящики пускотормозных резисторов применяются в пределах своих технических характеристик, оговоренных в технических условиях и каталогах.

2. Тормозные электромагниты МО100, МО200, ЮМТ 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 кабинах с охлаждением внутреннего воздуха до наибольшей

температуры плюс 45°С.

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 свыше плюс 45°С.

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

$$I_{доп\,к} = I_{рк} \cdot K_{tк}$$

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

Таблица I

Температура окружающей среды	K_{tg}	$K_{tк}$
50° С	I,I	I,I5
55° С	I,I5	I,25
60° С	I,2	I,4
65° С	I,3	I,7

7. При выборе электродвигателей для работы в условиях ухудшенного охлаждения при высокогорном расположении кранов необходимо учитывать, что на каждую 1000м и сверх первой тысячи величина расчетной мощности P_p увеличивается на I5%.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Справочное

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТЕЙ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПЕРЕДВИЖЕНИЯ И ПОВОРОТА ПРИ ВЫБОРЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

I. Механизмы передвижения

I.I. Для мостовых кранов, используемых в помещении

$$P_{ст.г} = \frac{g(G+q+Q)\,v_г}{10^3\,\eta\,m_к}\left(\frac{\varphi_п\,d_{ст}+2\mu}{D_к}K_р+\beta\right) \quad \text{кВт},$$

где $\varphi_п$ – коэффициент трения в подшипниках ступиц колес. Для подшипников качения $\varphi_п = 0{,}015$;

$d_{ст}$ – диаметр ступицы ходового колеса, м
Для расчетов принимается $\frac{d_{ст}}{D_к} \simeq 0{,}25 \div 0{,}18$

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

$K_р$ – коэффициент трения реборд:
$K_р = 1{,}5$ для мостов и порталов
$K_р = 2{,}5$ для тележек

β – уклон рельсового пути: для мостовых кранов $\beta = 0{,}002$; козловых и портальных кранов $\beta = 0{,}003$; для строительных башенных кранов $\beta = 0{,}01$.

Для мостовых кранов на подшипниках качения практическая формула

$$P_{ст.г} = \frac{(G+q+Q)\,v_г}{10^4\,\eta\,m_к} \quad \text{кВт}$$

I.2. Для мостовых и козловых кранов, используемых на открытом воздухе

$$P_{ст.г} = \frac{g(G+q+Q)\,v_г}{10^3\,\eta\,m_к}\left(\frac{\varphi_п\,d_{ст}+2\mu}{D_к}K_р+\beta\right)+\frac{W_в\,v_г}{10^3\,\eta\,m_к} \quad \text{кВт}$$

$$P_{ст.г} \simeq \frac{(G+q+Q)v_г}{10^4\,\eta\,m_к} + \frac{16(\sqrt{G}+\sqrt{q+Q})v_г}{10^3\,\eta\,m_к} \quad \text{кВт}$$

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

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

Для башенных строительных кранов с грузовым моментом 100–300 Тм

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

2. Механизмы поворота

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

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

2.2. Для портальных кранов г/п 8–32т среднеквадратичное значение

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

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

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

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

Рекомендуемые траектории движения кранов

Группа режима работы крана	Расчетная высота подъема, H, м мостовых и козловых кранов	Расчетная высота подъема строительных башенных кранов, м	Расчетный путь перемещения крана (поворота) в одном направлении $L_к$, м	Расчетный путь перемещения тележки в одном направлении, $L_т$, 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-I/9670

Исполнители: А.С.Липатов, В.П.Богачев, Н.М.Колпаков, А.Г.Куре, Е.А.Лексанов, 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	I.I.I.; I.I.2.;
ГОСТ 1451-77	I.2.2.;
ГОСТ 10130-79	4.6.
ГОСТ 13109-67	3.I.I.
ГОСТ 14254-80	4.5.
ГОСТ 15150-69	4.5.
ГОСТ 25546-82	I.I.; I.2.I.; I.4.I.; I.4.3.; 5.I.
ГОСТ 25835-83	I.2.I.; I.4.2.; I.4.3.; 5.I.
ГОСТ 26696-85	4.7.I.

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. 48
4.	Выбор систем управления, аппаратуры и определение энергопотребления	стр. 54
5.	Программа выбора электродвигателей	стр. 69
	Приложение № 1 справочное	
	Особенности выбора электрооборудования при эксплуатации кранов в среде с окружающей температурой выше +45°С или в условиях высокогорья	стр. 73
	Приложение № 2 справочное	
	Определение мощностей статических нагрузок передвижения и поворота при выборе электродвигателя	стр. 75
	Информационные данные	стр. 78

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ОСТ 24

Номер изменения	Номер листа (страниц)				Номер документа	Подпись	Дата внесения изм.	Дата введения изм.
	измененного	замененного	нового	аннулированного				

gost.e-ecolog.ru