

С С С Р

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

КРАНЫ ГРУЗОПОДЪЁМНЫЕ
МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ВЫБОРА
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

РТМ 24.090.81-85

Издание официальное

С С С Р

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ



КРАНЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ

Методика расчета и выбора электрооборудования

РТМ 24.090.81-85

Издание официальное

УТВЕРЖДЕН И ВНЕДРЕН В ДЕЙСТВИЕ указанием
Министерства тяжелого и транспортного
машиностроения

от 26 сентября 1985г № ВА-002/10772

ИСПОЛНИТЕЛИ

А.Г. Яуре (руководитель темы),

З.Е. Шабиров, канд. техн. наук,

И.Г. Быкова, В.В. Бирюков

СОГЛАСОВАН
Письмом 35-56М-80
от 11.03.85г.

Всесоюзным научно-исследова-
тельским институтом автомати-
зированного электропривода
Минэлектротехпрома

Главный инженер
Скунда Л.И.

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

КРАНЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ.

PTM 24.090.81-85

Методика расчета и выбора
электрооборудования

Взамен PTM 24.090.47-79

Указанием Министерства тяжелого и транспортного машиностроения
от 26.09.85 № ВА-002/І0772 Срок действия установлен
с 01.07.86
до 01.07.91

Настоящий руководящий технический материал устанавливает основные положения расчета и выбора параметров электрооборудования кранов всех типов.

PTM распространяется на электрооборудование кранов, предназначенных для эксплуатации в климатическом исполнении У, ИЛ, Т категорий размещения I, 2 и 3 по ГОСТ 15150-69 и высоты над уровнем моря не более 1000м.

Для электрооборудования, предназначенного для эксплуатации в условиях, отличительных от вышеуказанных, дополнительные рекомендации приведены в справочном приложении.

Настоящий руководящий технический материал не распространяется на электрооборудование грузоподъемных машин специального назначения, например, судовые краны, башенные строительные и самоходные стреловые краны, краны-шабелеры.

Руководящий технический материал обязателен для предприятий и организаций Минтяжмаша.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Условия эксплуатации электрооборудования на кранах характеризуются следующими параметрами: циклом работы, продолжительностью включения, коэффициентом использования, числом включений.

I.I.I. Цикл работы крана.

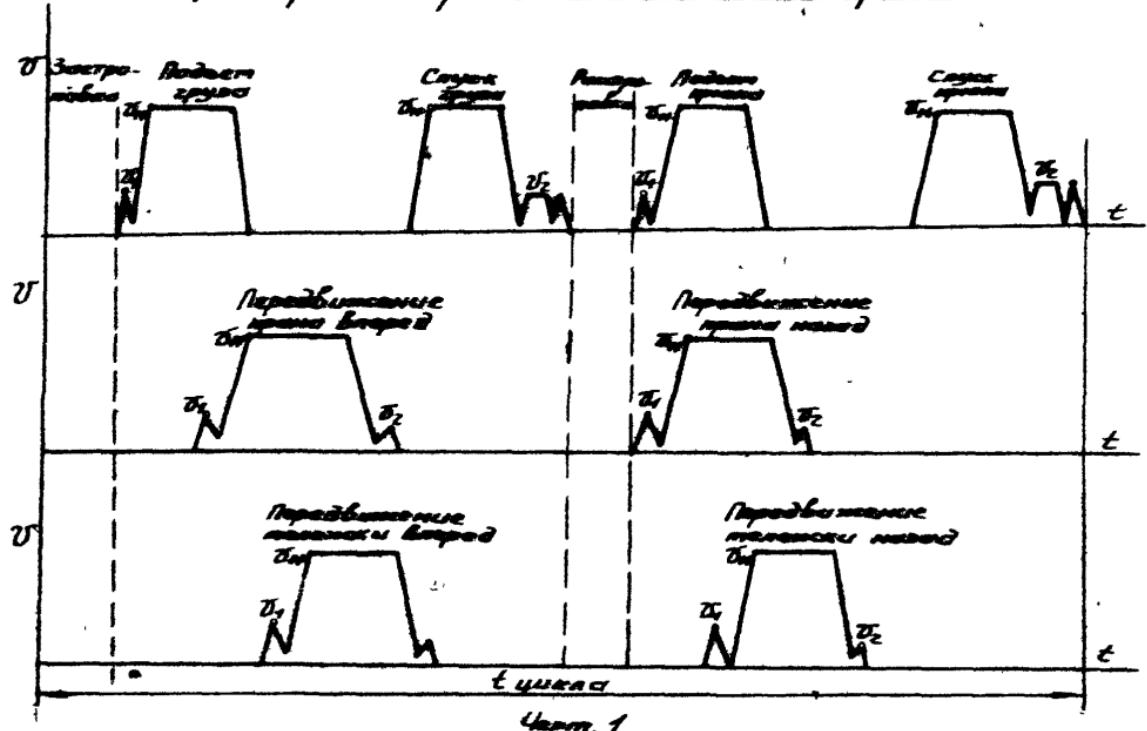
Режим работы крана циклический согласно ГОСТ 25546-82. Цикл работы крана состоит из перемещения груза по заданной траектории и возврат к исходному положению для нового цикла. Число циклов работы крана в час входит в понятие производительности крана. В цикле работы крана время работы механизма t_p чередуется с временем пауз $t_{\text{пауз}}$ этого механизма, когда включен другой механизм или происходит застroppовка (растягивание) груза.

Максимальная продолжительность цикла работы механизма $t_p + t_{\text{пауз}}$, нормированная ГОСТ 183-74, составляет 600с. При продолжительности цикла работы более 600с он условно разделяется на законченные составные части, например, движение в одном направлении и паузу после него общей продолжительностью не более 600с. Условная такограмма цикла работы крана приведена на черт. I

Краны могут иметь четко выраженную циклическую работу, например, перегрузочные краны штучных грузов, грейферные краны навалочных грузов, технологические краны в металлургии, у которых повторяющиеся циклы работы идентичны. Значительное число кранов универсального назначения не имеют многократно повторяемых однотипных циклов. Краны машиностроительных производств, монтажные краны и т.п., у которых циклы работы постоянно меняются как по продолжительности, так и по составу последовательно используемых механизмов, относятся к машинам с условно циклической работой.

I.I.2. Режим работы приводного электродвигателя любого механизма крана характеризуется относительной продолжительностью вклю-

Циклическая работа механизмов пресса



Черт. 1

чения ПВ% (ГОСТ 183-74).

Для кранов с четко выраженной цикличностью расчетная относительная продолжительность включения механизма $\dot{\varepsilon}_p$ определяется по формуле:

$$\dot{\varepsilon}_p = \Pi B = (1 - \frac{\sum t_{пауз}}{3600}) 100\% \quad (I.1.)$$

где: $\dot{\varepsilon}$ - число циклов работы крана в час.

Для кранов с условно циклической работой расчетная относительная продолжительность включения механизма $\dot{\varepsilon}_p$ определяется по формуле:

$$\dot{\varepsilon}_p = \Pi B = \frac{\sum t_p}{\sum t_p + \sum t_{пауз}} 100\% \quad (I.2.)$$

где: $\sum t_p$ - суммарное время работы механизма (с) за период времени 600с;

$\sum t_{пауз}$ - суммарное время пауз (с) за период времени 600с.

I.I.3. Правилами Гоогортехнадзора установлено понятие коэффициента использования крана по грузоподъемности:

$$K_{gr} = \frac{Q_{ср}}{Q_{ном}} \quad (I.3.)$$

где: $Q_{ср}$ - среднее значение величины поднимаемого груза за смену;

$Q_{ном}$ - номинальная грузоподъемность.

Производительность крана определяется по формуле:

$$Q = \frac{K_{gr} \cdot \dot{\varepsilon} \cdot Q_{ном}}{1000}, \quad (I.4.)$$

В свою очередь число циклов работы крана в час $\dot{\varepsilon}$ имеет сложную зависимость от пути траектории движения груза, средней скорости перемещения груза и времени паузы за цикл.

I.I.4. За цикл работы крана происходит определенное количество включений механизмов, в число которых входят как минимально необходимое число пусков до наибольшей скорости движения и такое же количество торможений, так и некоторое дополнительное количество включений (толчков). Согласно типовой тахограмме цикла крана, представленной на черт. I, в число включений передвижения входят в среднем 2 разгона до наибольшей скорости $V_H = 1$; 2 разгона до промежуточной скорости $V_{H1} = 0,3$ и 2 разгона до малой скорости $V_{H2} = 0,15$, что соответствует двум рабочим направлениям движения, двум включениям для гашения раскачки груза и двум включениям для корректировки точности остановки, итого 6 включений за цикл работы механизма. В число включений подъема входят в среднем 4 разгона до наибольшей скорости $V_H = 1$; 2 разгона до промежуточной скорости $V_{H1} = 0,3$ для выбирания садящим каната, 4 разгона до малой скорости $V_{H2} = 0,15$ для обеспечения точной остановки груза или захвата, итого 10 включений за цикл. Приведение количества включений за цикл к числу пусков в час до наибольшей скорости производится по формуле:

$$K_{\text{ВКЛ}} = \frac{Z_1 + Z_2 [V_H^2 - (1 - V_{H1})^2] + Z_3 [V_H^2 - (1 - V_{H2})^2]}{Z_1 + Z_2 + Z_3} \quad (\text{I.5.})$$

где: Z_1, Z_2, Z_3 - число включений за цикл соответственно для наибольшей промежуточной и малой скоростей.

Для всех механизмов крана при усредненной типовой тахограмме $K_{\text{ВКЛ}} \approx 0,6$, при других тахограммах $K_{\text{ВКЛ}}$ рассчитывается по формуле (I.5.).

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

Расчетное число пусков в час до наибольшей скорости будет равно:

$$N_p = N_{\text{кл}} K_{\text{кл}} \quad (I.6.)$$

Для кранов с усредненной тахограммой движения согласно черт. I

$$N_p \approx 0,6 N$$

I.2. Классификация кранов, механизмов и электрооборудования по режимам работы.

I.2.1. Группа режима работы крана в зависимости от класса использования и класса нагружения определяется по ГОСТ 25546-82.

По группе режима работы крана устанавливается группа режима работы механизма.

I.2.2. Группа режима работы механизмов кранов устанавливается по ГОСТ 25836-83. В приложении 3 табл. 5 приведены сравнительные сопоставимые данные групп режимов работы механизмов по ГОСТ 25836-83 с Европейской классификацией режимов FEM 9.681 и FEM 9.682 (секция I Европейской Федерации по подъемно-транспортному оборудованию).

I.2.3. Классификация электрооборудования по условиям использования в составе механизмов на кранах приведена в Правилах устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, утвержденных Госгортехнадзором СССР.

Классификационные данные электрооборудования приведены в табл. I и являются исходными условиями расчета и выбора электрооборудования.

I.2.4. Среднесуточное время работы (движения) электропривода определяют по табл. 2

- W_g - сопротивление передвижению от ветровой нагрузки в рабочем состоянии по ГОСТ 1461-77 - Н;
- D_K - диаметр ходового колеса, м;
- U - передаточное число механизма;
- η - КПД механизма;
- $\Sigma J_{\text{общ}}$ - суммарный момент инерции поступательно движущихся и вращающихся частей, приведенный к валу электродвигателя, кг m^2 ;
- $J_{\text{рт}}$ - момент инерции ротора электродвигателя, кг m^2 ;
- α - отношение числа приводных колес к общему числу колес;
- m_K - число приводных колес (механизмов);
- a_p - расчетное ускорение механизма (для выбора электродвигателя) m/s^2 ;
- a_3 - эксплуатационное ускорение механизма (для выбора пусковых моментов), m/s^2 ;
- $C_{\text{спл}}$ - максимальное ускорение механизма, допускаемое по условиям сцепления, m/s^2 ;
- v_f - скорость горизонтального передвижения моста (тележки), m/s
- P_p - расчетное значение мощности выбираемого электродвигателя, кВт;
- $t_{\text{раз.}}$ - время разгона от скорости, равной нулю до nominalной скорости, с;
- μ - коэффициент трения.
- $\mu = 0,2$ - в помещении; колеса по сухим рельсам;
- $\mu = 0,12$ - на открытом воздухе; колеса по мокрым рельсам;
- $K_{\text{сп}}$ - коэффициент запаса сцепления принимается равным:
для кранов взрывобезопасного исполнения $K_{\text{сп}} = 0,7$
для остальных кранов $K_{\text{сп}} = 1$;
- $P_{\text{ст}}$ - мощность установленного движения, кВт
передвижения, подъема;
- P_n - nominalная мощность электродвигателя по каталогу, кВт,
при nominalной относительной продолжительности включе-
ния $\beta_0 = 40\%$ ПВ;
- $P_{\text{сп}}$ - Мощность на валу электродвигателя, на границе нарушения
сцепления при скорости v_f ;

- Мст** - момент статических сопротивлений, приведенный к валу электродвигателя, Нм;
- Мр** - момент на валу электродвигателя, соответствующий Рр, Нм;
- Мн** - номинальный момент на валу электродвигателя, соответствующий Рн, Нм;
- Мп** - пусковой момент электродвигателя, Нм;
- Мри** - расчетное значение пускового момента электродвигателя, Нм;
- Нр** - частота вращения электродвигателя, соответствующая мощности Рр, об/мин;
- S_n - скольжение ротора электродвигателя, соответствующее номинальной мощности Рн, в относительных единицах;
- Dш** - диаметр тормозного шкива, м;
- Nтр** - заданное число торможений в час;
- ΔS - заданный выбег при торможении, м;
- Мтр** - Расчетный тормозной момент тормоза Нм;
- Fот** - тяговое усилие на барабане механизма подъема (стрелы) Н;
- mп** - число механизмов, поднимаемых грузов;
- Vп** - номинальная скорость подъема груза, м/с;
- Dg** - диаметр грузового барабана, м;
- Uп** - передаточное число полиспаста подвески;
- Fор** - сражнее за цикл тяговое усилие в канате механизма изменения высоты стрелы, Н;
- z** - средняя высота подъема, м;
- Pт** - мощность питавшего трансформатора, кВА;
- Dр** - заданный диапазон регулирования скорости;
- Δ - точность остановки механизма, мм;
- Iкв** - ток короткого замыкания на вводе крана, А;
- Uн** - номинальное напряжение сети, В;
- Vпос** - наибольшая допустимая скорость посадки груза, м/с;
- Iр** - ток статора электродвигателя, соответствующий расчетной мощности Рр, А;
- $C_{ко}$ - коэффициент мощности, соответствующий Рр.
- Cо** - номинальная относительная продолжительность включения (по ТУ) % ПВ

2. РАСЧЕТ И ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ТОРМОЗОВ К МЕХАНИЗМУ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ КРАНА (ТЕЛЕЖКИ)

2.1. Общие положения.

2.1.1. Условиями правильного выбора электродвигателя для механизмов передвижения являются:

достаточный пусковой момент для начала движения и ускорения заданной величины при наиболее неблагоприятных противодействующих факторах;

обеспечение работы по заданной циклограмме в соответствующем классификационном режиме, без недопустимых превышений температуры;

исключение нарушения сцепления колес с рельсами при любой нагрузке на кране, как в условиях пуска, так и при электрическом торможении, а также плавный разгон и торможение

2.1.2. Для механизмов передвижения кранов, эксплуатирующихся в помещении, рекомендуется применение электроприводов с сочетанием скоростных параметров, согласно данным табл. 3.

Рекомендуемые скорости для помещений

Таблица 3

Характеристика электропривода: механизма	Назначение	Скорость м/с					Условия эксплуатации				
		Вспомогательные	Управляемые из кабинн. групп	безопасные	с режимов	всех	всех груп	до ГСН	до ГСН	всех	всех
Короткозамкнутые электродвигатели односкоростные без регулирования пускового момента	Крана	до 0,7	до 0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
	тележки	до 0,2	до 0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

I	2 : 3 : 4 : 5 : 6 : 7 : 8 : 9 : 10								
Коротко-замкнутые электродвигатели с регулированием пускового момента	односкоростные	крана	-	до 0,8	до 1,0	до 0,8	до 0,7	до 0,5	- -
	тележки		-	до 0,5	до 0,8	до 0,8	до 0,7	до 0,5	- -
	двоихскоростные	крана	-	до 0,8	до 1,1	до 1,0	до 0,9	до 0,6	- -
	тележки		-	до 0,5	до 0,8	до 0,8	до 0,8	до 0,7	до 0,6 -
Электродвигатель с фазным ротором или постоянного тока с регулированием пускового момента	крана	-	-	-	-	св. 0,9	св. 0,6	Для всех скоростей	
	тележки		-	-	-	св. 0,8	св. 0,7	св. 0,6	Для всех скоростей

Для механизмов передвижения кранов, эксплуатирующихся на открытом воздухе, рекомендуется применение электроприводов с сочетанием скоростных параметров, согласно данным табл. 4.

Таблица 4
Рекомендуемые скорости для открытого воскуха

		Скорость м/с			Условия эксплуатации		
Характеристика электропривода		Наимено- вание механизма	Варианты: воздушные воздухомеханические воздушно-гидравлические	Управление: из кабин с по- всех груп- пах всех	Управление из кабин всех групп для всех режимов		
			воздушно- подъем- ных групп имов	воздушно- подъем- ных групп имов	3М	4М	5М
			ГП-3М	ГП-3М			
I	2	3	4	5	6	7	
Коротковременные однокоростные электродвигатели без регулирования пускового момента	крана	до 0,3	до 0,5	-	-	-	
	тележки	-	до 0,2	-	-	-	

I	2	3	4	5	6	7
Коротко-замкнутые электродвигатели с регулированием пускового момента	односкоростные	крана	-	до 0,8	до 0,8	до 0,6
		тележки	-	до 0,5	до 0,7	до 0,5
двоихскоростные	крана	-	до 0,8	до 1,0	до 0,8	-
		тележки	-	до 0,5	до 0,7	до 0,5
Электродвигатель с фазным ротором или постоянного тока с регулированием пускового момента	крана	-	-	св. 0,8	св. 0,7	Для всех скоростей
		тележки	-	-	св. 0,7	св. 0,5

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

для односкоростных короткозамкнутых электродвигателей, синхронная частота вращения должна приниматься 1000 об/мин;

для двухскоростных короткозамкнутых электродвигателей синхронная частота вращения наибольшей скорости должна приниматься 1500 об/мин;

для асинхронных электродвигателей с фазным ротором мощностью до 40 квт синхронная частота вращения должна быть 1000 об/мин, при мощности выше 40 квт синхронная частота вращения 600-1000 об/мин - в зависимости от возможности выбора нужного передаточного числа редуктора;

для электродвигателей постоянного тока быстроходные исполнения.

2.1.4. Величина расчетного ускорения механизмов при применении электродвигателей с фазным ротором или электродвигателей постоянного тока кранов, работающих в помещениях, определяется

$$a_p = \frac{U_f}{4+6}$$

Исходя из того, что максимально допустимое для электродвигателя с фазным ротором время разгона не должно быть больше 6с (предположительное время разгона 4с).

Оптимальное значение расчетного ускорения механизма $A_p = 0,3 \text{ м/с}^2$. Расчетная величина ускорения ниже $0,2 \text{ м/с}^2$ не рекомендуется. Величина расчетного ускорения механизма при применении электродвигателей с фазным ротором кранов, работающих на открытом воздухе, должна составлять при $\alpha = 0,5$ $A_p = 0,2 \text{ м/с}^2$, при $\alpha = 1$

$$A_p = 0,35 \div 0,45 \text{ м/с}^2.$$

2.1.5. Выбор величины расчетного ускорения механизма для определения расчетной мощности короткозамкнутого электродвигателя осуществляется для заданной величины скорости перемещения и необходимой частоты пусков в час в зависимости от групп режима работы механизма. Расчетное число пусков до конечной скорости и торможений способом противовключения односкоростных короткозамкнутых электродвигателей определяется по формуле:

$$N_{pk} = K_{8K}^2 N \quad (2.7.)$$

где N определяется по таблице I. Расчетное число пусков до конечной скорости и торможений на малой скорости двухскоростных короткозамкнутых электродвигателей N_p определяется по формуле (1.6.).

В таблице 5 приведены значения расчетных ускорений механизмов и допустимого числа пусков и торможений способом противовключения короткозамкнутых электродвигателей серии МТКФ, МТКН на кранах, работающих в помещениях.

В таблице 6 приведены значения расчетных ускорений механизмов и допустимого числа пусков и торможений способом противовключения короткозамкнутых электродвигателей серии 4АС на кранах, работающих в помещениях.

В таблице 7 приведены значения расчетных ускорений механизмов и допустимого числа пусков двухскоростных электродвигателей серии 4А на кранах, работающих в помещениях.

При заданной скорости передвижения U_f по таблицам 5, 6, 7 устанавливается минимально допустимое значение расчетного ускорения a_p , для которого допустимое число пусков и торможений не выше установленного по формулам (1.6.; 2.7.). Границы групп режимов работы механизмов на таблицах обозначены уточненными линиями. Фактические эксплуатационные ускорения не должны быть меньше a_p . Обоснование расчетных данных таблиц 6, 8 и 7 приведено в приложении 3.

Таблица 5

Допустимое число пусков крановых электродвигателей

$a_p, \text{м/с}^2$	Допустимое число пусков в час и торможений противовключением при наибольшей скорости $U_f, \text{м/с}$							
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Группа режима 2М (10% ПВ)								15-25% ПВ
0,2	51	42,5	-	-	-	-	-	-
0,3	72	60	51	45	40	-	-	-
0,4	84	78	67	58	53	47	43	39
0,5	106	88	85	74	68	59	54	49
0,6	121	100	86	73	76	68	62	57
Группа режима 5М (T) 40% ПВ				Группа режима 4М (G) 25% ПВ				

Таблица 6

Допустимое число пусков электродвигателей 4АС

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

Таблица 7
Допустимое число пусков двухскоростных электродвигателей

Расчетное ускорение : Допустимое число пусков в час N_p и торможений на малой скорости при наибольшей скорости v_f , м/с						
$a_p, \text{м/с}^2$	N_p	$v_f, \text{м/с}$	Группа режима : Группа режима 5M (T)	Группа режима 3M (L)	Группа режима 4M (C)	Группа режима 3M (G)
0,2	67	56	-	-	-	-
0,3	80	76	58	52	50	-
0,4	II4	94	82	72	63	57
0,5	I36	II4	99	86	76	69
0,6	I60	II4	II6	I02	90	80
					73	67
	Группа режима 5M (T)		Группа режима 4M (C)			Группа режима 3M (G)

2.2. Предварительный выбор электродвигателей по условиям пуска с расчетным ускорением a_p :

2.2.1. Выбор электродвигателей для механизмов передвижения тележек и кранов групп режимов работы IM-5M осуществляется по расчетной мощности P_p , величина которой должна быть не ниже nominalной мощности выбиравшегося электродвигателя переменного тока при $E_0 = 40\%$ ПВ и электродвигателя постоянного тока при $E_0 = 25\%$ ПВ.

Расчетная мощность определяется по формулам:

$$P_p = \frac{0,66(Q+G+\frac{1}{2})v_f a_p}{1000 \text{ мк} \eta} + \frac{P_{ct}}{1,75 \eta} \quad (2.8.)$$

$$P_{ct} = \frac{W_h v_f}{1000 \text{ мк} \eta} \quad (2.9.)$$

Выход формулы 2.8. дан в приложении 3.

В сопротивлении передвижению W_H учитывается 70% сопротивления ветровой нагрузке, если она есть. Для механизмов тележек расчетная величина груза Q принимается равной 70% номинальной грузоподъемности крана.

Для большинства мостовых кранов, эксплуатирующихся в помещении, принято, что сопротивление движению в ньютонах численно равно $I/10$, суммарной перемещаемой массы в кг.

Для мостовых кранов, эксплуатирующихся на открытом воздухе при 70% сопротивлении ветровой нагрузки: Принято, что сопротивление движению в ньютонах численно равно $I/4$ суммарной перемещаемой массы в кг.

Выбираемый электродвигатель должен иметь частоту вращения в соответствии с рекомендациями п. 2.1.3.

2.2.2. По условиям тепловой нагрузки частей обмотки при пуске короткозамкнутый электродвигатель должен иметь время разгона не выше 3с, т.к. скорость роста температур обмотки при пуске может доходить до 8°C . С учетом этих условий его расчетная мощность определяется по формуле (2.8.) при величине расчетного ускорения согласно таблицам 5, 6, 7, но не менее $\frac{U_f}{3} \text{ м/с}^2$.

Короткозамкнутый электродвигатель, выбранный по данным каталога и расчетной мощности, необходимо проверить по расчетному пусковому моменту при номинальной грузоподъемности.

Расчетный пусковой момент электродвигателя должен удовлетворять равенству:

$$\text{Мпр.} = 2,1 \text{ Мт}$$

где коэффициент 2,1 позволяет обеспечить заданное ускорение механизма A_f . Электродвигатели 4АС общего назначения в диапазоне мощностей 1-10 кВт имеют плотности пускового тока 40-54 А/мм² при изоляции класса "В", т.е. при допустимых перегревах около 80°C . При фактической плотности тока время пребывания в режиме пускового тока допускается не более 7с, т.е. в нормальных условиях при времени пуска 3с электродвигатель допускает два пуска подряд или

один пуск и реверс, что явно недостаточно для обеспечения необходимой тепловой устойчивости. С тем, чтобы электродвигатель имел необходимый тепловой запас при пусках и реверсах, он должен допускать после трех пусков подряд или одного пуска и реверса дальнейшую работу, т.е. его перегрев не должен быть выше 65°С. Это может быть обеспечено при плотности пускового тока 36 А/мм² или ниже.

Для приводов тележек устанавливается допустимая плотность пускового тока электродвигателей не более 36 А/мм².

Для привода передвижения крана, учитывая более затяжной пуск, устанавливается плотность пускового тока не более 30 А/мм², которая достигается включением электродвигателя на напряжение 660В или 500В в сеть 380 В и при этом реализуется необходимая плотность пускового тока.

Пусковой момент электродвигателя общего назначения для привода тележки определяется по формуле:

$$M_p = M_{rp} \left(\frac{j_{q8}}{36} \right)^2 \quad (2.10.)$$

где: j_{q8} - плотность пускового тока электродвигателя; M_p определяется по каталогу и снижается до величины M_{rp} с помощью невыключаемого добавочного резистора.

Для приводов передвижения крана $M_p \geq 3M_{rp}$, пусковой момент снижается до величины $M_p = M_{rp}$ включением электродвигателя 660В в сеть 380В.

В соответствии с таблицами 4 и 5 при применении коротковременных электродвигателей без регулирования пускового момента для приводов тележек, в том числе взрывобезопасных кранов, при группе режимов работы механизмов не выше ЗИ скорости передвижения U_f должны быть не выше 0,3 м/с.

Для этих механизмов величина расчетного ускорения a_p при

номинальном грузе должна быть не выше $0,1 \text{ м/с}^2$. Тогда при разгоне порожней тележки максимальная величина ускорения будет составлять около $0,7 \text{ м/с}^2$, что является предельно допустимым, а механизм будет находиться на границе сцепления. Величина допустимого ускорения определяется по формуле

$$a_{\text{доп}} = \frac{2K_{3c}[\varphi\alpha g(G+q) \pm w_h] - (G+Q+q)v_r}{16(G+Q+q)v_r} \quad (2.11.)$$

$a_p < a_{\text{доп}}$ при всех величинах грузов, при этом v_r должна быть не более $3 a_{\text{доп}}$

2.2.3. Выбор электродвигателей механизмов передвижения взрывобезопасных кранов группы режимов работы 2М-ЗМ осуществляется по расчетной мощности P_r , величина которой должна быть не ниже номинальной мощности выбираемого двигателя при $\varepsilon_o = 25\%$ НВ. Величина расчетной мощности определяется по формуле:

$$P_r = \left(\frac{M_h}{M_n} \right) \frac{8\varphi\alpha(G+q)v_r}{1000 \eta m_k} \quad (2.12.)$$

Синхронная частота вращения электродвигателей мощности до 1 квт - 1500 об/мин.

Синхронная частота вращения электродвигателей мощностью свыше 1 квт - 1000 об/мин.

2.2.4. Выбор электродвигателей передвижения быстроходных кранов группы режима работы 6М производится по условиям обеспечения сцепления при пуске, чтобы исключить возможность перегрузки двигателя при сокращении времени пуска.

Для условия $\frac{Q+q}{2} < 0,1G$ и $t_{\text{пазз}} < 20\text{с}$

расчетная мощность определяется по формуле:

$$P_r = \frac{G v_r \alpha K_{\text{вкл}}}{36 \cdot 10^3 \eta m_k} \sqrt{\frac{100N v_r \eta}{\varepsilon_o \alpha}} \quad (2.13.)$$

где: ξ_0 - относительная продолжительность включения электродвигателя с фазным ротором 60% ПВ и 40% ПВ электродвигателя постоянного тока.

Выход формулы (2.13.) см. приложение 3.

Величина Рр должна быть не выше номинальной мощности электродвигателя при режиме работы 40% ПВ и частоте вращения 1000-600 об/мин.

2.2.5. Электродвигатель с фазным ротором или постоянного тока для механизмов режимов работы группы ЗМ-4М, предварительно выбранный по п. 2.2.1 проверяется по условиям сцепления.

Электродвигатель с фазным ротором или постоянного тока режимных групп режимов работы 5М, 6М, предварительно выбранный по п. 2.2.1, проверяется по условиям сцепления и по тепловой нагрузке.

Электродвигатель с фазным ротором или постоянного тока, выбранный по п. 2.2.4 в дальнейшей проверке не нуждается. Электродвигатели мостов взрывобезопасных кранов, предварительно выбранные по п. 2.2.3., проверяются по сцеплению и по пусковым моментам.

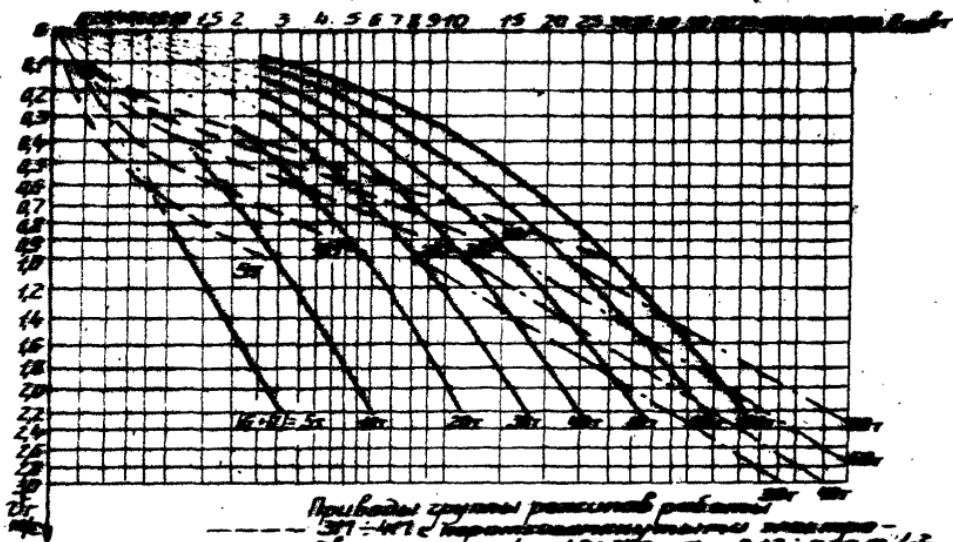
Электродвигатели тележек проверяются по п. 2.2.2. Короткозамкнутые электродвигатели для механизмов передвижения кранов группы режимов работы ЗМ-4М, предварительно выбранные по п. 2.2.1., проверяются по сцеплению и пусковому моменту. Электродвигатели тележек проверяются по п. 2.3.2.

Короткозамкнутые электродвигатели для механизмов группы режима работы 5М, предварительно выбранные по п. 2.2.1., проверяются по сцеплению, тепловой нагрузке и пусковым моментам.

2.2.6. На черт. 2 представлена nomограмма по определению расчетной мощности электродвигателей передвижения кранов, работающих в помещениях.

На черт. 3 представлена nomограмма по определению расчетной мощности электродвигателей передвижения кранов, работающих на от-

Номограмма выбора мощности электродвигателей механизмов передвижения кранов, работающих в поглощении



Приводы грузовых механизмов рабочий
затраты труда с нормированными показателями
двигателем $T_D = 1,2 - 3 \text{ кВт}$; $\omega_D = 0,92 - 0,53 \text{ м/с}^2$
Приводы - грузовые ЗПТ-5Т с соответствующими
датчиками с фиксированной ротацией $\omega_D = 0,3 \text{ м/с}$

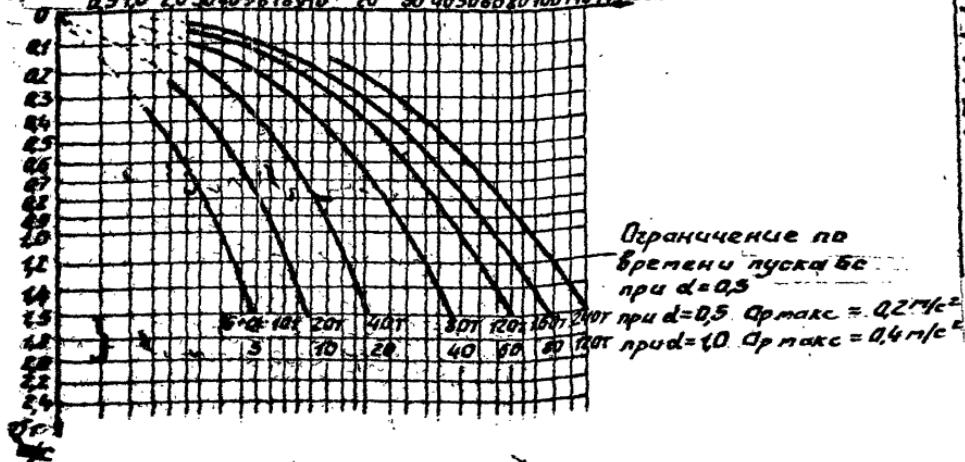
Приводы - грузовые 5-БП с показателями
затраты труда по сопротивлению при $d=0,5$

Черт. 2

РДМ24.090.81-85 Стр. 2

Temp 22 PTM 24.090.81-85

*Номограмма выбора мощности
электродвигателей механизмов
передвижения кранов, работающих на
открытом воздухе*



Черт. 3

крытом воздухе.

2.3. Проверка магнитных электродвигателей по условиям сцепления и пусковому моменту.

2.3.1. Общие условия обеспечения сцепления колес с рельсами механизмов передвижения.

Мощность на валу электродвигателя по условию сцепления проверяется по формуле:

$$P_{c4} = \frac{\varphi \alpha (G+q) U_r}{102 \eta} \quad (2.14.)$$

Типовые механические характеристики электроприводов передвижения представлены на черт. 4. Механическая характеристика короткозамкнутого электродвигателя без регулирования пускового момента обозначена на чертеже сплошной фигурной линией.

Общие условия движения без нарушения сцепления проверяются по формуле:

$$\frac{K_{3c} \varphi \alpha (G+q) U_r}{1000 \eta} > \frac{M_H P_H}{M_H P_0} \left[\frac{0,66 \cdot 10^{-3} (G+Q+q) U_r \alpha_p}{\eta} + \frac{P_0}{1,75 q} \right] + P_{ct}' \quad (2.15.)$$

где: а) для кранов, работающих в помещении:

$$P_{ct} = 10^{-4} (G+Q+q) U_r \text{ и } P_{ct}' = 10^{-4} (G+Q+q) U_r q^2$$

б) для кранов, работающих на открытом воздухе:

$$P_{ct} = 2,5 \cdot 10^{-4} (G+Q+q) U_r \text{ и } P_{ct}' = 2,5 \cdot 10^{-4} (G+Q+q) U_r \frac{q^2}{M_H}$$

в) Для электродвигателей с фазным ротором $\frac{M_H}{M_N} = 0,6$. Для электродвигателей с короткозамкнутым ротором и регулированием пускового момента $\frac{M_H}{M_N} = 0,55$. Для электродвигателей с короткозамкнутым ротором, в том числе взрывобезопасных $\frac{M_H}{M_N} = 1,8$.

Конкретные условия обеспечения сцепления определяются по формулам:

электродвигатели с регулируемым пусковым моментом механизмов

тележек и мостов, работающих в помещении:

$$\frac{G+q}{G+Q+q} (2\alpha + 0,08) > (0,4 a_p + 0,03) \quad (2.16.)$$

Электродвигатели с регулируемым пусковым моментом механизмов тележек и мостов, работающих на открытом воздухе:

$$\frac{G+q}{G+Q+q} (1,2\alpha - 0,22) > (0,4 a_p + 0,1) \quad (2.17.)$$

Электродвигатели с короткозамкнутым ротором механизмов мостов (кранов), работающих в помещении:

$$\frac{G+q}{G+Q+q} (2\alpha + 0,08) > (1,2 a_p + 0,1) \quad (2.18.)$$

Электродвигатели с короткозамкнутым ротором механизмов мостов (кранов), работающих на открытом воздухе:

$$\frac{G+q}{G+Q+q} (1,2\alpha - 0,22) > (1,2 a_p + 0,26) \quad (2.19.)$$

Электродвигатели взрывобезопасных механизмов мостов (кранов), работающих в помещении:

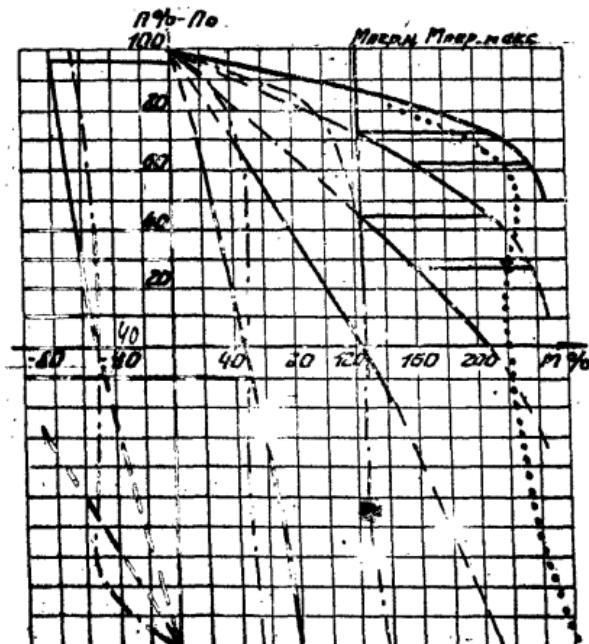
$$\frac{G+q}{G+Q+q} (1,4\alpha + 0,08) > (1,2 a_p + 0,1) \quad (2.20.)$$

Электродвигатели взрывобезопасных механизмов, мостов (кранов), работающих на открытом воздухе:

$$\frac{G+q}{G+Q+q} (0,84\alpha - 0,22) > (1,2 a_p + 0,22) \quad (2.21.)$$

На черт. 5 приведены граничные зависимости допустимых ускорений $a_{ доп}$ двигателей с регулируемым пусковым моментом. На черт. 6 приведены граничные зависимости допустимых ускорений $a_{ доп}$ короткозамкнутых электродвигателей. На черт. 7 приведены граничные зависимости допустимых ускорений $a_{ доп}$ взрывобезопасных электродвигателей.

Механические характеристики
передвижения.



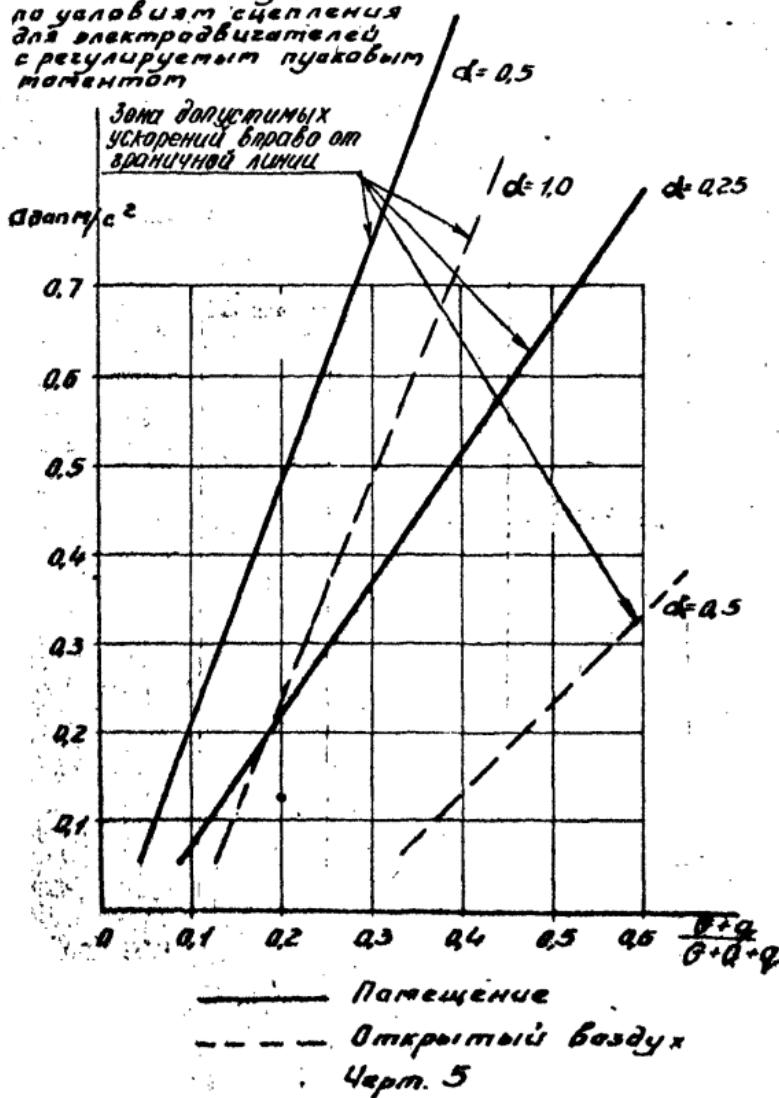
Характеристики короткозамкнутого
электродвигателя с редуктором в цепи статора

Характеристики электродвигателя с фазным ротором

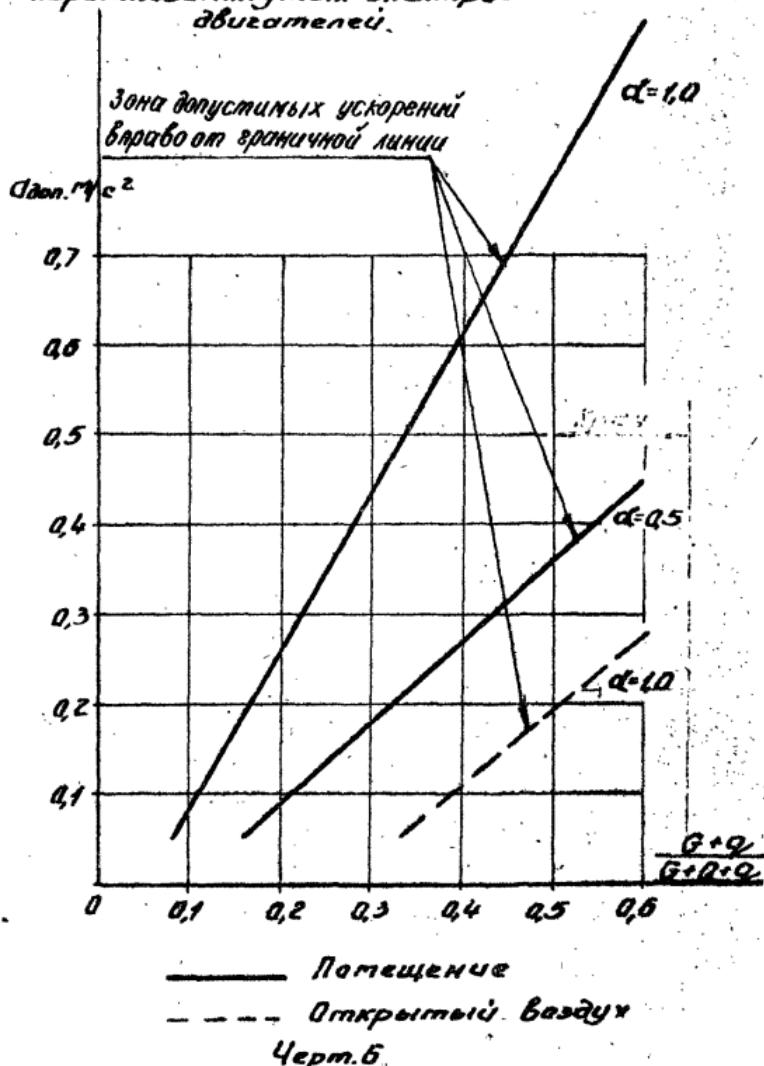
Характеристики короткозамкнутого
электродвигателя

Черт. 4.

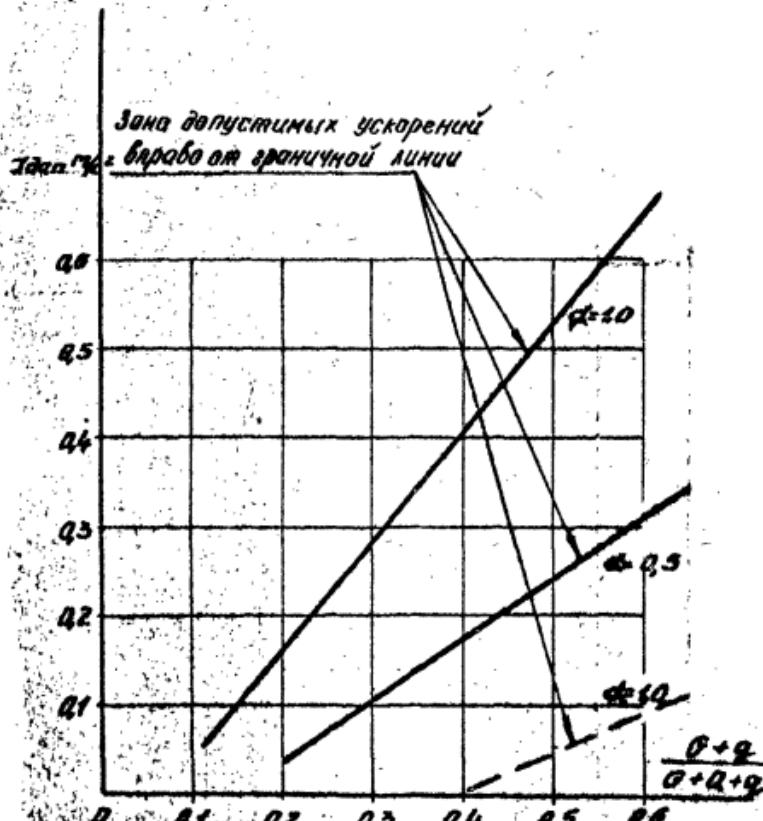
Максимальные ускорения
механизмов допускаемые
по условиям сцепления
для электродвигателей
с регулируемым пусковым
тормозом



Максимальные ускорения механизмов допускаемые по условиям сцепления для короткозамкнутых электродвигателей.



Максимальные ускорения
механизмов допустимые
по условиям сцепления
для взрывобезопасных
кранов



Помещение
в
открытый воздух
Черт. 7

2.3.2. Величина ускорения реализуемого при разгоне механизма без груза $a_{p\delta}$ при выбранном электродвигателей с конкретной мощностью P_H определяется по формуле:

$$a_{p\delta} = \frac{850 \text{ тк} P_H [0,9 \frac{M_{H'}}{M_H} + 0,9 \frac{M_{GT}}{M_H} \frac{(G+q)}{(G+q+q)} - 0,1]}{(G+q) v_f} \quad (2.22.)$$

Величина максимально допустимого ускорения механизма a_{dop} по черт. 5, 6, 7 для соответствующего значения $\frac{G+q}{G+q+q}$ должна быть больше значения ускорения, определенного по формуле (2.22.) или величина ускорения, найденная по формуле (2.22.) и подставленная в соответствующую формулу (2.16; 2.21), должна удовлетворять условиям неравенства. При невыполнении этого условия должны быть изменены параметры: увеличена добавочная маховая масса на валу электродвигателя, снижено значение кратности пускового момента, выбранного электропривода $\frac{M_{H'}}{M_H}$, увеличено отношение числа приводных колес к общему числу колес или снижена скорость передвижения v_f соответствующим снижением мощности электродвигателя. Если нельзя избежать буксования при пуске на тележке без груза (кроме взрывобезопасных кранов). Пробуксовка может быть допущена при повороте ходового колеса на угол $\gamma < 180^\circ$. Величина угла пробуксовки определяется по формуле:

$$\gamma < \frac{360}{2 \pi M_{H'} \omega_0}$$

Отсутствие пробуксовки проверяется по формуле:

$$K_{3e} [\gamma_0 g (G+q) - 0,9 W_H \frac{G+q}{G+q+q} + 0,1 W_H] > 10^3 P_H \frac{M_{H'} q}{M_H v_f} \quad (2.23.)$$

где: знак (+) принимается при работе в помещении; знак (-) при работе на открытом воздухе.

$M_{H'}$ - минимальный пусковой момент, при котором начинается движение в проверяемом режиме, Нм.

2.3.3. При определении параметра $\frac{G+q}{G+Q+q}$ на графиках черт. 5-7 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 давит на ходовые колеса менее нагруженной стороны крана (в ковловых кранах с консольным подвесом груза - на опоре стороны, противоположной грузу; в порталном кране - на опоре противоположной вылету стрелы и т.п.).

Для кранов, работающих на открытом воздухе, тележки должны иметь $\alpha = I$, а мосты должны иметь $\alpha = I$ при пролете более 20м. У аварийбезопасных кранов, работающих в помещениях, тележки должны иметь $\alpha = I$. У аварийбезопасных кранов, работающих на открытом воздухе, мости должны иметь $\alpha = I$, а тележки должны иметь привод с механической 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 помещениях, при этом должно быть:

- для механизмов передвижения крана $\alpha = I$,
 - для механизмов передвижения тележки $\alpha = I$
- и следующее соотношение масс $\frac{G+q}{G+Q+q} > 0,4$

2.3.4. Предварительно выбранный короткозамкнутый электродвигатель проверяется по условиям пуска ψ сплнения (при необходимости с учетом возможной минимальной пробуксовки).

При этом минимальная величина пускового момента короткозамкнутого электродвигателя, включая аварийбезопасное исполнение, определяется по формуле:

$$M_p \geq M_{ct} \cdot \frac{1,25}{0,9^2 0,8} = 1,9 M_{ct} \quad (2.24.)$$

где: I,25 - коэффициент запаса при пуске;

0,9 - возможное снижение напряжения на 10%;

0,8 - производственный допуск на пусковой момент.

Максимальное значение начального пускового момента по условиям гарантированного сцепления определяется по формуле:

$$M_p \leq \frac{g \varphi \alpha K_{sc} (G + g) D_K}{2 U \eta m_k} \quad (2.25)$$

Таким образом, начальный пусковой момент выбранного короткозамкнутого электродвигателя должен быть в пределах формул (2.24.) и (2.25.).

2.3.5. Если окончательно выбранный короткозамкнутый электродвигатель имеет чрезмерно большой пусковой момент, его ограничение в пределах формул (2.24.) и (2.25.) может быть осуществлено следующими способами:

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

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

в 4 раза - путем использования двух электродвигателей, включаемых последовательно в сеть 380В (электродвигатели МТКФ);

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

2.3.6. Выбор пускового момента M_p короткозамкнутого электродвигателя для обеспечения пуска без груза и торможения методом противовключения, осуществляется исходя из условий обеспечения сцепления колес ненагруженного механизма, эксплуатационных условий A_3 и ограничения раскачки груза при пусках и торможении (см. табл. 8).

Таблица 8
Рекомендуемые пусковые моменты

$G + \frac{q}{g} + q$	M_p / M_N
$G + q$	В помещении при эксплуатационном ускорении: $a_2 = 0,3 \text{ м/с}^2$; $a_3 = 0,2 \text{ м/с}^2$
	: на открытом воздухе при эксплуатационном ускорении: $a_2 = 0,2 \text{ м/с}^2$
6	0,5 - 0,4
4	0,7 0,5 0,6
2	1,0-1,3 0,85 1,0-1,1

Величины добавочных резисторов в цепи статора, устанавливающиеся для получения указанных значений моментов, как для пуска, так и для торможения (черт. 4 штрих-пунктир).

2.4. Термовая проверка выбранных электродвигателей.

2.4.1. Проверка выбранного электродвигателя с базовым ротором или постоянного тока по теплу групп режимов работы 4М-6М производится по методу эквивалентного КПД.

В основе метода лежит использование показателя эквивалентного КПД, являющегося показателем энергетических свойств системы и определяющего потери энергии в электроприводе. График зависимости эквивалентного КПД: $\eta_{экв.}$, как функции от приведенного числа пусков в час приведен на черт. 8. Приведенное число пусков в час определяется по формуле:

$$N'_P = N_P \frac{\sum J_{общ}}{1,2 J_{4B}} \quad (2.26.)$$

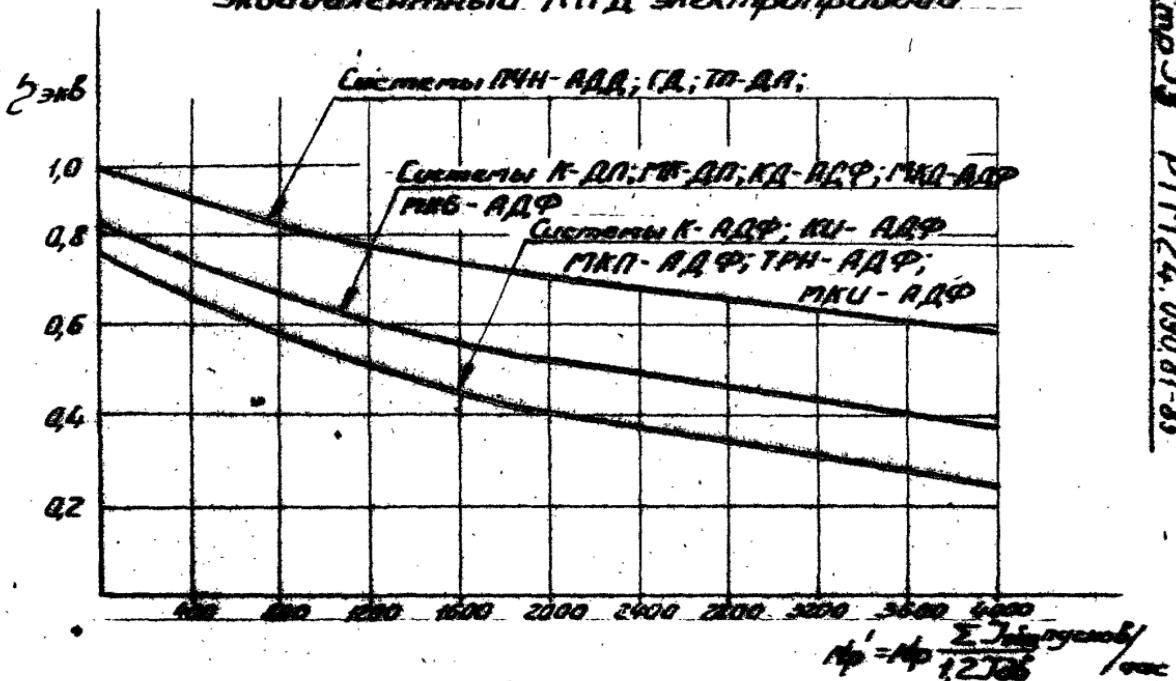
где: $\sum J_{общ}$ определяется по формуле (2.31.)

2.4.2. Расчетная мощность двигателя по условиям теплового режима определяется по формуле:

$$P_P = \frac{K_X K_{ekB} K_3 \eta_{ekB} \delta K_H \sqrt{E_p / \epsilon_0} P_{CT}}{K_0 [\eta_{ekB} \delta - 1,25 (\eta_{ekB} \delta - \eta_{ekB})]} \quad (2.27.)$$

для механизмов передвижения моста определяются по формуле

Эквивалентный КПД электропривода



Черт. 8

(2.9.) для механизмов тележек Рот принимается равной 0,9 от значения по формуле (2.9.). Коэффициенты режимов работы $K_{\text{раб.}}$, K_a , ε_p , ε_o приведены в табл. 9.

Таблица 9

Коэффициенты режимов работы				
Группы режимов	ε_p	ε_o	$K_{\text{раб.}}$	K_a
4M	0,25	0,4	0,7	I,0
5M	0,5	0,4	0,8	I,0
6M	0,6	0,4	0,9	I,2

Для выбора двигателей различных систем электроприводов (см. табл. 12) принимаются коэффициенты:

▷ $\eta_{\text{эл.6}} = 0,76$ - для систем с противоводействием переменного тока К-АДФ; МНП-АДФ, синтезисторными регуляторами переменного тока ТРН-АДФ и с импульсно-ключевым регулированием КИ-АДФ; МКИ-АДФ;

▷ $\eta_{\text{эл.6}} = 0,81$ - для систем с динамическим торможением переменного тока; КД-АДФ; МКД-АДФ; МКБ-АДФ и систем постоянного тока МК-ДП;

▷ $\eta_{\text{эл.6}} = 0,94$ - для тиристорных электроприводов постоянного тока; ТП-ДП; ГД и систем ПЧН-АДД.

Коэффициент K_p определяется согласно табл. 10.

K_0 - коэффициент условий охлаждения. См. черт. 9

$$K_0 = f(\varepsilon_0)$$

При использовании тиристорных электроприводов постоянного тока при напряжении на выходе преобразователя U , отличающегося от номинального напряжения двигателя U_H , коэффициент K_H определяется по формуле:

$$K_H = \sqrt{\frac{U_H + U}{U_H(1 + \varepsilon_0/\varepsilon_H)}} \quad (2.28.)$$

Для всех остальных систем $K_H = 1$.

Расчетное число пусков в час до наибольшей скорости принимается по формуле (1.6.).

В значение η элк. по черт. 8 подставляется приведенное число пусков до наибольшей скорости.

Если предварительно выбранный электродвигатель по габариту не проходит, выбирается электродвигатель большего габарита с последующей его проверкой по оцеплению.

2.5. Термовая проверка короткозамкнутого электродвигателя.

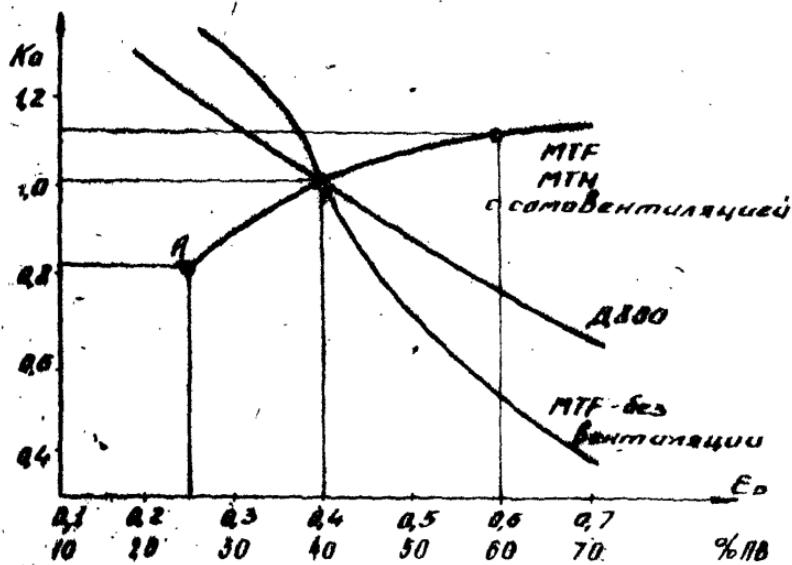
2.5.1. Термовая проверка производится для электродвигателей механизмов группы режима 5М, а также для электродвигателей передвижения крана группы режимов 4И при скоростях выше 1м/с или при мощности электродвигателя выше 10 кВт.

Проверка производится по роторным потерям в связи с тем, что фактическая относительная продолжительность включения $\varepsilon_{\text{ре}}$ выше номинальной относительной продолжительности включения $\varepsilon_0 = 0,4$.

2.5.2. Проверка предварительно выбранного короткозамкнутого электродвигателя осуществляется по потерям в роторе при пуске и торможении способом противовключений.

Потери при пуске односкоростного двигателя определяются по формуле:

$$A_{op} = \frac{\sum J_{obs} n_p^2 K_2}{182} \quad (2.29.)$$



Черт. 9

Потери при торможении односкоростного электродвигателя в режиме противовключения определяются по формуле:

$$\Delta_{\text{от}} = \frac{\sum J_{\text{одщ}} n_p^2 \left[\left(\frac{n_p + n_{\text{нач}}}{n_p} \right)^2 - 1 \right] \eta}{182} \quad (2.30.)$$

Принимаем $n_{\text{нач}} = 0,75 n_p$ с учетом того, что при выбеге 2 метра перед торможением частота вращения n снижается до 75% номинальной.

Учитывая условия подвески груза принимаем средние условия работы механизмов, а именно: 70% операций проходит с номинальным грузом и 30% операций без груза.

При операции с номинальным грузом в расчете принимается 80% массы груза, учитывая, что при разгоне и торможении не менее 20% времени разгона (торможения) осуществляется без влияния массы груза. Приведенный к валу электродвигателя момент инерции механизма определяется по формуле:

$$\sum J_{\text{одщ}} = \frac{g I [1,1 G + 0,66 (Q + q)] r_g^2}{m_k n_p^2 \eta} \quad (2.31.)$$

Коэффициент K_g принимается по черт. 10.

Допустимые потери в роторе электродвигателя за час при номинальном режиме с номинальной относительной продолжительностью включения ε_o определяются по формуле:

$$\Delta_{\text{доп}} = 3600 M_h S_h n_0 \varepsilon_o / 9,55 \quad (2.32.)$$

n_0 – синхронная частота вращения двигателя.

Потери статических режимов передвижения за час определяются по формуле:

$$\Delta_{\text{ст}} = 3600 \varepsilon_p M_{\text{ст}} S_{\text{сркв}} n_p / 9,55 \quad (2.33.)$$

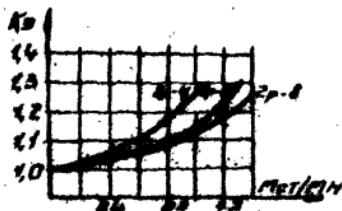
где: $S_{\text{сркв}}$ – скольжение двигателя при среднеквадратичном моменте
Мст ср кв

СТР

РТМ 24.090.81-85

№ 38

Коэффициенты
звуковых волни



Черт. 12

Допустимое число пусков и торможений электродвигателя в составе электропривода определяется по формуле:

$$N_{\text{доп}} = \frac{A_{\text{доп}} - A_{\text{ст}}}{A_{\text{доп}} + A_{\text{ст}}} \quad (2.34.)$$

N должно быть равно или больше N_p . При этом пуск и торможение являются двумя включенными, т.к. происходит переключение на другое направление движения. Если выбранный электродвигатель не обеспечивает расчетного числа пусков в час N_p , выбирается ближайший электродвигатель большей мощности, однако в этом случае нужно обеспечить соответствующее ограничение пускового момента. Данная методика распространяется на все типы электродвигателей, но серия 4А имеет свои особенности, поэтому для нее предпочтительнее пользоваться особыми рекомендациями изготавителей (см. п. 2.5.3.).

2.5.3. С целью снижения нагрузки на механические тормоза и обеспечения электрического торможения с наименьшими потерями, целесообразно, по возможности, использовать двухскоростные электродвигатели серии 4А с наибольшей частотой вращения 1500 об/мин.

Величина мощности статической нагрузки механизма передвижения должна составлять не более 50% номинальной мощности на быстродной обмотке. Двухскоростные электродвигатели общего назначения имеют большую плотность пускового тока, поэтому их использование для механизмов передвижения возможно при включении электродвигателя на номинальное напряжение 660В в сеть 380В. Двухскоростные электродвигатели кранового исполнения выбираются для напряжения 380В.

2.5.4. Расчетная мощность электродвигателей определяется по формуле (2.8.). При тепловой проверке выбранного двигателя допустимое число пусков и торможений в час определяется по формуле:

$$N_{\text{доп}} = h_0 \frac{K_p \sum P_{\text{длн}} / \sum P_{\text{раб}} J g^6 (1 - \varepsilon_p)}{0.8 \sum T_{\text{обну}}} \frac{1}{(\frac{n_{\text{мин}}}{n_{\text{макс}}})^2 + 2 \left(\frac{n_{\text{макс}} - n_{\text{мин}}}{n_{\text{макс}}} \right)} \quad (2.35.)$$

где: n_0 - допустимое число пусков в час электродвигателя входящую приводится в каталогах;

K_P - коэффициент учета статической нагрузки:

$$K_P = 0,9 \text{ - при } M_{ct} < 0,3 \text{ МН}$$

$$K_P = 0,4 \text{ - при } M_{ct} \geq 0,8 \text{ МН}$$

0,8 - коэффициент учета снижения потерь в статоре в режиме пониженного напряжения за счет снижения потерь намагничивания (для электродвигателей на 660В);

ΣP - суммарные потери мощности электродвигателя рассчитываются по формуле:

$$\Sigma P = P_{ном} \frac{1 - \eta_{gb}}{\eta_{gb}}$$

Отношение $\frac{\Sigma P_{90\%}}{\Sigma P_{100\%}}$ можно принять равным 0,6 в режиме 25% ПВ для двигателей серии 4АС с высотой оси вращения от 80 до 132мм.

η_{min} - частота вращения электродвигателя на малой скорости;

η_{max} - частота вращения электродвигателя на большой скорости.

Расчитанное по формуле (2.35.) допустимое число пусков и торможений должно быть не меньше N_p по формуле (I.6.).

2.6. Проверка работы оперативного тормоза.

2.6.1. Тормозной момент тормоза механизма передвижения определяется по формуле:

$$M_{tr} = M_{ct} \eta^2 + \frac{\sum J_{общ} v_f n_p}{19,1 \Delta S} \quad (2.36.)$$

Величина тормозного момента по условиям спепления должна быть не более величины, определяемой по формуле:

$$M_{tr} = \frac{94(G+q)v_f \alpha}{\eta m_k n_p} \quad (2.37.)$$

2.6.2. Величина выбега в предельном случае равна

$$\Delta S = \frac{5 U_f^2}{2D\alpha\eta \frac{G+q}{G+Q+q} - 1} \quad (2.38.)$$

При заданных параметрах выбега ΔS по формуле (2.38.) устанавливается отношение числа ведущих колес к общему числу колес α , а также возможность остановки механизма без груза при таком ΔS .

2.6.3. Мощность потерь, рассеиваемых тормозом при торможении, определяется по формуле:

$$\Delta P = \frac{1,52 \sum J_{одш} n_p^2 N_{тр} M_{тр}}{2 \cdot 10^6 (M_{тр} + M_{ст})} \quad (2.39.)$$

Допустимая мощность потерь, рассеиваемых колодочным тормозом:

$$\Delta P_{доп} = 360 D_{ш} (10 D_{ш} + 1) \quad (2.40.)$$

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

2.6.4. 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 ИЗБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ТОРМОЗОВ К МЕХАНИЗМУ ПОДЪЕМА ГРУЗА

3.1. Общие положения.

3.1.1. Условиями правильного выбора приводного электродвигателя механизма подъема являются:

достаточный пусковой момент для обеспечения уверенного пуска при наибольшей нагрузке и минимальном напряжении электрической сети в пределах допуска по ГОСТ 13109-67 и ПУЭ 76;

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 ІМ-4М при мощности статической нагрузки до 30 кВт предпочтительно использование двухскоростных короткозамкнутых электродвигателей с диапазоном регулирования скорости от I:4 до I:6. Применять электродвигатели с фазным ротором в этом диапазоне мощностей рекомендуется только для режимов 5М-6М и при необходимости регулирования скорости выше I:6 до I:8.

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

3.1.4. При номинальных скоростях подъема не выше 0,08 м/с следует применять системы с торможением противовключением МКЛ-АДФ.

При номинальных скоростях подъема выше 0,08 м/с следует применять регулируемые системы с динамическим торможением с само-возбуждением МКЛ-АДФ. Применение тиристорных систем обосновывается технико-экономическими показателями (требованиями к регулированию скорости, точности остановки и т.п.).

3.1.5. Условный цикл механизма подъема груза на расчетную высоту Н и спускание этого груза до исходного уровня с паузами после подъема и опускания. Число таких условных циклов в час определяется по формуле:

$$\xi = 18 \frac{E_p v_p}{H} \quad (3.41)$$

3.2. Статические нагрузки.

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

$$P_{ct} = \frac{(Q+q)}{102 \eta} \frac{v_n}{m_n} \quad (3.42.)$$

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_p/g . При параллельном включении на один вал для двух электродвигателей $m_n = 1,8$, в том числе для подъемной лебедки грейфера (для замкающей лебедки грейфера $m_n = 1$).

Передаточное число редуктора определяется по формуле:

$$U = \frac{\pi D \delta n_p}{60 v_n m_n} \quad (3.43.)$$

Расчетная частота вращения электродвигателей n_p выбирается с учетом следующих рекомендаций:

Для электродвигателей с фазным ротором, используемых на механизмах групп режимов работы IM-4M синхронная частота вращения 1000 об/мин.

Для двухскоростных короткозамкнутых электродвигателей синхронная частота вращения наибольшей скорости 1500 об/мин.

Для электродвигателей с фазным ротором, используемых на механизмах группы режима работы 5M мощностью от 20 до 50 кВт, синхронная частота вращения 1000 об/мин, при мощности выше 50 кВт синхронная частота вращения 600 об/мин.

Для электродвигателей с фазным ротором, используемых на механизмах группы 6M, синхронная частота вращения 750–600 об/мин.

Для электродвигателей постоянного тока, используемых на механизмах групп ИМ-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:

$$M_{ct} = \frac{9560 P_{ct}}{n_p} \quad (3.44.)$$

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

$$M_{ср\ ct} = K_i K_3 M_{ct} \quad (3.45.)$$

где: K_i - коэффициент использования в зависимости от поднимаемого номинального груза; для крюкового крана

$K_i = 0,7$; для грейферного крана $K_i = 0,8$; для контейнерного крана $K_i = 0,65$; для магнитного крана

$K_i = 0,75$.

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

$K_3 = 1$ - для кранов общего назначения и механизмов строительной индустрии в группе режимов ИМ-4М;

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

3.3. Системы управления и потери в электроприводе при регулировании.

3.3.1. Для механизмов подъема кранов используются следующие системы электропривода (технические данные систем электроприводов приведены в табл. 12).

электропривод постоянного тока с параметрическим регулированием скорости с помощью резисторов в цепи якоря и последовательной обмотки МК-ДП;

электропривод постоянного тока по системе Г-Д (ГД-ДП);

электропривод постоянного тока по системе тиристорный преобразователь - двигатель постоянного тока независимого возбуждения (ТИ-ДП);

электропривод переменного тока с односкоростным короткозамкнутым электродвигателем (МП-АДК);

электропривод переменного тока с двухскоростных короткозамкнутым асинхронным электродвигателем с двумя отдельными обмотками на статоре (МК-АДД);

электропривод переменного тока с асинхронным электродвигателем с фазным ротором и регулированием скорости в режиме противовключения при помощи резисторов в цепи ротора (МКП-АДФ);

электропривод переменного тока с асинхронным электродвигателем с фазным ротором и регулированием скорости в режиме динамического торможения при помощи резисторов в роторной цепи (МКД-АДФ);

электропривод переменного тока с асинхронным электродвигателем с фазным ротором и регулированием скорости с помощью тиристорного регулятора напряжения в цепи статора (ТРН-АДФ);

электропривод переменного тока с асинхронным короткозамкнутым электродвигателем, получающим питание через тиристорный преобразователь частоты (ПЧН-АДД);

3.3.2. Электроприводы МК-ДП, ГД-ДП, ТИ-ДП, ПЧН-АДД при работе на малой скорости сохраняют свою способность потреблять и рассеивать энергию при расчетной статической нагрузке в такой же степени, как и при работе вnominalном режиме. Поэтому их нагрузка в процессе работы на малой скорости не отличается от

условий работы вnominalном режиме и работа на малой скорости может осуществляться даже в течение всего цикла работы механизма подъема. Для этих электроприводов коэффициент использования электродвигателя при регулировании $K_p = 1$.

3.3.3. Электроприводы МК-АДД, МНЦ-АДФ, МЦД-АДФ, ТРН-АДФ при работе на пониженной скорости, особенно в режимах противовключения имеют повышенные потери энергии из-за дополнительных потерь в железе ротора, пульсаций напряжения в тиристорной системе или повышенных потерь в меди статора (на тихоходной обмотке двухскоростного электродвигателя). Кроме того, в этом режиме значительно ухудшается теплоотвод двигателя с самовентиляцией.

В цикле работы механизма подъема продолжительность работы на малой скорости убывает с увеличением частоты включений и при группе режима 6М становится минимальной.

3.3.4. Коэффициенты использования двигателя K_p для различных систем регулирования приведены в табл. 10.

Таблица 10.

Коэффициенты использования двигателя

Группа режима:	Коэффициент использования K_p			
	Система регулирования			
	ТРН-АДФ: МНЦ-АДФ: МЦД-АДД	МК-АДК: МЦ-АДК	Относительное время работы на малой скорости % от общего времени работы за цикл	
1М-3М	1,3	1,15	1,2	50
4М	1,22	1,1	1,2	25
5М	1,15	1,05	-	15
6М	1,08	1,0	-	7

3.4. Предварительный выбор электродвигателя по пусковому моменту и режиму работы.

Электродвигатель механизма подъема должен отвечать двум условиям:

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

$$M_{\max} > M_p \text{ Мс} \quad (3.46.)$$

где: M_p - коэффициент вида характеристики электродвигателя;

$M_p = 1,85$ - для коротковременного электродвигателя;

$M_p = 2,1$ - для электродвигателя с фазным ротором или постоянного тока;

M_{\max} - максимальный момент электродвигателя при номинальном напряжении (по каталогу).

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

$$P_p = K_i K_3 K_p K_e K_{pr} P_{st} \quad (3.47)$$

Данные коэффициентов относительной продолжительности включения и использования по грузоподъемности, пусковых потерь K_e K_{pr} приведены в табл. II.

Электродвигатель, выбранный по формуле (3.47.) при частоте вращения, обеспечивающей скорость подъема \dot{U}_p , должен иметь максимальный момент M_{\max} не меньше значения, удовлетворяющего уравнению (3.46.).

3.5. Проверка выбранного электродвигателя методом эквивалентного КПД (Л 6).

Коэффициенты режимов работы

Таблица II

Группа режимов:	E_p	Расчетное число включений в час N	Кг	K_E	Кпр
3M	0,25	90	0,7	0,82	I,0
4M	0,40	120	0,8	0,95	I,I
5M	0,40	240	I,0	I,0	I,26
6M	0,60	360	I,0	I,12	I,4

3.5.1. В основе метода лежит использование эквивалентного МД, являющегося показателем энергетических свойств системы и определяющего потери энергии в электроприводе. График зависимости эквивалентного МД системы электропривода $\eta_{экв.}$, как функции от частоты пусков, приведен на черт. 8.

3.5.2. Общая формула для определения расчетной мощности электродвигателей постоянного тока или переменного тока с базовым ротором по условиям теплового режима см. п. 2.4.2. формула (2.27.) с заменой $K_{экв.}$ на $K_{И}$ и $\eta_{экв.б}$ в числителе на K_E .

3.5.3. Приведенное число пусков в час до наибольшей скорости определяется по формуле:

$$N'_p = 0,6 N \frac{\sum J_{общ}}{1,2 J_{gb}} \quad (3.48)$$

где: N - расчетное число включений в час в зависимости от группы режима работы электродвигателя, табл. II;

$\sum J_{общ}$ - суммарный момент инерции, кг м², приведенный к валу электродвигателя определяется по формуле:

$$\sum J_{общ} = 1,3 J_{gb} + \frac{9/(n+q)U_n^2}{n_p^2} \quad (3.49)$$

3.5.4. Если электродвигатель, предварительно выбранный по формуле (3.47.) по теплу не проходит, выбирается электродвигатель большего габарита, либо снижается величина номинальной скорости подъема.

3.6. Проверка выбранного короткозамкнутого электродвигателя по допустимому числу пусков в час.

3.6.1. При пуске короткозамкнутого электродвигателя в движущихся элементах механизма запасается кинетическая энергия. Если пуск осуществляется вхолостую, то такая же энергия рассеивается ротором в виде потерь в обмотке, поскольку в процессе пуска момент электродвигателя приблизительно постоянный, а забираемая из сети энергия (в роторе) $M (I - S^2)$ делится на две равные части: кинетическую энергию движущихся частей и потери на нагрев ротора. Кроме этих потерь, статор электродвигателя нагревается потерями, пропорциональными потерям в роторе (как первичная обмотка трансформатора) и потерями в магнитопроводе на перемагничивание.

3.6.2. С учётом сказанного, в 3.6.1. тепловая проверка короткозамкнутых электродвигателей производится по балансу потерь в роторе. Допустимые потери в роторе при номинальном режиме: номинальном моменте M_H , номинальном скольжении S_H , номинальной относительной продолжительности включения \mathcal{E}_o определяются по формуле:

$$\mathcal{P}_{gcn} = \frac{3600 \mathcal{E}_o M_H S_H \mathcal{N}_o}{9,55} \quad (3.50.)$$

- синхронная частота вращения электродвигателя.

3.6.3. Потери статического режима, т.е. потери при установленном движении крюка определяются по формуле:

$$\mathcal{P}_{cr} = \frac{3600 \mathcal{E}_p K_p K_{cr} S_{cr} n_e M_{st}}{9,55} \quad (3.51.)$$

где: S_{cr} - скольжение при статическом моменте M_{st} ;

K_p - см. таблицу II.

3.6.4. Потери на один пуск от 0 до n_p в одну или две ступени и торможении от n_p до n_1 , где n_1 - частота вращения на малой скорости, определяются по формуле:

$$\mathcal{P}_n = \sum \mathcal{J}_{общ} n_o^2 K_p \left[\left(\frac{n_1}{n_p} \right)^2 + 2 \left(\frac{n_p - n_1}{n_p} \right)^2 \right] \quad (3.52.)$$

3.6.5. Если электродвигатель односкоростной, промежуточная частота вращения n_1 отсутствует. Если электродвигатель двухскоростной n_1 – синхронная частота вращения малой скорости.

3.6.6. Допустимое число пусков и торможений в час электродвигателя с коротковременным ротором определяется по формуле:

$$N_{\text{гон}} = \frac{R_{\text{гон}} - R_{\text{ст}}}{R_n} \quad (3.53.)$$

Допустимое число пусков и торможения в час при режиме работы E_p должно быть выше $0,6 N$ согласно табл. II.

3.6.7. Данная методика может быть распространена на все типы электродвигателей. Для серии 4АС (односкоростных) изготавителями рекомендуется следующая расчетная формула для определения допустимого числа пусков в час:

$$N_{\text{гон}} = h_0 \cdot \frac{0,3 J_{\text{раб}}}{\sum J_{\text{общ}}} (1 - E_p) \quad (3.54.)$$

Коэффициент 0,3 учитывает ухудшение охлаждения при пусках и дополнительные потери при пуске под нагрузкой Мет. 0,7 Ми.

Кроме того, коротковременные электродвигатели должны допускать 5 пусков подряд, т.е. время пуска не должно быть более 0,6с.

3.7. Выбор электродвигателя по nomogramme для расчетного цикла работы механизма.

3.7.1. В соответствии с формулами (3.47.) и (2.27.) и с учетом формулы (3.46.) для наиболее универсального использования подъемных механизмов (с крюковым подвесом) построены nomogrammi для непосредственного определения расчетной мощности электродвигателя P_p в функции $P_{\text{ст}}$ для различных классов использования и систем электропривода.

На черт. II приведена номограмма мощностей для электроприводов наиболее употребительных систем МК-ДП, МКД-АДФ и АДД.

На черт. I2 приведена номограмма мощностей для систем электропривода МКП-АДФ и ТМП-АДФ. По расчетной мощности P_p по каталогу выбирается электродвигатель с номинальными параметрами P_n и n_n , соответствующими расчетной мощности и скорости подъема при заданном передаточном числе i .

3.7.2. Номограммы черт. II и I2 позволяют до выполнения расчетов электропривода оценить необходимую расчетную мощность для соответствующего класса использования механизма.

3.8. Пробверка выбранного тормоза по рассеиваемой энергии.

$K_{эт}$ - коэффициент запаса торможения согласно статьи 130 Правил ГОСТОРГЕХНАДЗОРа;

$K_{эт}=1,5$ - 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.

3.8.1. Тормозной момент тормоза должен быть равен или больше величины $M_{тр}$, определяемой по формуле:

$$M_{тр} = K_{эт} M_{ст} \eta^2, \quad (3.55.)$$

3.8.2. 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:

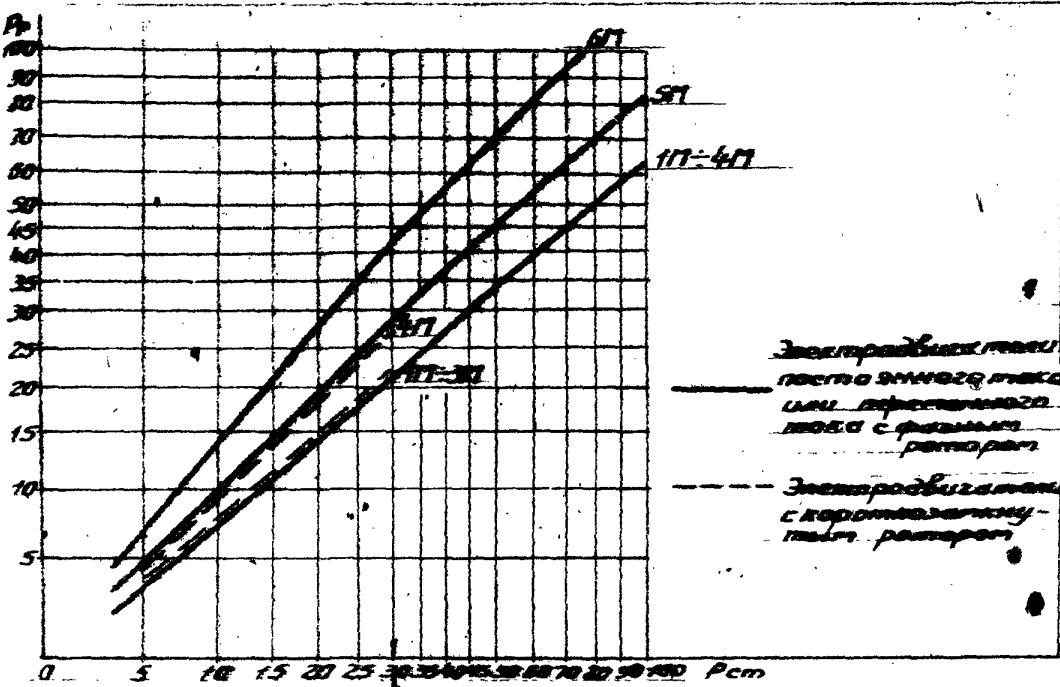
$$\Delta P = \frac{1,52 \sum J_{общ} n_T^2 N_{тр}}{4 \cdot 10^6} \left(\frac{M_{тр}}{M_{тр} + M_{с7}} + \frac{M_{тр} K_{НТ}^2}{M_{тр} - DM_{ст} + M_3} \right) \quad (3.56.)$$

где: $M_{с7}$ - средний момент электрического торможения (противовключения, динамического торможения), Н·м;

n_T - частота вращения начала торможения, об/мин;

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

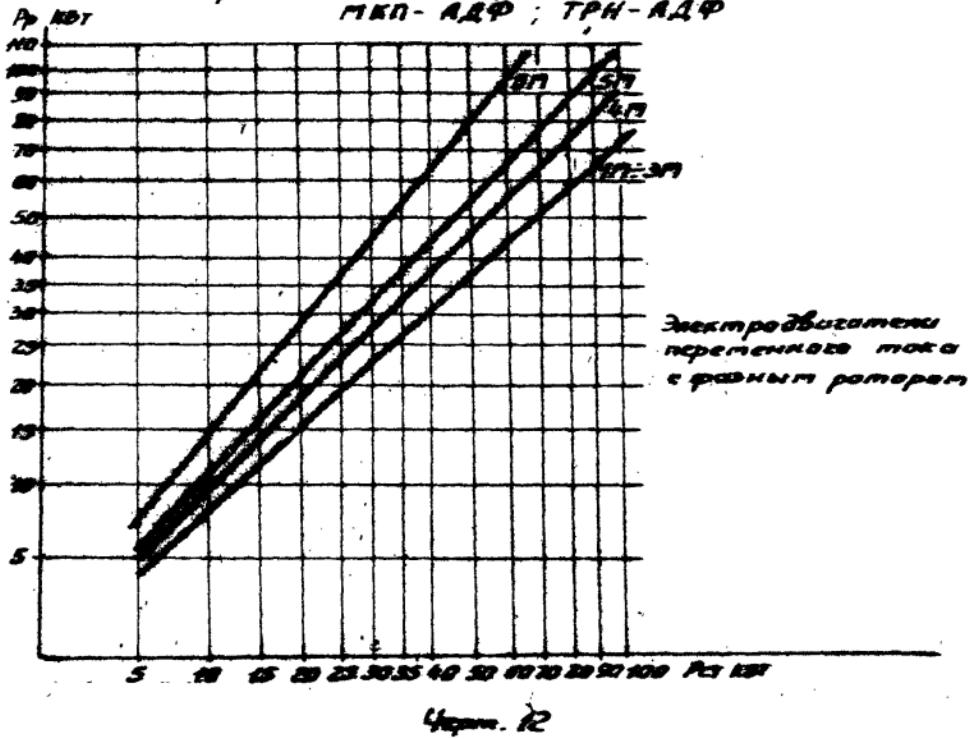
Эксп. № 58 РГН 24.09.81-85



Соотношение применение квадратичных и постоянных звукоразведок

Чертеж 11

Направление выбора расчетной мощности π
электроприводов подъема для систем
ПБП-АДФ; ТРН-АДФ



21724.0001-65

Допустимая мощность потерь, рассеиваемых колодочным тормозом при теплоотдаче $0,1 \text{ Вт с } 1 \text{ см}^2$ поверхности и температуре $T = 150^\circ\text{C}$:

$$\Delta P = 360 D_{ш} (10 D_{ш} + 1) \quad (3.57.)$$

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

4. ВЫБОР СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, АППАРАТУРЫ И ЭЛЕКТРОМОНТАЖ КРАНОВ

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 необходимого диапазона регулирования скорости и пускового момента;

обеспечение минимальных затрат энергии на разгон и торможение механизмов;

снижение до разумного минимума нагрузки на механические тормоза;

минимальная масса и стоимость электропривода;

минимальные эксплуатационные затраты.

Основные технические данные систем управления крановыми механизмами приведены в табл. I2.

4.1.2. Исходные данные и обозначения, принимаемые в расчетах.

Исходными данными, принимаемыми при расчетах и выборе систем управления и аппаратуры являются:

P_p - расчетная мощность исполнительного электродвигателя, кВт;

Группа режимов по ГОСТ 25835-63.

ξ_p - расчетная относительная продолжительность включений.

ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Таблица № 18

Условное обозначение системы																	
Параметры	Электроприводы постоянного тока						Электроприводы переменного тока										
	НП	МК-ДИ	ТД-ДИ	ГД	Л-ДИ	К-ДИ	МК-ДИ	МК-ЛШ	ЛД-ДИ	КИ-АДФ	МК-Л	МК-ДО	МКБ-АДФ	ТРН-АДФ	МКИ-АДФ	ПЧН-АДФ	
Источник питания	Сеть постоянного тока или автономный источник											Сеть переменного тока					
Система электропривода	Балловый контроллер	Магнитный контроллер	Тарифоремонтный контроллер	Система ГД	Магнитный датчик	Салюэтный контроллер	Магнитный контроллер	Салютный контроллер	Салютный контроллер	Магнитный контроллер	Магнитный контроллер	Магнитный контроллер	Магнитный контроллер	Магнитный контроллер	Магнитный контроллер	Магнитный контроллер	Магнитный контроллер
Способ регулирования и управления	Реостат в цепи якоря	Реостат в цепи якоря	Изменением напряжения главной цепи	Изменением напряжения в сети	Прямое включение в сеть	Реостат в цепи якоря	Переключение обмоток якоря	Реостат в цепи ротора	Реостат в цепи ротора	Тарифоремонтное торможение	Реостат в цепи ротора для замедления реального момента	Реостат в цепи ротора для замедления реального момента	Бесторовая	Изменение напряжения в цепи статора	Тарифоремонтное торможение	Регулирование частоты	
Возможность регулирования	I-II квадрант	да	да	да	да	нет	нет	да	да	да	да	да	да	да	да	да	да
	III-IV квадрант	да	да	да	да	нет	нет	да	нет	да	нет	да	да	да	нет	да	
Параметры регулирований	Регулирование в сторону уменьшения	I:4	I:6	I:20	I:40	-	-	I:6	I:3	I:7	I:20	I:3	I:8	I:8	I:10	I:20	I:40
	Регулирование в сторону повышения	2:I	2:I	3:I	3:I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Регулирование пускового момента	I:2	I:4	I:2	I:3	-	I:4	-	I:4	I:2	I:3	I:4	I:2	I:2	I:4	I:3	-
Исполнительный двигатель	Постоянного тока постоянного возбуждения	Постоянного тока независимого возбуждения	Асинхронный короткозамкнутый	Асинхронный двигатель с фазным ротором													Асинхронный двухскоростной

продолжение таблицы № 18

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Диапазон мощностей, кВт	3-16	10-120	50-300	100-500	0,7-10	1,5-10	7-25	1,5-30	5-30	2-15	5-100	15-100	30-120	20-120	5-30	10-60	
Частота пусков в час	60	360	360	360	60	60	100	150	150	150	250	240	360	340	360	360	
Ресурс по числу включений без тока	1×10^6	20×10^6	10×10^6	20×10^6	$0,5 \times 10^6$	2×10^6	10×10^6	$2,5 \times 10^6$	$2,5 \times 10^6$	1×10^6	10×10^6	10×10^6	20×10^6	10×10^6	10×10^6	10×10^6	
Коммутационная износостойчивость	$0,1 \times 10^6$	$1,0 \times 10^6$	2×10^6	3×10^6	$0,2 \times 10^6$	$0,5 \times 10^6$	1×10^6	$0,5 \times 10^6$	$0,5 \times 10^6$	1×10^6	1×10^6	1×10^6	5×10^6	5×10^6	5×10^6	5×10^6	
Нагрузка механического тормоза % кинетической энергии механизма	30	30	5	5	100	100	100	30	30	5	30	15	20	5	5	5	
Коэффициент готовности к работе в пределах ресурса	1,0	0,7	0,6	0,9	1,0	1,0	0,8	0,9	0,9	1,0	0,6	0,6	0,75	0,65	0,8	0,2	
Удельная масса аппаратуры кг/кВт на среднюю мощность	8	8	10	20	15	4	9	4	7	7	6	6	12	7	10	12	
Стоимость аппаратуры, руб.	60-75	320-660	3200-6000	2000-2300	10-18	45	135	45-60	165-230	250-300	470-500	630-700	800-800	1700-1100	550-600	3500	

Род тока и номинальное напряжение.

P_T - мощность питающего трансформатора. Если она неизвестна, 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, порталные краны, контейнерные перегружатели	1600 кВА
специальные технологические краны металлургического и химического производства, рудно-угольные перегружатели, краны на электростанциях	4000 кВА

D_p - требуемый диапазон регулирования скорости в двигательном и тормозном режимах.

Способ торможения механизма.

γ - точность остановки механизма, мм.

4.2. Выбор номинального тока коммутационных аппаратов.

4.2.1. Выбор номинального тока коммутационных аппаратов на кранах осуществляется с учетом следующих факторов:

исходным является ток главной цепи I_p при расчетной мощности соответствующего механизма. Средний суммарный ток всех механизмов крана определяется по формуле:

$$I_{сум} = I_{рн} + 0,8 I_{рм} + 0,8 I_{рт} + \sum I_{рсн} \quad (4.58.)$$

где: $I_{рн}$ - расчетный ток электродвигателя механизма подъема;

$I_{рм}$ - расчетный ток электродвигателя механизма моста и поворота;

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

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

4.2.2. Ток короткого замыкания на вводе крана I_{K3} при $380V$

$$I_{K3} = 12 I_{одш} + \frac{U_n^2}{100} (q_B - 1)^2 \quad (4.59.)$$

4.2.3. При отсутствии данных по мощности трансформатора токи короткого замыкания определяются для мощностей, указанных в п. 4.2.1.

4.2.4. Ток динамической устойчивости аппаратов составляет:

$$I_{дин} = 0,4 I_{K3}, \quad (4.60.)$$

4.2.5. Учитывая, что ток динамической устойчивости для аппаратов составляет $18\text{--}22 I_n$ аппарата, величины номинальных токов аппаратов должны быть не ниже указанных в табл. 13.

Таблица 13

Номинальные токи аппаратов

Назначение	Номинальные токи аппаратов				
	Мощность пехового тока К.з. трансфор- матора мотора питающего бледера $I_{рт}$	Пределы тока К.з. на вводе крана, А	Уставка автомата не более, А	Минимальный ток коммутационно- контакто-аппаратов ра после ввода крана	номинальный ток А
Мостовые и козловые краны машиностроительных предприятий	I60 400 630 1000	1600-2000 2300-3000 3000-4500 6000-7500	400 800 1300 2000	25 40 63 100	25 25 40 63
Перегрузочные краны транспорта	I600	7000-9000	3000	I60	100
Предприятия металлургии (основные цехи)	4000	8000-12000	5000	250	I60
Краны на электростанциях	4000	8000-12000	5000	250	100

4.2.6. При выборе уставки максимальных реле и расцепителей автоматических выключателей необходимо учитывать, что величина пускового тока короткозамкнутого электродвигателя с учетом аперио-

дической 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 соответствовать

$$I_n \geq \frac{I_p}{K_k \cdot K_\sigma} \quad (4.51.)$$

где: I_n - номинальный ток аппарата главной цепи в режиме по НТД на его изготовление и поставку;

K_k - коэффициент использования по условиям коммутационной износостойчивости;

K_σ - коэффициент использования по условиям эксплуатации.

Величины коэффициентов приведены в табл. 14 и 15.

Таблица 14

Коэффициенты коммутационной износостойчивости

Группы режимов работы	Коммутационная износостойчивость	Коэффициент K_k	Магнитные контроллеры	Силовые контроллеры
1М	0,25	1,2	1,2	1,0
2М	0,25	1,2	1,2	1,0 *
3М	0,5	1,2	1,2	0,9
4М	1,0	1,2	1,0	0,65
5М	3,0	1,0	0,75	0,35
6М	6,0	1,0	0,5	-

Таблица 15

Коэффициенты эксплуатационных нагрузок

Группы режимов работы	Средняя частота включений в час	Постоянний ток	Коэффициент K_σ
		К-ДЛ	МН-АДФ
		МК-ДЛ	К-АДФ
		К-АДЛ	МНД-АДФ
		К-АДД	МКД-АДФ
I	2	3	4
II	60	1,25	1,1
			1,25
			1,25
			1,25

Продолжение таблицы I5

I	2	3	4	5	6	7
2M	60	1;1	1,0	1;1	1,1	1,25
3M	90	1,0	0,85	1,0	1,05	1,1
4M	120-180	1,0	0,7	0,9	1,0	1,1
5M	240	0,9	0,4	0,8	0,9	1,0
6M	свыше 360	0,8	-	-	0,8	0,85

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

4.3. Определение необходимого диапазона регулирования и точности остановки ν мм.

4.3.1. Определение диапазона регулирования механизма подъема.

4.3.2. Посадочные скорости механизмов подъема кранов различного назначения, приведены в табл. I6.

Таблица I6
Посадочные скорости

НАИМЕНОВАНИЕ	Наибольшая: Минимальная посадочная скорость подъема скорость груза, м/с		
	1	2	3
Кран монтажный для крупногабаритных грузов	0,03	0,03	
Кран монтажный для судосторонки, сборки самолетов и т.п.	0,01	0,01	
Кран монтажный для жилищного и промышленного строительства	0,08	0,16	
Кран монтажный средней грузоподъемности (до 16т)	0,05	не регламентирована	

Продолжение таблицы I6

I	2	3
Кран мостовой электрический общего назначения		
грузоподъемностью до 10т	0,08	не регламентирована
- " - 16-25т	0,04	- "
- " - 30-50т	0,03	- "
Кран лифтовый грузоподъемностью 100-600т	0,03	- "
Кран контейнерный	0,05	0,1
Кран высокопроизводительный прямовой перегружочный	0,25	0,25
Кран-штабелер	0,06	не регламентирована
Таль электрическая грузоподъемностью до 3т	0,15	не регламентирована
Таль электрическая грузоподъемностью 3,2-5т	0,08	- "
Таль электрическая грузоподъемностью свыше 5т	0,06	- "
Кран перегружочный для взрывоопасных зон	0,04	0,04

4.3.3. Диапазон регулирования системы электропривода механизма подъема есть отношение

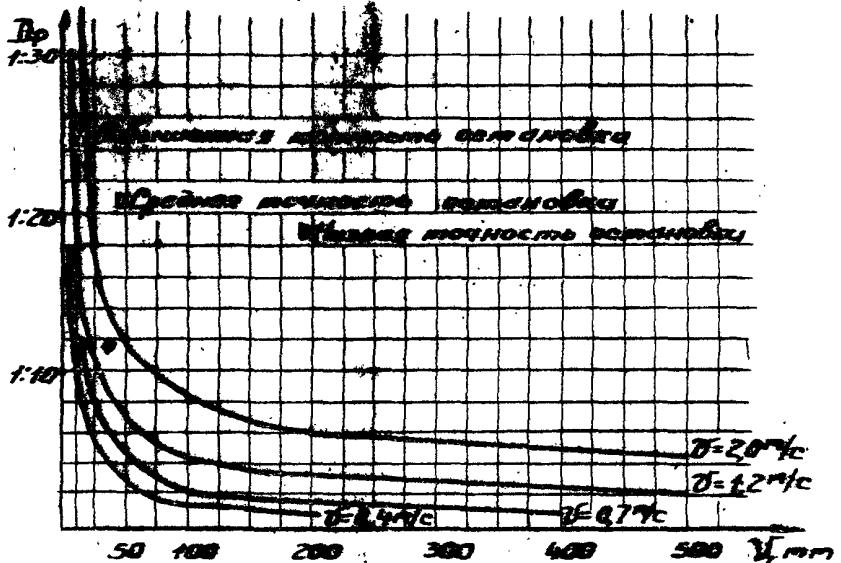
$$D_p^* = U_{\text{пос}} / U_{\text{ном}} \quad (4.62.)$$

4.3.4. При выборе по табл. I2 той или иной системы электропривода следует либо выбирать систему с необходимым диапазоном регулирования для заданного значения номинальной скорости $U_{\text{ном}}$, либо для выбранной системы электропривода и параметра D_p определять возможную номинальную скорость подъема.

4.3.5. Для определения точности остановки груза при известном диапазоне регулирования и максимальной скорости передвижения можно воспользоваться графиком черт. I3, рассчитанным для типовой комплектации кранов электрооборудованием. По заданной точке

Cmp 63 PRM24.090.81-85

Диапазон регулирования давления вспомогательной
с воздушной помпостью



Черт. 13

остановки ν мм 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. I2.

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

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

4.4.4. При реализации указанных эксплуатационных показателей окончательным критерием выбора являются экономические показатели: минимальная удельная масса и минимальная удельная 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.

4.4.5. 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.

4.4.6. С учетом данных табл. I2 номинальных токов по формуле (4.57.) и требований по регулированию, в табл. I7 даны рекомендации по применению систем управления механизмами.

Выбор систем управления

Таблица I7

Мощность электродви- гателя, кВт	Требования к: диапазону ре- гулирования	Группы режимов работы				
		IM-2M	3M	4M	5M	6M
I-5	нет	II	II	II	-	-
2-10	до I:3	K	K	K	K	-
10-15	до I:3	K	K	K	-	-
	свыше I:3	M	M	M	M	M
I5-30	до I:3	K	K	-	-	-
	свыше I:3	M	M	M	M	M
свыше 30	от I:3					
	до I:8	M	M	M	M	M
свыше 5	свыше I:8	T	T	T	T	-

II - магнитный пускатель

K - силовой контроллер

M - магнитный контроллер

T - тиристорные системы.

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

Выбор степени защиты электрооборудования, устанавливаемого на кранах, определяется по таблице I8.

Степени защиты электрооборудования

Расположение электрооборо- дования	Категории размещения крана в эксплуатации									
	У1	У2	У3	ХЛ	И:ХЛ	2:	Т1	Т2	У2	ОМ1
I	2	3	4	5	6	7	8:	9	10	
Электрообору- дование в ка- бинах кранов	У3	У3	У3	ХЛ3	ХЛ3	T2;	T2; T3	У2; У3	ОМ1; ОМ2	
Специальные аппаратные кабинки	У3	У3	У3	ХЛ3	ХЛ3	T3	T3	У3	ОМ3	IP00
Специальные аппаратные кабинки с по- догревом (охлаждением)	-	-	-	ХЛ3	ХЛ3	-	-	У3	-	
				IP00	IP00	-	-	IP00	-	

Продолжение таблицы I8

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Электрообору- дование внутри кожухов на от- крытых частях кранов	У3 IP00	У3 IP00	-	У3 IP00	У3 IP00	T3 IP00	T3 IP00	T3 IP00	ОМ3 IP00
Электрообору- дование под навесом	У2 IP44	-	-	У2 IP44	-	T2 IP44	-	-	-
Электрообору- дование на открытых частях	У1 IP44	У2 IP31	У3 IP00	ХЛ IP44	ХЛ2 IP31	Т1 IP44	Т2 IP31	У1 IP43	ОМ1 IP56
Шкафы, кожуха, на открытых частях кранов	У1 IP43	-	-	ХЛ IP43	-	Т1 IP43	Т2 IP22	У2 IP43	ОМ1 IP56
Электрообору- дование на открытых час- тях кранов в исполнении П2А	-	IP44	IP44	-	IP44	-	IP44	-	-

4.6. При использовании грузоподъемных магнитов в зависимости от грузоподъемности кранов следует руководствоваться табл. I9.

Таблица I9
Использование грузоподъемных магнитов

Грузоподъ- емность крана, т	Рекомендуемые к использованию типы электромагнитов по ГОСТ 10130-79	Группа режимов 4М (С)	Группа режимов 6М (ВТ)
5	M22B		
10	2шт. M22B; M42B; ПМ15В		
16	2шт. ПМ15В; ПМ25В; 3шт. M22B		
20	2шт. M42B; 3шт. ПМ15В; 2шт. ПМ25В		
32	M62B; 3шт. M42B; 4шт. ПМ25В		

При использовании грузоподъемных электромагнитов с суммарным усилием больше, чем имеют указанные в табл. I9 электромагниты, краны должны снабжаться ограничителями грузоподъемности в пределах номинальной грузоподъемности.

4.7. Расчет и выбор внутрикранового токоподвода и проводов на кране.

4.7.1. Все провода и троллеи на кране должны быть выбраны достаточными по условиям нагрева, проверены на величину падения напряжения с целью обеспечения работоспособности электроприводов при колебаниях напряжения в сети $\pm 10\%$ номинального.

Допустимая по нагреву нагрузка определяется по стандартам и техническим условиям на провода и кабели выбранных марок и не должна превышать нагрузок, указанных в ПУЭ-76, раздел I для данной группы проводов и оговоренной температуры окружающей среды.

4.7.2. Выбор марки проводов и способа защиты производится согласно РТМ 24.090.37-78.

При прокладке проводов и кабелей в местах, где может быть местная высокая температура окружающей среды, следует выбирать специально предназначенные для этого провода типов ПРН и ПРГН, кабели типов КГН и КПСЧН в резиновой масло-бензиностойкой оболочке, а там, где допустимо использование обычных проводов (ПВЗ, КГ, КПС), снижать их нагрузку в соответствии с указаниями ПУЭ-76, раздел IV.

4.7.3. Допустимая нагрузка на провода сечением 10мм^2 и выше при повторно-кратковременном режиме с относительной продолжительностью включения (в относительных единицах) определяется по формуле:

$$I = I_{gA} \frac{0,875}{\sqrt{\xi_0}} \quad (4.63.)$$

где: I_{gA} - допустимая по ПУЭ-76 нагрузка на провода и кабели при продолжительном включении.

4.7.4. Рабочая нагрузка на провода, питавшие группу потребителей, может быть ориентировочно определена по формуле:

$$I_p = K_{3k} \sum I_{pb \text{ср кв}} + \sum I_{pot} \quad (4.69.)$$

где: I_p - рабочий ток, нагрузка на провода; A;

K_{3k} - коэффициент, учитывающий неодновременность полной загрузки электродвигателей приемлемый;

$K_{3k} = 0,6$ - для механизмов групп IМ-ЗМ,

$K_{зк} = 0,9$ - для групп 4М-6М;

$\sum I_{g\theta \text{ср.кв}}$ - сумма среднеквадратичных токов двух одновременно работающих электродвигателей наибольшей мощности режима S3 в А;

$I_{\text{пот}}$ - сумма токов, включенных постоянно потребителей (нагревательных приборов, рабочего освещения, кондиционеров и т.д.), А.

4.7.5. Падение напряжения в проводах, кабелях и медных троллейах определяется в % от номинального напряжения сети для трехфазного тока

$$\Delta U = \frac{120 P_p l}{P_p q_n U_n^2 \cos \varphi} = \frac{173 I_p l}{6_n q_n U_n} \quad (4.68.)$$

для постоянного тока

$$\Delta U = \frac{240 P_p l}{P_p q_n U_n^2} = \frac{200 I_p l}{6_n q_n U_n} \quad (4.68.)$$

где: P_p - ИКП д. электродвигателя

- длина линии, м;

q_n - сечение провода, мм^2 ;

6_n - удельная проводимость материала провода:

для меди $6_n = 57 \text{ м/ом} \text{мм}^2$,

для алюминия $6_n = 35 \text{ м/ом} \text{мм}^2$;

I_p - ток нагрузки, соответствующий расчетной мощности;

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности электродвигателя при мощности P_p .

4.7.6. Падение напряжения в стальных троллейах определяется с учетом активного R и реактивного X сопротивлений в Омах на l_m длины линии l

$$\Delta U = \frac{100 \alpha U}{U_n} \quad (4.67.)$$

$$\Delta U = 173 / (R \cos \varphi_a + X \sin \varphi_a) l \quad (4.67.)$$

где: φ_a - угол сдвига между током и напряжением;

для расчетов следует принимать

$$\cos \varphi_a = 0,65 \dots 0,7$$

$$\sin \varphi_a = 0,76 \dots 0,71$$

4.7.7. Рекомендуется не превышать следующие величины полного падения напряжения:

при установившемся режиме - 7%;

при пуске - 12%.

В проводах, проложенных непосредственно на кране, рекомендуется допускать не более 30% полного падения напряжения.

4.8. Особенности расчета и выбора взрывозащищенного электрооборудования.

4.8.1. Выбор взрывозащищенного электрооборудования для подъемных кранов производится с учетом:

назначения и технических параметров крана;

класса взрывоопасной зоны, где будет эксплуатироваться кран, категории и группы взрывоопасных смесей, в среде которых будет работать кран, физического состояния этой смеси (газ, пар, пыль);

условий работы: химической активности среды, влажности, температуры окружающей среды и т.п.

4.8.2. Исходя из климатических условий работы выбирается исполнение взрывозащищенного электродвигателя и соответствующей аппаратуры в исполнении У - для умеренного климата, Т - для тропического климата, ХЛ - для холодного климата. При этом, согласно ГОСТ 15150-69, категории размещения могут быть 2 или 3.

4.8.3. Выбор взрывозащищенных электродвигателей осуществляется по пунктах 2.2.3., 2.2.5. и 3.4. данной методики, но учитывая, что номинальная мощность электродвигателя указывается в каталогах и других НТД при гарантированном числе пусков и торможений в час Z_H и фиксированном коэффициенте инерции K_{fH} , общее допустимое число пусков выбранного электродвигателя $Z_{доп.П}$ будет составлять:

$$Z_{доп.П} = Z_H \frac{K_{fH}}{K_{fP}} + Z_{доп} \quad (4.68.)$$

где: K_{fP} - коэффициент инерции электропривода с учетом приведенных моментов инерции узлов механизма и груза;

$Z_{\text{доб}}$ - добавочное количество пусков, которые может допускать электродвигатель.

Определение добавочного количества пусков $Z_{\text{доб}}$, которые может допустить двигатель по тепловой нагрузке, определяется по формулам раздела 2.5. для короткозамкнутых электродвигателей по потерям в роторе.

4.8.4. Допустимое число торможений встроенным тормозом определяется по формуле:

$$Z_{\text{дспт}} = \frac{K_{\text{Н}}}{K_{\text{Р}}} \quad (4.69.)$$

4.8.5. Основным условием надежной работы взрывобезопасного крана является отсутствие буксования во время пусков и торможения при любых величинах груза на крюке вплоть до операций вообще без груза.

Для создания необходимых гарантий отсутствия буксования согласно РТМ 24.090.04-73 установлен коэффициент запаса по сцеплению 1,5.

4.8.6. Выполнение условий обеспечения сцепления колес с рельсами механизмов передвижения осуществляется правильным выбором приводных электродвигателей с минимально допустимым пусковым моментом, надлежащим соотношением числа приводных колес к общему числу колес-опор, выполнением скоростных ограничений в зависимости от коэффициента сцепного веса и условий эксплуатации (в помещении или на открытом воздухе).

4.8.7. Комплект электрических аппаратов, состоящий из станции управления СКВ, станции освещения СОК I, блока БДЗ-2, разветвительных коробок КРС и постов управления ПКПИ, предназначен для управления с пола или из кабин мостовыми и козловыми кранами с одной рабочей скоростью каждого механизма.

4.8.8. При двух рабочих скоростях механизмов необходимо иметь отдельную станцию управления малыми скоростями.

4.8.9. Комплект аппаратов и электродвигателей может применяться во взрывобезопасных помещениях и в наружных установках, где могут образовываться взрывобезопасные смеси паров и газов с воздухом I, 2, 3 категорий, групп T1, T2, T3, T4 по ПУЭ-76, глава УП-3.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
СПРАВОЧНОЕ

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ КРАНОВ В СРЕДЕ С ОКРУЖАЮЩЕЙ
ТЕМПЕРАТУРОЙ ВЫШЕ ПЛЮС 45°С ИЛИ В УСЛОВИЯХ
• ВЫСОКОГО ТЕМПЕРАТУРЫ

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, аглобабрики, 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 НБ-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 ЭМ (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_r должна быть увеличена на коэффициент K_{tg} , соответствующий температуре окружающей среды

$$P_{pt} = P_r K_{tg} \quad (5.70)$$

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

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

$$I_{gоп.К} = I_{рК} K_{tK} \quad (5.71)$$

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

Таблица I

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СПРАВОЧНОЕ

ПРИМЕРЫ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

I.1. Пример выбора и тепловой проверки электродвигателей механизма передвижения моста крана ^{грузоподъемности} 10т, работающего в понижении

Исходные данные:

Масса крана $G = 13200$ кг.

Масса груза $Q = 10000$ кг.

Масса подвески $q = 500$ кг.

Сопротивление передвижению $W_H = 1270$ Н (на один двигатель).

Диаметр ходового колеса $D_K = 0,4$ м.

КПД механизма $\eta = 0,9$.

Отношение числа приводных колес к общему числу колес $\alpha = 0,5$.

Скорость передвижения $V_F = 1,25$ м/с.

Расчетное ускорение $a_P = 0,25$ м/с²

Число приводных колес $m_K = 2$.

Группа режима работы - 4М (С).

Мощность установившегося движения на один электродвигатель
(формула 2.9.).

$$P_{ct} = \frac{W_H V_F}{1000 \eta} = \frac{1270 \cdot 1,25}{1000 \cdot 0,9} = 1,77 \text{ кВт}$$

Расчетная мощность предварительно выбранного электродвигателя (формула 2.8.).

$$P_P = \frac{0,66(G+Q+q)V_F a_P}{1000 \eta m_K} + \frac{P_{ct}}{1,75 \eta}$$

$$P_P = \frac{0,66 (13200+10000+500) 1,25 \cdot 0,25}{1000 \cdot 0,9 \cdot 2} + \frac{1,77}{1,75 \cdot 0,9} = 3,83 \text{ кВт.}$$

Выбираем по каталогу О.И.06.01-74 два электродвигателя МТК-II-III-6 мощностью по 3,5 кВт при $E_0 = 40\%$ фазным ротором, управление кулачковым контроллером, момент инерции 0,049 кГм².

Проверяем выбранный электродвигатель по условиям сцепления.

Величина ускорения без груза при выбранном двигателе
(формула 2.22.):

$$\alpha_{pd} = \frac{850 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot \frac{M_{нп}}{(G+q)} \pm 0,9 \cdot \frac{M_{нп}(G+q+q)}{(G+q) \cdot V_F} - 0,1}{(13200 + 500) \cdot 1,25} =$$

$$= \frac{850 \cdot 2 \cdot 3,5 [0,9 \cdot 2,0 - 0,9 \cdot \frac{1,77}{3,5} \frac{13700}{23700} - 0,1]}{(13200 + 500) \cdot 1,25} = 0,49 \text{ м/с}^2$$

Допустимое ускорение по сцеплению α доп. согласно черт. 5 для $\alpha = 0,5$ и $\frac{G+q}{G+Q+q} = 0,58$ превышает 1 м/с^2 , следовательно, по сцеплению выбранный электродвигатель проходит с запасом, т.к. $\alpha_{pd} < \alpha_{доп}$

Проверка по теплу по методике эквивалентного КПД.

Группа режима 4М; согласно табл. I относительная продолжительность включения $\xi_p = 25\%$ ПВ, расчетное число пусков в час $N_p = 72$ (число включений 120). По формуле 1.6 $N_p' = K_{КИВ} N = 0,6 \cdot 120 = 72$

Определяем суммарный момент инерции крана, груза и электродвигателя (формула 2.31.):

$$\sum J_{общ} = \frac{91 (1,1 \cdot 13200 + 0,66 \cdot 10000) \cdot 1,25^2}{950^2} = 3,3 \text{ кг м}^2$$

На один электропривод приходится $1,65 \text{ кг м}^2$.

Момент инерции ротора электродвигателя:

$$J_{98} = 0,049 \text{ кг м}^2$$

$$1,2 J_{98} = 1,2 \cdot 0,049 = 0,059 \text{ кг м}^2$$

Исходные данные для проверки по теплу.

Система управления: кулачковый контроллер, торможение противовключением (система К - АДС)

Расчетное число пусков в час $N_p = 72$.

$$\left. \begin{array}{l} K_{КИВ} = 0,7 \\ K_2 = 1,0 \end{array} \right\} \text{Согласно табл. 9}$$

$$\left. \begin{array}{l} \eta_{экс.б.} = 0,76 \\ K_p = 1,22 \end{array} \right\} \text{Согласно стр. 34}$$

$$K_0 = 0,81 \text{ по черт. 9 для } \xi_p = 25\% \text{ ПВ (точка A)}$$

Приведенное число пусков в час:

$$N_p' = N_p \frac{\sum J_{общ}}{1,2 J_{98}} = 72 \frac{1,65}{0,059} = 2020 \text{ пусков в час}$$

С. ячесно чертежу 8 $\eta_{ЭК} = 0,40$ для $N_p' = 2020$

Определяем расчетную мощность по теплу по формуле 2.27

$$P_p = \frac{K_p K_{жид} K_3 \eta_{ЭК} \delta K_H V E_p / E_0 P_{ст}}{K_0 [\eta_{ЭК} \delta - 1,25 (\eta_{ЭК} \delta - \eta_{ЭК})]} =$$

$$\frac{1,25 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,76 \sqrt{0,25/0,4}}{0,81 [0,76 - 1,25 (0,76 - 0,4)]} = 3,6 \text{ кВт},$$

т.е. электродвигатель по теплу выбран правильно

$$M_{ст} = \frac{9660}{N_p} P_{ст} = \frac{9660 \cdot 1,77}{930} = 17,9 \text{ Н.м.}$$

Номинальный момент электродвигателя 38 Н.м., таким образом, края разгоняется при минимальном пусковом моменте 0,6-0,7 номинального.

1.2. Пример выбора и тепловой проверки короткозамкнутого электродвигателя для привода тележки ярда, грузоподъемность 10т, работающего в помещении.

Исходные технические данные:

Масса груза $Q = 10000 \text{ кг}$

Масса тележки $G = 2000 \text{ кг}$

Масса подвески $q = 500 \text{ кг}$

Сопротивление движению $W_h = 1100 \text{ Н}$

Диаметр колеса $D_K = 0,25 \text{ м}$

Скорость тележки $V_r = 0,67 \text{ м/с}$

КПД механизма $\eta = 0,9$

Отношение числа приводных колес к общему числу колес $\alpha = 0,5$

Группа режима работы - 4М (С).

Определяем мощность установленногося движения (формула 2.9.)

$$P_{ст} = \frac{W_h V_r}{1000 \eta} = \frac{1100 \cdot 0,67}{1000 \cdot 0,9} = 0,81 \text{ кВт}$$

Определяем расчетную мощность электродвигателя передвижения тележки (формула 2.8.):

Для скорости $V_r = 0,67 \text{ м/с}$ и числа пусков и торможений в час согласно формуле 2.7. $N_{pk} = K_{вкл}^2 N = 0,62 \cdot 120 = 43$
по табл. 5 определяем расчетное ускорение $a_p = 0,3 \text{ м/с}^2$.

$$P_p = \frac{0,66(G + 0,7Q + q)U_r \alpha_p}{1000 \eta} + \frac{P_{ct}}{1,75 \eta}$$

$$P_p = \frac{0,66 (2000 + 0,7 + 10000 + 500) 0,67 \cdot 0,3 + 0,81}{1000 \cdot 0,9} = \frac{1,93 \text{ кВт}}{1,75 \cdot 0,9}$$

Выбираем по каталогу электродвигатель короткозамкнутого типа МТКФ 012-6 мощностью 2,3 кВт при 40% ПВ с пусковыми резисторами в цепи статора. Проводим проверку его по теплу и определяем момент инерции (формула 2.31.)

$$\sum J_{\text{вдц}} = \frac{g(1,1G + 0,66Q)U_r^2}{n_p^2} =$$

$$+ \frac{91 (1,1 \cdot 2500 + 0,66 \cdot 10000) 0,67^2}{950^2} = 0,45 \text{ кг м}^2$$

Потери за один пуск (формула 2.29):

$$A_{\text{оп}} = \frac{\sum J_{\text{вдц}} n_p K_g}{182} = \frac{0,45 \cdot 950^2 \cdot 1,15}{182} = 2580 \text{ Втс}$$

$$K_g = 1,15 \text{ см. мергтю}$$

Потери за одно торможение противовключением, формула 2.30:

$$A_{\text{от}} = \frac{0,45 \cdot 950^2 [(950+750)^2 - 1] \times 0,9}{182} = 4050 \text{ Втс.}$$

Потери статического режима за час; формула (2.33):

$$A_{\text{ст}} = 3600 E_p n_0 M_{\text{ст}} S_{\text{ст}} / 955 =$$

$$= 3600 \cdot 0,25 \cdot 1000 \cdot 8,2 \cdot 0,08 / 9,55 = 16800 \text{ Втс.}$$

$$M_{\text{ст}} = \frac{n_p}{9550 \text{ Рот}} = 8,2 \text{ Нм}$$

$$S_{\text{ст}} = 0,08 \text{ по механич. характеристикам эд.двигателя}$$

Допустимые потери в режиме 40% ПВ за 1 час составляют (формула 2.33):

$$P_{\text{доп}} = \frac{24 \cdot 1000 \cdot 0,12 \cdot 0,4 \cdot 3600}{9,55} = 420000 \text{ Втс.}$$

Число пусков и торможений в час; формула (2.34):

$$N_{\text{доп}} = \frac{420000 - 16800}{2580 + 4050} = 61.$$

Таким образом, для режимов ПМ-4И электродвигатель удовлетворяет требованиям $I_{20} 0,6^2 = 43$ пусков и торможений противовключением с запасом.

В сокращении плотности пускового тока нет необходимости, т.к. его величина не превышает 30 A/mm^2 . (Из Нетолог)

Проводим проверку по оцеплению.

Для тележки с массой $G+q = 8500 \text{ кг}$ отношение

$$\frac{G+q}{G+Q+q} = \frac{8500}{8500 + 10000} = 0,8.$$

Согласно черт. 5 максимальное допустимое ускорение без груза для этого условия составляет при $\alpha = 0,5$ $a_{\text{споп}} = 0,46 \text{ м/с}^2$ по формуле (2.32). фактическое ускорение будет:

$$a_{\text{фб}} = \frac{850 \cdot 2,2 \cdot (0,55 - 0,9 \cdot 0,4)}{(8000 + 600) \cdot 0,67} = 0,415 \text{ м/с}^2$$

т.о. оцепление не нарушается при пусковом моменте, равном 0,55 номинального: $a_{\text{фб}} < a_{\text{споп}}$

Момент статической нагрузки $M_{\text{ст}} = \frac{2660 \cdot R_{\text{от}}}{890} = 8,7 \text{ Н м}$.

Пусковой момент первого положения составляет 13 Н м. Для уверенного разгона при движении с номинальным грузом пусковой момент второго положения должен быть не ниже $8,7 \cdot 1,9 = 16,5 \text{ Н м}$. Для второго положения рассматриваем величину пускового момента, равную номинальному - 24 Н м.

1.3. Пример выбора электродвигателя для механизма передвижения тележки ~~автомобилем~~ 13,5 т с прямым пуском от сети.

Исходные данные:

Масса груза $Q = 13500 \text{ кг}$

Масса тележки $G = 4500 \text{ кг}$

Масса подвески $q = 500 \text{ кг}$

Скорость тележки $v_f = 0,2 \text{ м/с}$

Сопротивление передвижению $W_H = 1600 \text{ Н}$

Диаметр ведущего колеса $D_K = 0,25 \text{ м}$

Отношение числа ведущих колес к общему числу колес $\alpha = 0,5$

КПД $\eta = 0,85$

Группа режимов ИМ-ЭМ (Л).

Определяем расчетную мощность электродвигателя по формуле (2.10)

$$P_p = \frac{M_H}{M_{пуск}} \cdot \frac{\eta}{1000} \cdot \frac{\pi D K \eta_p}{U_0 U_f}$$

$$P_p = \frac{0,45 \cdot 8 \cdot 0,2 \cdot 0,5 \cdot 4500 \cdot 0,80}{1000 \cdot 0,85} = 0,36 \text{ кВт.}$$

Выбираем электродвигатель ВТ 63Б4 мощностью 0,37 кВт, 15% ПД; 1350 об/мин; Мпуск = 5,8 Н·м; $J_g = 0,0014 \text{ кг м}^2$; $n_0 = 8500$.

Определяем передаточное число механизма.

$$U = \frac{\pi D K \eta_p}{60 U_f} = \frac{\pi \cdot 0,25 \cdot 1350}{60 \cdot 0,80} = 83.$$

Определяем момент при установившемся движении по формуле (2.9)

$$M_{ct} = \frac{W_H D K}{2 U_f} = \frac{1600 \cdot 0,85}{2 \cdot 84 \cdot 0,85} = 2,8 \text{ Н·м.}$$

Определяем приведенный момент инерции установки

$$\sum J_{обу} = \frac{12 \cdot 91 (G + Q + q) U_f}{n_f^2} =$$

$$= \frac{1,2 \cdot 91 (12500 + 4500 + 500)}{1350^2} = 0,047 \text{ кг м}^2.$$

$$\text{Согласно формуле (2.11) } a_{гон} = \frac{2K_{3c}[W_H(G+q) + W_H] - (G+Q+q)U_f}{16(G+Q+q)U_f} =$$

$$= \frac{2 \cdot 0,7 [4,3 \cdot 0,5 \cdot 9,81 (4500 + 500) + 1600]}{16 (4500 + 12500 + 500) \cdot 0,2} = (12500 + 4500 + 500) \cdot 0,2$$

$$= 0,1 \text{ м/с}^2 \quad (\text{черт } 7 \quad a_{гон} = 0,1 \text{ м/с}^2)$$

т.о. при этом ускорении $t_n = \frac{U_f}{a_{гон}} = \frac{0,8}{0,1} = 2 \text{ с}$ меньше допустимого времени пуска Зо. (н.2.2)

Проверка сцепления:

Согласно формуле (2.23)

$$K_{3c} [W_H(G+q) + 0,9W_H\left(\frac{G+q}{G+Q+q}\right) + Q(W_H)] > 1000 P_H \frac{M_H}{M_H} \frac{\eta}{U_f}$$

$$0,7 [0,2 \cdot 0,5 \cdot 9,81 (4500 + 500) + 0,9 \cdot 1600 \cdot \frac{5000}{17500} + 0,1 \cdot 1600] >$$

$$> 1000 \cdot 0,37 \cdot \frac{5,8}{2,5} \cdot \frac{0,85}{0,2}$$

$$3900 > 3660.$$

Сцепление с коэффициентом запаса 1,5 обеспечивается при всех

грузах.

Производим проверку допустимого числа пусков по методике для двигателя серии 4А (формула (3.50.).

$$N_{\text{доп}} = h_0 \frac{0,3 \cdot 1,96}{\sum J_{\text{общ}}} (1 - E_p) = \\ = 6500 \frac{0,3 \cdot 0,0014}{0,047} (1 - 0,25) = 57. \quad (\text{табл I } N=60)$$

Электродвигатель по теплу для группы режима 2М проходит.

I.4. Пример выбора электродвигателя механизма передвижения мостового металлургического крана грузоподъемностью 5+5т.

Исходные данные:

Грузоподъемность суммарная $Q = 10\text{т}$

Масса крана $G = 75\text{т}$

КПД механизма $\eta = 0,9$

Число электродвигателей $m_K = 2$

Отношение числа ведущих колес к общему числу колес $\alpha = 0,5$

Скорость передвижения $v_r = 2,5 \text{ м/с}$

Время пауз в циклической работе крана $t_{\text{откл}} = 15 \text{ с}$

Группа режима работы 6М (ВТ)

Ускорение - максимальное по условиям сцепления.

Согласно формуле (2.13.) определяем расчетную мощность двигателя:

$$P_p = \frac{G v_r \alpha K_{\text{вкл}}}{36 \cdot 10^3 \eta m_K} \sqrt{\frac{100 N v_r}{E_o \alpha}}$$

Согласно формуле (I.6.) $K_{\text{вкл}} = 0,6$. Величины N и E_o принимаем согласно таблице I. $E_o = 60\%$ ПВ $N = 300-600$ включений в час, устанавливаем 360.

$$P_p = \frac{75000 \cdot 2,5 \cdot 0,5 \cdot 0,6}{36 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 2} \sqrt{\frac{100 \cdot 360 \cdot 2,5 \cdot 0,9}{60 \cdot 0,5}} = 45 \text{ кВт.}$$

Согласно п. 2.1.3, частота вращения двигателя должна быть 600-1000 об/мин.

Выбираем два варианта двигателя:

а) Электродвигатель 4МТН280М10 со следующими данными:

мощность 48 кВт 60% ПВ 575 об/мин;

ток статора 125А масса 1000 кг;

б) Электродвигатель 4МТН235М6 со следующими данными:

мощность 44 кВт 60% ПВ 970 об/мин;

ток статора 98А масса 520 кг.

Окончательный выбор двигателя должен осуществляться в зависимости от общей массы двигателя и редуктора, учитывая, что передаточное отношение редуктора для случая "б" в 1,7 раза выше, чем для случая "а". Других проверок не требуется.

1.5. Пример выбора двигателя для механизма подъема крана.

1. Выбор двигателя для механизма подъема крана группой режимов 6М грузоподъемностью $Q = 16\text{т}$. Масса подвески $q_1 = 0,5\text{т}$, скорость подъема $V_n = 0,35\text{м/с}$, диаметр барабана с канатом $D_g = 0,53\text{м}$, ИЧК механизма $\eta = 0,84$, число механизмов $n_n = 1$, передаточное число полиспаста $U_n = 2$, относительная продолжительность включения

$$\dot{\mathcal{E}}_p = 60\% \text{ ПВ Тормоз ТМ} 600.$$

Определяем мощность статической нагрузки (формула 3.43.):

$$P_{ct} = \frac{(Q + q) V_n}{102 \eta n_p} = \frac{(16000 + 500) 0,35}{102 \cdot 0,84 \cdot 1,0} = 67,5 \text{ кВт}$$

В соответствии с п. 3.2.2. принимаем частоту вращения электродвигателя 570-580 об/мин и определяем передаточное число (формула 3.43.):

$$U = \frac{\pi D_g n_p}{60 V_n n_p} = \frac{\pi \cdot 0,53 \cdot 570}{60 \cdot 0,35 \cdot 2} = 22$$

Момент на валу электродвигателя при подъеме номинального груза (формула 3.44.):

$$M_{ct} = \frac{9560 \cdot P_{ct}}{n_p} = \frac{9560 \cdot 67,5}{570} = 1130 \text{ Н м.}$$

Для управления двигателями применим электропривод с динамическим торможением способом самовозбуждения - ИЧК-ДЗ. Согласно таблицам I0 и II определяем коэффициенты K_a ; K_B ; K_{pr} ; K_m - согласно п. 3.3.4.

Предварительно выбираем электродвигатель, пользуясь формулой (3.47.):

$$P_p = K_p K_k K_3 K_g K_{\text{пр}} P_{\text{ст}} = 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,12 \cdot 1,4 \cdot 67,5 = 90 \text{ кВт}$$

Выбираем электродвигатель МТМ 7II-10 мощностью 100 кВт 40% НВ, момент инерции 10 кг м^2 , частота вращения 584 об/мин.

Определяем суммарный момент инерции (формула (3.49)):

$$\sum J = 1,3 J_{\text{бл}} + \frac{g(1+q)U_p}{h_p^2} = \\ = 1,3 \cdot 10 + \frac{91(1+0,81)584}{584^2} = 13,5 \text{ кг м}^2$$

Эквивалентное число пусков

$$N' = N_p \frac{\sum J_{\text{бл}}}{1,3 J_{\text{бл}}} = 220 \frac{13,5}{13} = 225$$

$$\eta_{\text{экв.}} = 0,72 \quad \text{для } N' = 225 \quad (\text{согласно черт. 8 и п. 2.4.2.}) \quad 0,81 \\ (\text{см. стр. 34})$$

Согласно 3.5.2. Кекв. заменки на $K_k = 0,7$; $\eta_{\text{экв.}} \text{ в числителе}$ заменки на $K_g = 1,12$; $K_p = 1,0$ (согласно табл. 10):

Определяем расчетную мощность по тепловым условиям (формула 2.27. с учетом п. 3.5.2.):

$$P_p = \frac{K_p K_{\text{бл}} K_3 \eta_{\text{экв.}} K_H \sqrt{\epsilon_p / \epsilon_0} P_{\text{ст}}}{K_0 [\eta_{\text{экв.}} - 1,25(\eta_{\text{экв.}} - \eta_{\text{экв.}})]} = \\ = \frac{0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,12 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{0,6 / 0,4} \cdot 67,5}{1,12 [0,81 - 1,25 (0,81 - 0,72)]} = 100 \text{ кВт}$$

Окончательно выбираем электродвигатель МТМ 7II-10 мощностью 100 кВт 583 об/мин 40% НВ. Производим проверку выбора тормоза ТМН 600.

$$M_{\text{тр}} = K_{\text{тр}} M_{\text{ст}} \eta^2 = 2,5 \cdot 1130 \cdot 0,84^2 = 2000 \text{ Н м.}$$

Определяем мощность потерь тормоза ТМН 600 (формула 3.56.):

$$\Delta P = \frac{1,52 \sum J_{\text{бл}} n_T^2 N_{\text{тр}}}{4 \cdot 10^6} \left(\frac{M_{\text{тр}}}{M_{\text{тр}} + M_{\text{ст}}} + \frac{M_{\text{тр}} K_{\text{тр}}}{M_{\text{тр}} - \eta M_{\text{ст}} + M_{\text{ст}}} \right)$$

$$\Delta P = \frac{1,52 (1,3 \cdot 10 + 0,5) \cdot 585^2}{4 \cdot 10^6} \cdot 360 \left(\frac{20000}{2000+II30} + \frac{2000 \cdot 0,5^2}{2000-0,85 II30+1000} \right)$$

= 650 Вт.

Допустимая энергия торможения (формула 3.57):

$$\Delta P_{gen} = 360 D_w (10 D_w + 1) = 360 \cdot 0,6 (10 \cdot 0,6 + 1,0) = 1500 \text{ Вт}$$

Тормоз проходит с запасом по теплу при 360 торможений в час.

ПРИЛОЖЕНИЕ З

Справочное

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ
ДЛЯ МАШИННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ МОСТОВЫХ И
КОВОДЫХ КРАНОВ**

I. Выбор формулы (2.8.) расчетной мощности электродвигателя:

$$\frac{t_p}{P_p} = \frac{\sum J_{\text{общ}} \eta_p}{9,55 (M_p - M_{\text{ср}})} = \frac{U_r}{\bar{n}_p}$$

$$M = \frac{0,8 M + 1,2 M}{2} = 1,75 \text{ кН} \text{ (см. черт. 4)}$$

Принимаем $\sum J_{\text{общ}} = 1,15 J_n$

$$J_n = \frac{g_1 (G + Q + q) U_r^2}{m_k n_p^2 \eta}$$

$$\sum J_{\text{общ}} = \frac{1,15 g_1 (G + Q + q) U_r^2}{m_k \cdot n_p^2 \eta}$$

$$\frac{9560}{n_p} \frac{\eta_p}{P_p}$$

$$M_{\text{ср}} = \frac{9560 \text{ Рж}}{\bar{n}_p}$$

$$\frac{U_r}{\bar{n}_p} = \frac{1,15 \cdot g_1 (G + Q + q) U_r^2 n_p^2}{n_p^2 m_k 9,55 \cdot 9560 \eta (1,75 P_p - P_{\text{ср}})}$$

$$P_p = \frac{0,86 (G + Q + q) U_r \bar{n}_p}{10^3 m_k \eta} + \frac{P_{\text{ср}}}{1,75 \eta}$$

2. По методике выбора электродвигателей АЕБ время разгона механизма передвижения принимается

$$t_{\text{разг}} = 4 \text{ с}$$

мощность статической нагрузки передвижения в помещении

$$P_{\text{ст}} = 0,07 \cdot 10^{-3} (G + Q) U / \eta \quad \text{kВт}$$

мощность статической нагрузки на открытом воздухе

$$P_{\text{ст}} = 0,2 \cdot 10^{-3} (G + Q) U / \eta \quad \text{kВт}$$

3. Пусковые плотности тока коротковременных электродвигателей 4АС.

Электродвигатели 4АС имеют плотности пускового тока 40-54 A/mm^2 .

Время нахождения под пусковым током

$$t_{\text{макс}} = \frac{\tau_{200}}{f^2} = \frac{80 \cdot 200}{47^2} = 7,2 \text{ с}$$

где: τ - перегрев номинального режима - 80°C для изоляции класса В.

Допустимая плотность тока при времени пуска и реверса - 10 с.

$$I = \sqrt{\frac{65 \cdot 200}{10}} = 36 A/mm^2$$

где: 65 - перегрев за время одного пуска и реверса (10с).

Таблица 2
Данные электродвигателей 4АС

Тип	Мощность при 40% ПВ кВт	η	A/mm^2	$M_n, Нм$	I_p/I_n	пуск:пусков в час	A/mm^2	входстура h_0
4AC7IB4	0,7	69	8,8	9,4	4,5	40		6900
4AC80B4	1,3	71	8,3	17,5	5,0	41,5		7800
4AC90L4	1,9	77	8,3	25,4	6,0	50		7900
4AC100L4	3,3	80	6,7	44	6,0	40		7800
4AC112M4	4,2	81	7,8	55,5	7,0	54,5		7300
4AC 132M4	7,1	84	6,6	94,5	7,0	46		6800
4AC 100L6	1,8	76,5	7,0	34	6,0	42		7800
4AC 112M6	3,2	77,5	7,8	60	6,5	51		6800
4AC 132M6	4,5	81	7,5	85	6,5	49		7100

4. Выбор электродвигателей для механизмов передвижения при предельном использовании кранов по ускорению.

Исходные данные: коэффициент сцепления $\alpha'_{\text{макс}} = 0,2$. Максимальный момент электродвигателя по условиям сцепления:

$$M_{\text{макс сц}} = \frac{19 G 2 r d}{h \eta} \quad (\text{Н м})$$

Момент статической нагрузки (Н м)

$$M_{ст} \approx \frac{(G+Q) v_r}{m_k \eta}$$

Динамический момент при разгоне

$$M_{макс.д} = 2,5 \text{ Мн} \quad M_{тор} = 1,6 \text{ Мн} \text{ (см. черт. 4)}$$

$$M_{дин} = \frac{2,5 + 1,6}{2} \quad M_{н} - M_{ст} = 2,0 \text{ Мн} - M_{ст}$$

Полагая $M_{макс.оп} = M_{макс.д}$

$$M_{дин.н} = \frac{2,0 \cdot 19 G v_r \alpha}{2,5 \eta_p \eta} - \frac{(G + \frac{Q}{2}) v_r}{\eta_p \eta}$$

$$\text{принимаем } \frac{Q}{2} = 0,1 G$$

Находим средний пусковой и динамический моменты:

$$M_{сп.п} = \frac{15,2 G v_r \alpha}{10^3 \eta_p \eta}$$

$$M_{дин.п} = \frac{G v_r}{10^3 \eta_p \eta} (15,2 \alpha - 1,05)$$

Аналогичным образом находим моменты тормозных режимов в режиме противовыключения по типовым механическим характеристикам:

$$M_{тор} = 0,75 \text{ Мн}$$

$$M_{тор} = \frac{5,1 G v_r \alpha}{10^3 \eta_p \eta}$$

$$M_{дин.т} = \frac{G v_r}{10^3 \eta_p \eta} (5,1 \alpha + 1,05)$$

Полагая, что потери статических режимов не превышают 5% общих потерь за цикл, учтем их в виде коэффициента 1,05.

$$M_{ср.кб} = 1,05 \sqrt{\left[\frac{15,2^2 G^2 \alpha^2 v_r^2}{n_p^2 \eta^2 10^6} \cdot \frac{11 v_r \eta}{(14,5 \alpha - 1)} + \frac{5,1^2 G^2 \alpha^2 v_r^2}{n_p^2 \eta^2 10^6} \cdot \frac{11 v_r \eta}{(4,9 \alpha + 1)} \right]} \frac{N_p}{3600 \varepsilon_p}$$

$$\text{Принимая } P_{ср.кв} = \frac{N_p \eta_p}{9560}$$

$$P_{ср.кб} = \frac{G v_r \alpha}{10^3 32,5 \eta} \sqrt{\frac{N_p 2 v_r \eta}{\varepsilon_p} \left(\frac{8,9}{14,5 \alpha - 1} + \frac{1}{4,9 \alpha + 1} \right)} \approx \frac{G v_r \alpha}{10^3 36 \eta} \sqrt{\frac{N_p 2 v_r \eta}{\varepsilon_p \alpha}}$$

$$P_p = P_{ср.кб} \sqrt{\varepsilon_0 / \varepsilon_p}$$

$$P_p = \frac{G \cdot \bar{v}_r \alpha}{10^3 \cdot 36 \cdot \eta} \sqrt{\frac{100 N \bar{v}_r \eta}{E_a \alpha}}$$

5. Короткозамкнутые электродвигатели в диапазоне мощностей 1,0-8,5 кВт при 1000 об/мин имеют постоянные параметры, определяющие их тепловые возможности по реализации необходимой частоты пусков (табл. 3).

Таблица 3
Сравнительные данные для определения числа пусков

Число пусков в холостую:	MTKF	:	2350
h_e	4AC	:	7500
Отношение $P_H / 4 J_{q8}$	MTKF	:	19
	4AC	:	60

$$\frac{4 h_e J_{q8}}{P_H} \sim 120$$

Для условия $\frac{4 h_e J_{q8}}{P_H}$ допустимое число пусков двигателей в зависимости от основных параметров кранов v_r и α_p устанавливаются формулой

$$N = \frac{38(6.6 G_p + 0.6)}{(1+6) v_r} \sqrt{\frac{E_a}{E_p}} \sqrt{1 - \frac{0.6 \beta_2}{6.6 \alpha_p + 0.6}}$$

где: β - коэффициент, характеризующий условия торможения 0,5-1,65;

β_2 - коэффициент, характеризующий величину статической нагрузки;

$\beta_2 = 1$ - в помещении $\beta_2 = 3$ - на открытом воздухе;
величина $\sqrt{\frac{E_a}{E_p}}$ для двигателей серии 4АС принята 0,7.

6. Сравнение различных методов выбора электродвигателей и связь между ними.

До настоящего времени определению мощности электродвигателей механизма передвижения осуществлялось в СССР по эмпирической формуле:

$$P_H = \frac{(G + Q) \bar{v}_r}{10^3 \cdot g_1} \quad (\text{kBt}) \quad [\text{л}]$$

где: φ_1 - эмпирический коэффициент, равный 3,33 для мостов кранов режимов Л, С, Т и тележек кранов Т, ВТ; 4,2 - для тележек кранов Л, С; 2 - для мостов металлургических кранов режима ВТ.

За рубежом определение мощности электродвигателей по формуле:

$$P_H = \frac{P_{ct} + 10^3(G+Q)2F\alpha_p}{1,7 \div 2,0} \quad [Л2] \quad \text{или}$$

$$P_H = \frac{P_{ct}}{1,7} + \frac{\pi \cdot \epsilon (G+Q) V_r^2}{10^3 t_{раз}} \quad [Л8]$$

Эти эмпирические формулы [Л2, Л8] полностью идентичны основной формуле (2.8.) настоящей методики, а формула Л1 в существующей практике полностью идентична основной формуле данной методики при среднем ускорении $a_p = 0,3 \text{ м/с}^2$.

Эмпирическая формула [Л1] для режимов работы ВТ идентична по конечным результатам формуле (2.13.) настоящей методики.

7. В табл. 4 приведены сравнительные данные по режимам работы ГОСТ 25835-83, ГОСГОРТЕХНАДЗОР и европейских норм FEM 9.681.

Таблица 4
Сравнительные данные режимов механизмов

Классификация: Группа по правилам :режимов рабо- ти ГОСТОРТЕХНАД- 30Pa : по ГОСТ : 25835-83 : СТСЗВ 2077-80:		Относительная: продолжитель- ность вклю- чения ПВ %		Среднее: число включе- ний в час		Классификация: Число по европей- ским нормам : в час FEM 9.681 FEM 9.682	
L	IM	I5	60	IDm	60		
	2M	I5	60	ICm	90		
	3M	25	90	IBm	120		
C	4M	40	I20	IAm	150		
	5M	40	240	3m	180		
T				3m	240		
WT	6M	60	св. 360	4m	300		
				5m	360		

ПЕРЕЧЕНЬ
документов, на которые имеются ссылки в
руководящем техническом материале

Обозначение документа	Номер пункта
ГОСТ И83-76	I.I.I.; 4.7.4.
ГОСТ И451-77	I.3.
ГОСТ И0130-79	4.6.
ГОСТ И3109-67	3.I.I.
ГОСТ И4254-80	4.5.
ГОСТ И6150-69	4.5.; 4.8.2.
ГОСТ 25546-82	I.I.I.; I.2.I.
ГОСТ 25835-83	I.2.2.; I.2.3.; I.3.; 4.I.2.
РТМ 24.090.04-73	4.8.5.
РТМ 24.090.37.-78	4.7.2.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	<i>2</i>
2. Расчет и выбор электрооборудования и тормозов к механизму передвижения крана (тележки)	<i>11</i>
3. Расчет и выбор электрооборудования и тормозов к механизму подъема кранов	<i>41</i>
4. Выбор систем управления, аппаратуры и электромонтажа кранов	<i>54</i>
Приложение I. Особенности выбора электрообору- дования при эксплуатации кранов в среде с окружающей температурой выше плюс 45°С или в условиях высокогорья	<i>70</i>
Приложение 2. Примеры выбора электродвигателя	<i>72</i>
Приложение 3. Дополнение к методике выбора электродвигателей для механизмов передвижения мостовых и козловых кранов	<i>82</i>
Перечень документов, на которые имеются ссылки в руководящем техническом материале	<i>88</i>

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

По-	Номер листов (страниц)	Дата	Под-	Дата	Срок
ряд-	наме-заме-новых:аннулирован-	: и номер	пись-	: введение-	
ковый	нен-нен-	: ных	: указания	:	изменения
номер	нинх	/	: об ут-	:	
киме-			: Верифи-		
дения			: кации		

Ротапринт ЕНИИИТМАШ Заказ № 87. Тираж 300 экз.