

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР  
"ДОНГИПРООРГШАХТОСТРОЙ"



## ВРЕМЕННЫЕ НОРМЫ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ОСНАЩЕНИЯ ПРОХОДКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ  
СТВОЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ПЕРЕДВИЖНОГО ПРОХОДЧЕСКОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ

ПРОХОДЧЕСКИЕ ЛЕБЕДКИ  
РТМ 12.58.010.2-83

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР  
ДОНСИПРОРГИДАСТРОМ

ВРЕМЕННЫЕ НОРМЫ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСНАЩЕНИЯ  
ПРОХОДКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ПЕРЕДВИЖНОГО ПРОХОДЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Проходческие лебедки  
РТМ 12.58.010.2-83

**УДК 622.251.2.001.2 (083.75)**

Настоящий раздел "Временных норм технологического проектирования оснащения проходки вертикальных стволов с использованием передвижного проходческого оборудования" разработан в Донецком государственном институте проектирования организации шахтного строительства (Донгипрооргшахстрой) Министерства угольной промышленности СССР.

В разработке раздела приняли участие: канд. техн. наук Сапровин В.Т., канд. техн. наук Федоров И.И., ст. инженер Гатилов Г.А., ст. инженер Кузнецов В.В., ст. инженер Базык В.Е., инженер Плещак С.К., инженер Брустинов А.В. (ответственный исполнитель).

Министерство угольной промышленности СССР (Минуглепром СССР) Бременные нормы технологического проектирования оснащения проход вертикальных стволов с использованием передвижного проходческого оборудования. PTM 12.58.010.2-83. Минуглепром СССР

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящие нормы распространяются на разработку проектов сооружений проходок вертикальных стволов глубиной от 200 до 1500 м с использованием различных вариантов исполнения проходческих лебёдок (в дальнейшем - лебёдки). Проекты должны разрабатываться с учётом требований, имеющихся: в "Правилах безопасности в угольных и сланцевых шахтах" (ПБ), "Правилах технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт" (ПТЭ), "Правилах устройства электроустановок" (ПУЭ) и соответствующих разделах строительных норм и правил.

1.2. В понятие "лебёдка" включаются: механическое и электрическое оборудование лебёдки, канат, здание (в передвижном исполнении комплекс из лебёдки и здания получил наименование "передвижные установки для подвески проходческого оборудования") и фундамент. Проходческое оборудование, подвешиваемое на канате, в этом разделе норм не рассматривается.

I.3. Лебёдки разделяются на устанавливаемые стационарно и передвижные. Стационарные поступают на промышленную площадку в собранном или разобранном состоянии. Для них необходимо предусмотреть строительство здания и фундамента.

Внесены Донецким государственным институтом проектирова- ния организаций шахтного строительства (Донгипротшахтострой)	Утвержденны Первым заместителем Министра угольной промышленности ССР В.В. Белым от 28. XII.83	Срок введения 1 января 1984 г.
--	--	-----------------------------------

Лебедки в передвижном исполнении полностью монтируются на заводе и поступают собранными в специальном предназначенному для них здании, полностью подготовленными к работе, что сводит к минимуму объем и сроки монтажных и пусковых работ. Фундамент из гранитных блоков не включен в объем поставки.

1.4. Лебедки предназначены для подвески оборудования, кабелей и трубопроводов, необходимых при проходке и армировании вертикальных стволов, а также выполнении ремонтных работ и прочих вспомогательных операций (подвеска лестниц, телескопа и др.).

1.5. Для подвески оборудования при проходке стволов должны применяться лебедки, соответствующие требованиям НБ, ПГЭ, ГОСТ 7828-80. Для подвески помпов должны применяться лебедки с предохранительным тормозом колодочного типа. При использовании лебедок для подвески ямок во время армирования, спуско-подъемные операции с людьми запрещаются.

1.6. В разделе даны принципиальные указания и нормы, необходимые для расчета и выбора основных параметров лебедок, используемых для оснащения поверхности при проходке вертикальных стволов угольных шахт. Лебедки должны выбираться на основании анализа предлагаемых норм и соответствующих технико-экономических обоснований.

1.7. При проектировании оснащения ствола, как правило, следует ориентироваться на лебедки в передвижном исполнении. В отдельных случаях допускается применение стационарных лебедок при соответствующем технико-экономическом обосновании. В северных районах страны - Печорском бассейне и других - допускается установка нескольких лебедок в открытом исполнении в одном здании. Температурные условия в таких зданиях должны соответствовать требованиям, указанным в эксплуатационной документации на выбранные типы лебедок.

1.8. Выбор типа лебедки должен определяться требуемым максимальным статическим напряжением каната, глубиной ствола, режимом работы и технико-экономическими показателями.

## 2. УСЛОВИЯ ВЫПОЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

2.1. Для фундаментов под передвижное оборудование и сборно-разборное здание должны, как правило, использоваться инвентарные железобетонные блоки.

Применение монолитных или сборно-монолитных конструкций целесообразно в случаях строительства на просадочных, набухающих, водонасыщенных, заторфованных, засоленных и насыпных грунтах, а также на илах и в условиях вечной мерзлоты. Особенности проектирования в этих случаях оговорены СНиП 2.02.01-85 "Основания зданий и сооружений".

2.2. Инвентарные фундаментные блоки устанавливаются на песчаной подушке толщиной 150 мм, выполненной по утрамбованному грунту дна котлована. Блоки должны выступать над поверхностью земли на 200 мм. Глубина заложения фундамента назначается вне зависимости от расчетной глубины промерзания только для грунтов, указанных в пп. 3.3.5, 3.3.6 и табл. приложения 6 СНиП 2.02.01-85. При отличии грунтовых условий от указанных выше необходимо выполнить проверку устойчивости положения фундаментов на действующих краевальных и нормальных силах морозного пучения согласно приложению 6 СНиП 2.02.01-85.

В случае превышения сил морозного пучения над удерживающими силами, действующими на фундамент, необходимо предусматривать мероприятия, обеспечивающие понижение деформативной чувствительности сооружения или уменьшение сил морозного пучения.

2.3. Отклонение опорной поверхности фундамента из монолитного бетона или сборных инвентарных блоков от горизонтальной плоскости не должно быть более указанных в СНиП 3.02.01-83 "Основания и фундаменты".

2.4. При монтаже рамы лебедки следует предусматривать исполь-

зование клиновых прокладок. Допускаются плоские прокладки в исключительных случаях в пакетах по 3 - 4 шт. После окончания монтажа прокладки привариваются между собой и к раме.

2.5. В процессе организации строительства ( ПОС ) необходимо предусматривать объём и перечень проверок, выполняемых в процессе монтажа и по его окончании:

маркировочные проверки угла девиации струны каната (не должен выходить за пределы величин, указанных в ПГЭ), длины и угла наклона к горизонту ( должны соответствовать величинам, указанным как в нормативной документации, так и в эксплуатационной );

контрольные измерения электрических параметров в объеме требований " Правил устройства электроустановок ";

контроль работы тормозной системы в объеме требований ПБ и ПГЭ ;

контрольные испытания при сдаче в эксплуатацию в соответствии с требованиями ПБ, ПГЭ и ПУЭ.

2.6. Для снижения стоимости строительно-монтажных работ и сокращения сроков монтажа, как правило, следует предусматривать монтаж "о колесе", исключая промежуточные пункты разгрузки и промежутки времени между доставкой оборудования на строительную площадку и началом монтажных работ.

Если по условиям организации работ не имеется возможности исключить разрыв между доставкой оборудования и началом монтажа, необходимо предусматривать разгрузку оборудования непосредственно в зоне монтажа с помощью крана. Категорически запрещается предусматривать доставку с места разгрузки к монтажной площадке с помощью трактора на санях, лысках или волоком.

### 3. РЕЖИМ РАБОТЫ И РАСЧЁТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕБЁДОК

3.1. Выбор места расположения каждой лебёдки должен обеспечивать:

противопожарные проходы между стенками зданий соседних лебёдок, наличие противопожарных проездов по фронту или тылу установленной группы лебёдок (допускаются боковые проезды). Задача противопожарных проездов одновременно должна обеспечивать возможность выполнения монтажных работ "с колёс" с помощью кранов. Если предусматривается применение передвижного оборудования, то ширина проезда должна обеспечить их транспортировку непосредственно к месту монтажа;

расположение лебёдок относительно друг друга должно выполнять-ся с учётом их функций в период эксплуатации и возможности одновременного управления несколькими лебёдками с осуществлением контроля за их работой. Например, лебёдки подвески полков, опалубки и т.д.;

длину струны каната и угол её наклона к горизонту в соответствии с требованиями ПБ, ПГЭ и условиями, указанными в эксплуатационной документации.

3.2. Выбор типа лебёдки в зависимости от её функций выполняется с учётом:

величины концевой нагрузки на наибольшей глубине;

наибольшего момента, возникающего на одном из промежуточных схем навивки;

возможной кантовки для заданной глубины ствола;

возможных пределов временного или постоянного увеличения нагрузки на наибольшей глубине ствола и в зоне максимального момента. Расчёт и выбор лебёдки с учётом всех этих величин выполняются по методикам, приведенным в приложении I.

Если на лебёдке установлен короткозамкнутый двигатель, а проверочный расчёт показал, что требуемая мощность превышает мощность установленного на лебёдке двигателя, то следует выбрать лебёдку большей грузоподъёмности. Сказаться от этого можно только в случае обоснованного изменения режима работы двигателя (количество пусков и их длительности). Причём после изменения режима работы двигателя должен быть выполнен повторный проверочный расчёт.

3.3. Проверочный расчёт мощности двигателя выполняется в следующих случаях:

на лебёдке установлен короткозамкнутый двигатель и проектный режим работы двигателя не соответствует условиям, указанным в эксплуатационной документации двигателя или каталоге (число пусков в час и их длительность при пуске из холодного состояния, число пусков двигателя в час и их длительность при пуске из нагретого состояния);

максимальный необходимый момент двигателя, рассчитанный по методике, приведённой в приложении I, превышает максимальный момент двигателя, установленного на лебёдке.

В объём проверочного расчёта входят:

определение наибольшего момента сопротивления и требуемой мощности двигателя (приложение I);

определение числа и длительности пусков двигателя (приложение 2).

3.4. В проекте должен быть обоснован и рассчитан режим работы лебёдок: кратковременный, повторно-кратковременный или длительный, так как от этого зависит расчёт мощности двигателя. При выборе режима работы лебёдок необходимо учитывать особенности их работы:

лебёдки подвески полка чаще всего работают в повторно-кратковременном режиме со средним числом пусков в час, равным 8 -10.

При наличии местных особенностей в характере подвески полка, количестве параллельно работающих лебёдок и т.д. необходимо их учесть и выполнить индивидуальный расчёт длительности и количества пусков в час;

лебёдки подвески опалубки чаще работают в кратковременном режиме с числом пусков, не превышающим шести в час. Если возникнут индивидуальные особенности (изменение конструкции опалубки, использование лебёдки для открытия опалубки и т.д.), необходимо выполнить индивидуальный расчёт числа пусков и их длительности;

ремонтные лебёдки чаще всего работают в повторно-кратковременном режиме. Число пусков в час определяется, исходя из выполнения конкретных задач и местных условий;

для лебёдок во всех остальных назначений обычно предусматривается кратковременный режим работы;

отдельно должны быть проверены длительные режимы работы лебёдок, которые могут возникнуть после окончания проходки отвала. При расчёте длительных режимов работы должно быть строго ограничено допустимое количество пусков коротковременных двигателей из нагретого состояния. Допустимое число пусков должно соответствовать данным эксплуатационной документации или каталога;

если расчётное число пусков двигателя в час превышает величину, указанную в эксплуатационной документации двигателя, необходимо выполнить проверочный расчёт теплового режима двигателя (см. приложение 2).

3.5. Когда в эксплуатационной документации или каталоге отсутствуют данные по допустимому количеству пусков в час и их длительности, то проверочный расчёт необходимо производить в следующих случаях:

проектное число пусков в час превышает величину, указанную в п. 3.4;

напряжение на зажимах двигателя во время пуска ненее 0,9 номинального. Это величина принята в соответствии с СН 174-75 "Инструкция по проектированию электроснабжения промышленных предприятий" и требованиями ПУЭ.

Допустимое число пусков короткозамкнутых двигателей серии 4АС, установленных на некоторых лебёдках, приведено в приложении 2.

3.6. Для расчёта пусковых режимов короткозамкнутых двигателей должны быть заданы :

основные электрические параметры низковольтной сети, от которой получают энергию двигатели лебёдок, а именно : сечение жил и длина кабелей или потеря напряжения в кабеле при нормальной работе двигателя в период возникновения наибольшего момента сопротивления;

характеристика двигателя лебёдки : мощность, номинальное напряжение, номинальный ток и величина пускового тока по каталогу, кроме того, должна быть известна величина пускового момента при номинальном напряжении двигателя (обычно указывается в каталоге);

характеристика трансформатора, от которого получает питание двигатель: мощность, номинальное напряжение и сила тока с низкой стороны, напряжение короткого замыкания ( $e_k$ , %).

В процессе расчёта определяются:

величина пускового тока и его длительность при условии работы двигателя в период возникновения наибольшего статического момента сопротивления;

общий пусковой ток, если одновременно пускается несколько короткозамкнутых двигателей ;

снижение пускового момента из-за потери напряжения в трансформаторе и кабельной сети ;

режим работы трансформатора;

время пуска двигателя.

Методика расчёта пусковых токов приведена в приложении 2.

3.7. Для расчёта тепловых режимов короткозамкнутых двигателей, работающих в повторно-кратковременном режиме или длительном со значительным числом пусков в час, необходимы:

данные о величине и длительности пускового тока (принимают по результатам расчётов, выполненных в п. 3.6);

количество пусков в час (определяют в соответствии с п. 3.6).

Длительность работы полковых лебёдок в повторно-кратковременном режиме в среднем принимают равной 30 мин для подъёма или спуска полка, время нахождения двигателя под током - от 300 до 1000 с в зависимости от диаметра ствола и типа полка. При необходимости учесть индивидуальные особенности работы лебёдки подвески полка, отличающейся от средних, выполняют специальный расчёт времени работы двигателя.

Методика теплового расчёта (упрощённая) дана в приложении 2.

3.8. При проектировании монолитных и сборных железобетонных (блочных) фундаментов необходимо учитывать величину статических и динамических усилий, возникающих в канате лебёдки. Такой расчёт выполняют только для лебёдок, у которых величина динамических усилий равна или превышает 50 % номинального статического усилия. Данные о величине статических усилий в головном канате от воздействия ударной волны на полок приведены в приложении 3.

3.9. Если в проекте предусмотрено применение стационарных лебёдок на монолитном фундаменте, то это должно быть обосновано как с точки зрения организационного (отсутствие передвижного оборудования, климатические условия, габариты площадки, требующие применения одного здания для нескольких лебёдок, отсутствие транспортных средств нужной грузоподъёмности и т.д. ), так и экономических.

Необходимо выполнить сравнение экономических показателей при

использования стационарного и передвижного оборудования. Анализируя экономические показатели, следует сравнивать капитальные и эксплуатационные затраты. В частности, учитывается следующие основные показатели:

- стоимость оборудования;
- стоимость строительно-монтажных работ;
- транспортные расходы;
- обращаемость оборудования;
- стоимость демонтажа оборудования;
- эксплуатационные и ремонтные затраты.

Таким образом, экономическим критерием целесообразности применения определенного типа оборудования должна быть разность приведенных затрат, определяемых для базового и передвижного оборудования, умноженная на годовой объем продукции.

3.10. Бремя непрерывной работы лебедки в длительном режиме не должно превышать величины, указанной в эксплуатационной документации.

3.11. При выборе каната с диаметром больше, чем указано в технических условиях на лебедку, необходимо проверить возможность его применения по условию отношения  $\frac{D}{d}$  в соответствии с нормами ПБ.

3.12. Подвеска полка осуществляется обычно с применением полипаста, причем предусматривается перенос крепко закрепленного конца каната по мере углубки ствола. Для предотвращения больших динамических усилий в коротком конце каната его длина должна быть минимум 150 м. Динамические усилия возникают от колебания полка, вызванных воздействием на него ударной волной.

## ПРИЛОЖЕНИЕ I

## МЕТОДИКА РАСЧЁТА И ВЫБОРА ЛЕБЁДОК

## П. I. I. Раcчёт и выбор проходческой лебёдки по грузоподъёмности.

## П. I. I. I. Данные для расчёта:

 $Q_f$  - масса концевого груза, кг; $H$  - глубина отвала с учётом высоты копра, м;

## П. I. I. 2. Выбор каната выполняется по формуле

$$p = \frac{Q_f}{K \cdot 10^6 - H} \quad , \quad (П. I. I)$$

где  $p$  - линейная плотность каната, кг/м; $K$  - временное сопротивление разрыву, принимаемое по стандарту, МПа; $m$  - запас прочности, принимаемый в соответствии с требованиями ПБ; $\gamma$  - плотность каната, принимаемая равной  $9400 \text{ кг/м}^3$ ; $g$  - ускорение свободного падения, равное  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

По принятому стандарту выбирается масса ИССО и каната, равная или большая, ближайшая к расчётной, т.е. соблюдается условие

$$p \leq p_f \quad ,$$

где  $p_f$  - линейная плотность каната, указанная в стандарте, кг/м.Выбранный канат проверяется по условию  $\frac{D}{d} \geq \frac{1}{2}$ , которое должно удовлетворять нормам § 357 ПБ. Здесь  $D$  - диаметр забора лебёдки,  $d$  - диаметр выбранного каната.

## П. I. I. 3. Наибольшая необходимая грузоподъёмность лебёдки

$$G = K_c Q_f + p_f H \quad , \quad (П. I. 2)$$

где  $K_c$  - коэффициент, учитывающий вредные сопротивления и неравномерное распределение нагрузки между канатами. На основании результатов расчёта и экспериментов принятые значения:

$K_c = 1,15$  для отдельных лебёдок;

$K_c = 1,25$  для двух параллельно работающих лебёдок;

$K_c = 1,35$  для трёх параллельно работающих лебёдок.

По полученному результату выполняется проверочный расчёт двигателя.

#### П. I. I. 4. Необходимая грузоподъёмность лебёдки

$$G_p = Q_r + p_r H . \quad (\text{П. I. 3})$$

Грузоподъёмность лебёдки  $G_L$  выбирается равной или больше расчётной из выпускаемого ряда, т.е. соблюдается условие

$$G_L > G_p .$$

#### П. I. I. 5. Проверка по канатоёмкости

$$H < 0,97 H_L \frac{p_L}{p_r} , \quad (\text{П. I. 4})$$

где  $H_L$  - канатоёмкость лебёдки, указанная в эксплуатационной документации, м.

$p_L$  - линейная плотность каната, указанная в эксплуатационной документации, кг/м.

Используя приведенные формулы (П. I. 3) и (П. I. 4), необходимо иметь в виду, что наибольшая нагрузка возникает в конце проходки ответа, а неравномерное распределение усиливается в канатах параллельно работающих лебёдок во многом зависит от культуры их эксплуатации (контроль за одновременным переходом с одного слоя каната на другой при сходе его с барабана, за толщиной прокладок между слоями и т.д.). Поэтому если расчётная грузоподъёмность превышает нак-

симально допустимые величины для данного типа лебёдки на 3 - 5%. целесообразно не выбирать лебёдку, следующую по ряду. Вместо с тем, принимая такое решение, необходимо тщательно проанализировать величину принятого в расчёте концевого груза и конце проходки ствола и убедиться, что увеличение его не предвидится.

#### П.1.2. Расчёт наибольшей массы концевого груза

##### П.1.2.1. Данные для расчёта:

$G_A$  - грузоподъёмность лебёдки, кг;

$H$  - глубина ствола с учётом высоты копра, м;

$p_L$  - линейная плотность каната, указанная в технических условиях на лебёдку, кг/м.

##### П.1.2.2. Линейная плотность каната по условиям канатоёмкости

$$p = 0,97 p_L \frac{H_A}{H} \quad . \quad (\text{П.1.5})$$

По выбранному стандарту на канат принимается ближайшее меньшее значение линейной плотности, т.е. выполняется условие  $p_r < p$ .

##### П.1.2.3. Допускаемая масса концевого груза

$$Q_r = p_r \left( \frac{K_3 \cdot 10^6}{m \gamma g} - H \right) \quad . \quad (\text{П.1.6})$$

#### П.1.3. Расчёт наибольшей глубины ствола

##### П.1.3.1. Данные для расчёта:

$G_A$  - грузоподъёмность лебёдки, кг;

$Q_r$  - масса концевого груза, кг.

##### П.1.3.2. Наибольшая допустимая глубина ствола

$$H = \frac{G_A - Q_r}{G_A} \cdot \frac{K_3 \cdot 10^6}{m \gamma g} \quad . \quad (\text{П.1.7})$$

Полученный результат следует проверить по канатоёкости лебёдки - формулы (П.1.1) и (П.1.4).

П.1.4. Расчёт наибольшего статического момента

П.1.4.1. Данные для расчёта (П.1.1 - П.1.3):

$G$  - наибольшая необходимая грузоподъёмность лебёдки, кг;

$Q_f$  - масса концевого груза, кг;

$r_f$  - линейная плотность каната, кг/м;

$H$  - глубина ствола с учётом высоты копра, м.

П.1.4.2. Определение номера слоя намивки каната с максимальным статическим моментом

$$n = \sqrt{\frac{1}{12} \left( \frac{D}{d} \right)^2 + \frac{G}{3\pi B r_f}} - \frac{1}{2} \left( \frac{D}{d} + \frac{1}{3} \right), \quad (\text{П.1.3})$$

где  $D$  и  $B$  - диаметр и ширина барабана соответственно заданного типа лебёдки, м;

$G$  определяется по формуле (П.1.2);

$$d_1 = d + \delta,$$

где  $d$  - диаметр каната, м;

$\delta$  - зазор между соединими витками или между последним витком и ребордом, м.

В расчётах целесообразно принимать величину зазора  $\delta$ , равную толщине прокладок между слоями, т.е.  $I = 1,5$  мм.

Результат, полученный по формуле (П.1.8), округляется до ближайшего целого большего числа.

П.1.4.3. Расчёт максимального момента сопротивления  $M$  · м :

$$M_c = \left( \frac{D + d_1}{2} + n d_1 \right) [G - \pi B r_f n \left( \frac{D}{d_1} + n \right)] g, \quad (\text{П.1.9})$$

где  $n$  - номер слоя, на котором определяется момент сопротив-

дения.

Расчет ведется для двух слоев:  $\Pi$  и  $\Pi + 1$ , где  $\Pi$  - результат вычислений по формуле П.1.8, округленный до ближайшего большего целого числа. Наибольший из моментов принимается для проверки мощности двигателя.

**П.1.4.4. Необходимая мощность двигателя при максимальном моменте сопротивления**

$$P_{\text{н}} = \frac{M_c \cdot \Pi_n}{9550 \cdot \eta \cdot i}, \quad (\text{П.1.10})$$

где  $\Pi_n$  -nomинальная частота вращения двигателя, об/мин;

$\eta$  - коэффициент полезного действия механической части лебедки, принимаемый равным 0,8;

$i$  - передаточное отношение редуктора и зубчатой передачи лебедки.

**Примечания:**

1. Проверочный расчет максимального момента сопротивления и необходимой мощности двигателя выполняется в следующих случаях:

глубина ствола больше, а линейная плотность каната меньше, чем указано в эксплуатационной документации на лебедку;

глубина ствола меньше, а линейная плотность каната больше, чем указано в эксплуатационной документации на лебедку.

В последнем случае необходимо проверить отношение  $\frac{D}{d}$ .

2. В случае установки на лебедках короткозамкнутого двигателя его мощность следует также проверить по условиям длительной работы и пусковых режимов при повторно-кратковременной работе. Методы проверки - см. приложение 2.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ КОРОТКОЗАМКНУТЫХ  
ДВИГАТЕЛЕЙ

## П.2.1. Расчёт пускового тока двигателя

## П.2.1.1. Общие положения

Расчёт пусковых токов выполняется только для двигателей серии 4АС, устанавливаемых, как правило, на лебёдках, выпускаемых по ГОСТ 7828-30. Полные данные по этой серии имеются в справочнике "Асинхронные двигатели серии 4А". Большинство дальнейших расчётов и таблицы взяты из этого справочника.

Расчёт пускового тока двигателя выполняется с учётом потери напряжения в трансформаторе и кабельной сети. Для определения величины погерц напряжения используются приблизительные формулы.

Лебёдки, выпускаемые по ГОСТ 7828-30, поступают к потребителям уже укомплектованными двигателями. Расчёт пусковых токов и длительности пуска необходим для оценки тепловых режимов, которые во многом зависят от характеристик кабельной сети и трансформатора. Следует иметь в виду, что в сетях с повышенной потерей напряжения при нормальной работе пусковой ток уменьшается незначительно, а длительность разгона возрастает очень быстро по мере ухудшения характеристики сети (например, при выборе кабеля с минимально допустимым сечением жил, расположении лебёдок на большом расстоянии от трансформатора и т.д.)

Как правило, расчёт пускового тока короткозамкнутого двигателя и проверочный расчёт его мощности необходимы, если все двигатели, получающие энергию по одному кабелю, пускаются одновременно. Когда из группы двигателей, получающих энергию по одному кабелю, пускается только часть, необходимость в расчёте отпадает, так

как напряжение на зажимах двигателя при пуске будет более 35 % номинального, а время пуска значительно уменьшится. Поэтому расчет количества пусков и тепловых режимов необходимо выполнять, если напряжение на зажимах двигателя в период пуска меньше или равно 85 % номинального.

#### П.2.1.2. Схема замещения питательной сети

Схема замещения показана на рис. П.2.1. В неё приняты следующие условные обозначения :

$X_g$  - индуктивное сопротивление двигателя, Ом;

$R_g$  - активное сопротивление двигателя, Ом;

$R_k$  - активное сопротивление кабеля, Ом;

$X_t$  - индуктивное сопротивление трансформатора, Ом.

В дальнейшем абсолютные значения величин обозначены прописными буквами, а относительные - строчными.

Схема замещения питательной сети

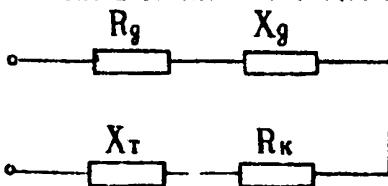


Рис. П.2.1

Активное сопротивление жилы кабеля вычисляется по формуле

$$R_k = \rho \frac{L_k}{S} \quad , \quad (П.2.1)$$

где  $L_k$  - длина питательного кабеля, м ;

$S$  - сечение жилы кабеля,  $\text{мм}^2$ ;

$\rho$  - удельное сопротивление материала жилы кабеля,  $\text{мкОм.м}$  ( $\text{мм}^2 \cdot \text{Ом}/\text{м}$ ).

Индуктивное сопротивление трансформатора приближенно вычисляется по формуле

$$X_T = \frac{10U_T^2}{P_T} \cdot e_k , \quad (\text{П.2.2})$$

где  $U_T$  - nominalное напряжение с низкой стороны трансформатора, кВ;

$e_k$  - напряжение короткого замыкания, %;

$P_T$  - мощность трансформатора, кВА.

**П.2.1.3. Расчёт индуктивного и активного сопротивления двигателя**

Расчёт будет соответствовать методам, изложенным в справочнике "Асинхронные двигатели серии 4А".

Схема замещения для расчёта пускового тока двигателя при nominalной базовой напряжении показана на рис. П.2.2.

Схема замещения асинхронного двигателя в период пуска

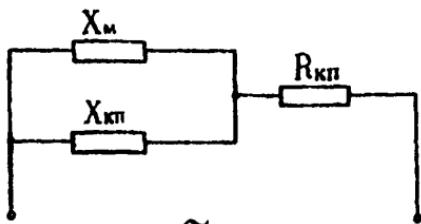


Рис. П.2.2

Относительная величина индуктивного сопротивления в период пуска определяется по формуле

$$X_d = \frac{X_m \cdot X_{kp}}{X_m + X_{kp}} . \quad (\text{П.2.3})$$

Значения относительных величин  $R_{\text{кл}}$ ,  $X_{\text{кл}}$  и  $X_m$  приведены в табл. П.2.1. Абсолютные значения сопротивлений определяются по формулам:

$$X = \frac{x \cdot U_{\Phi}}{J_{\Phi}} \quad , \quad (\text{П.2.4})$$

$$R = \frac{r \cdot U_{\Phi}}{J_{\Phi}} \quad , \quad (\text{П.2.5})$$

где  $U_{\Phi}$  - номинальное напряжение статора, В;  
 $J_{\Phi}$  - номинальный фазный ток статора, А.

$$J_{\Phi} = \frac{P_2}{3U_{\Phi}\eta_g \cdot \cos\varphi} \quad , \quad (\text{П.2.6})$$

где  $P_2$  - номинальная мощность двигателя при ПВ = 40 %, кВт.  
(см. табл. П.2.2);

$\eta_g$  - коэффициент полезного действия двигателя (см. табл. П.2.2);

$\cos\varphi$  - коэффициент мощности (см. табл. П.2.2).

Учитывая, что  $R_g = R_{\text{кл}}$ , относительная величина полного сопротивления двигателя при пуске определяется по формуле

$$Z = \sqrt{r_g^2 + X_g^2} \quad . \quad (\text{П.2.7})$$

#### П.2.1.4. Гасчёт пусковых токов двигателя

Относительная величина пускового тока двигателя без учёта потерь в сети и трансформаторе определяется по формуле

$$I_{\text{п}} = \frac{1}{Z} \quad . \quad (\text{П.2.8})$$

Пусковой ток двигателя с учётом потерь в сети и трансформаторе рассчитывается в соответствии со схемой (рис. П.2.1.).

Таблица П.2.1

Основные технические данные электродвигателей с повышенным скольжением

Типоразмер электродви- гателя	$P_2$ nom (ПВ40%) кВт	$n_c$ , об/мин	Параметры схемы замещения. Относительные величины		
			$X_m$	$\Gamma_{kl}$	$X_{kl}$
4AC132M4У3	11,8	1500	2,7	0,12	0,13
4AC160S4У3	17,0	1500	3,7	0,11	0,13
4AC160M4У3	20,0	1500	3,6	0,095	0,12
4AC180S4У3	21,0	1500	4,2	0,10	0,14
4AC180M4У3	26,5	1500	3,3	0,082	0,11
4AC200M4У3	31,5	1500	4,5	0,097	0,12
4AC200L4У3	40,0	1500	4,9	0,093	0,12
4AC225M4У3	50,0	1500	4,4	0,090	0,12
4AC250S4У3	56,0	1500	3,6	0,038	0,11
4AC250M4У3	63,0	1500	3,9	0,039	0,10
4AC132M6У3	8,5	1000	2,0	0,14	0,14
4AC160S6У3	12,0	1000	2,5	0,15	0,13
4AC160M6У3	16,0	1000	3,1	0,15	0,16
4AC180M6У3	19,0	1000	3,7	0,15	0,17
4AC200M6У3	22,0	1000	5,0	0,19	0,16
4AC200L6У3	23,0	1000	4,4	0,12	0,14
4AC225M6У3	33,5	1000	4,0	0,12	0,14
4AC250S6У3	40,0	1000	3,8	0,091	0,12
4AC250M6У3	45,0	1000	2,7	0,071	0,038
4AC160M8У3	12,5	750	2,4	0,17	0,20
4AC180M8У3	15,0	750	2,7	0,15	0,19
4AC200M8У3	20,0	750	3,4	0,16	0,20
4AC225M8У3	26,5	750	2,5	0,13	0,15
4AC250S8У3	36,0	750	3,2	0,12	0,16

## продолжение табл. II.2.2.

Типоразмер электродвига- телей	$P_c$ , кВт/мин	НВ 15%			НВ 25%			НВ 50%			НВ 100%		
		$P_2$ , кВт	$\eta$ , %	$\cos \varphi$	$P_2$ , кВт	$\eta$ , %	$\cos \varphi$	$P_2$ , кВт	$\eta$ , %	$\cos \varphi$	$P_2$ , кВт	$\eta$ , %	$\cos \varphi$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14
4AC225M8У3	1000	40,0	84,0	0,92	35,0	85,5	0,92	33,5	81,0	0,91	25,0	85,0	0,90
4AC250S8У3	1000	56,0	85,0	0,90	45,0	88,0	0,90	40,0	89,0	0,90	33,5	90,0	0,89
4AC25-50У3	1000	60,0	85,0	0,90	53,0	88,0	0,89	45,0	86,5	0,88	36,0	83,5	0,84
4AC100S8У3	750	11,0	77,0	0,82	10,0	79,5	0,81	9,0	81,5	0,80	7,0	84,0	0,77
4AC160M8У3	750	16,0	77,0	0,80	14,0	81,0	0,80	12,5	82,5	0,79	10,0	84,0	0,75
4AC180M8У3	750	19,0	79,0	0,83	17,0	81,5	0,83	15,0	83,5	0,83	13,0	84,5	0,81
4AC200M8У3	750	26,0	77,0	0,85	24,0	79,5	0,85	20,0	83,5	0,85	16,0	84,0	0,84
4AC225M8У3	750	33,5	80,0	0,86	30,0	81,0	0,86	26,5	83,0	0,85	22,0	84,0	0,83
4AC250S8У3	750	45,0	82,0	0,86	43,0	83,5	0,86	36,0	85,0	0,85	26,5	87,0	0,83

Таблица П.2.2

Мощности и энергетические показатели электродвигателей с повышенным скольжением  
при различной продолжительности включения

Типоразмер электродвига- телей	Нс, об/мин	ПЗ 15%			ПВ 25 %			ПВ 40 %			ПВ 100 %		
		P <sub>2</sub> кВт	η %	cos ϕ									
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	I2	I3	I4
4AC132S4У3	1500	11,8	79,0	0,97	9,5	92,0	0,86	8,5	82,5	0,85	7,1	84,0	0,81
4AC132M4У3	1500	16,0	81,0	0,87	14,0	83,0	0,86	11,8	84,0	0,85	9,0	85,0	0,81
4AC160S4У3	1500	22,0	81,5	0,86	19,0	83,8	0,56	17,0	84,5	0,86	13,0	86,0	0,84
4AC160M4У3	1500	25,0	85,0	0,87	23,0	86,0	0,87	20,0	87,0	0,87	17,0	83,0	0,86
4AC180S4У3	1500	26,5	33,5	0,93	24,0	84,5	0,93	21,0	86,0	0,92	19,0	87,0	0,92
4AC180M4У3	1500	32,0	86,0	0,92	30,0	87,0	0,92	26,5	88,5	0,91	24,0	89,5	0,91
4AC200M4У3	1500	42,0	85,5	0,93	35,0	87,0	0,93	31,5	87,5	0,92	26,0	83,0	0,92
4AC200L4У3	1500	50,0	87,5	0,94	47,0	88,0	0,94	40,0	89,0	0,93	35,0	90,0	0,93
4AC225M4У3	1500	63,0	85,5	0,93	55,0	87,0	0,93	50,0	87,5	0,92	40,0	88,5	0,92
4AC250S4У3	1500	75,0	85,5	0,93	63,0	87,0	0,93	56,0	87,5	0,92	50,0	88,0	0,92
4AC250M4У3	1500	80,0	85,0	0,94	71,0	86,5	0,94	63,0	87,0	0,93	56,0	87,5	0,93
4AC160S6У3	1000	16,0	77,5	0,87	14,0	80,0	0,86	12,0	82,5	0,85	10,0	84,0	0,83
4AC160M6У3	1000	21,0	79,0	0,87	19,0	81,5	0,36	16,0	84,0	0,85	13,0	85,5	0,83
4AC180M6У3	1000	22,0	31,5	0,90	20,0	83,0	0,90	19,0	84,5	0,90	16,0	85,5	0,89
4AC200M6У3	1000	25,0	30,0	0,92	25,0	82,0	0,92	22,0	83,5	0,92	18,0	85,5	0,91
4AC200L6У3	1000	30,0	85,5	0,92	32,5	93,5	0,92	28,0	85,5	0,91	23,0	86,5	0,91

$$J_n = \frac{U_g}{1,73 \sqrt{(X_g + X_t)^2 + (R_g + R_k)^2}} . \quad (П.2.9)$$

Используя формулу (П.2.9), следует иметь в виду, что в числителе указано номинальное напряжение двигателя, а не напряжение холостого хода трансформатора  $U_x$ , так как в расчёте не учитывается потеря напряжения в трансформаторе от работы всех остальных потребителей. Абсолютные значения сопротивлений  $X_g$  и  $R_g$  указываются подстановкой  $R_{kp}$  и  $X_g$  в формулы (П.2.4 и П.2.5).

П.2.1.5. Расчёт напряжения на зажимах двигателя при пуске  
Напряжение на зажимах двигателя определяется по формуле

$$U_{ng} = U_x - 1,73 J_n \sqrt{X_t^2 + R_k^2} . \quad (П.2.10)$$

### П.2.2. Расчёт пускового момента

Механическая характеристика асинхронного двигателя серии ААС приведена на рис. П.2.3

Механическая характеристика  $m(S)$  короткозамкнутого асинхронного двигателя серии ААС

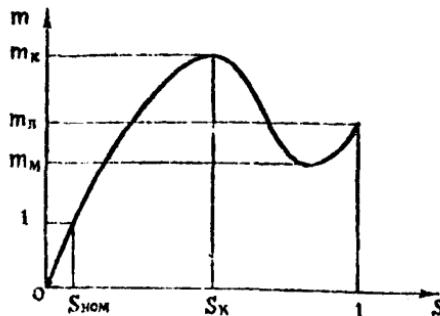


Рис. П.2.3

данные для расчёта указаны в табл. П.2.2 и П.2.3.

Приняты следующие условные обозначения :

$M_{\text{н}}$  - относительная величина пускового момента;

$M_{\text{м}}$  - относительная величина минимального момента;

$M_{\text{к}}$  - относительная величина наибольшего момента;

$S$  - скольжение двигателя.

Абсолютные значения моментов в Н·м определяются по формуле

$$M_i = m_i M_{\text{ном}} , \quad (\text{П.2.11})$$

где  $M_{\text{ном}}$  - номинальный момент двигателя в Н·м, определяется по формуле

$$M_{\text{ном}} = 9550 \frac{P_2}{n_c (1 - S_{\text{ном}})} , \quad (\text{П.2.12})$$

где  $S_{\text{ном}}$  - номинальное скольжение, приведенное в табл. П.2.3.

П.2.3. Расчёт продолжительности пуска

Продолжительность пуска  $t_p$  в с и предельно допускаемое число пусков в час  $h$  должны приниматься по рекомендациям завода - изготавителя или института ВНИПТИИМ.

Если такая возможность отсутствует, то следует воспользоваться приближённым методом, который приведен ниже.

П.2.3.1. Длительность пуска определяется по формуле

$$t_p = 1,1 \cdot 10^{-5} \frac{(1 - S_{\text{ном}})^2 n_c^2 K_u \bar{J}_{\text{др}}}{P_2 (K_u m_{\text{др}} - M_c)} , \quad (\text{П.2.13})$$

где  $n_c$  - синхронная частота вращения двигателя, об/мин ;

$K_u$  - коэффициент инерции;

$\bar{J}_{\text{др}}$  - динамический момент инерции ротора, приведенный в табл. П.2.3, кг·м<sup>2</sup>;

Таблица П.2.9

## Пусковые свойства электродвигателей с повышенным скольжением

Типоразмер электродвига- теля	n <sub>с</sub> , об/мин	Механическая характеристика					i <sub>п</sub>	V <sub>т</sub> , %	J <sub>dp</sub> кг·м <sup>2</sup>	T <sub>0</sub> , с	h <sub>0</sub>
		m <sub>п</sub>	m <sub>и</sub>	m <sub>к</sub>	S <sub>ном</sub> %	S <sub>к.к</sub> %					
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4AC132S4Y3	1500	2,6	1,6	2,8	6,9	49,4	7,0	10,4	0,028	0,05	6800
4AC132M4Y3	1500	2,0	1,6	2,2	6,1	50,3	7,0	10,7	0,040	0,05	6500
4AC160S4Y3	1500	2,0	1,6	2,2	6,1	45,0	7,0	9,4	0,10	0,09	3800
4AC160M4Y3	1500	2,0	1,6	2,2	5,3	41,7	7,0	8,0	0,13	0,09	3000
4AC180S4Y3	1500	2,0	1,6	2,2	5,7	37,9	7,0	7,1	0,19	0,12	2400
4AC180M4Y3	1500	2,0	1,6	2,2	4,4	39,8	7,0	6,1	0,23	0,13	2000
4AC200M4Y3	1500	2,0	1,6	2,2	5,7	46,6	7,0	6,1	0,37	0,17	1700
4AC200L4Y3	1500	2,0	1,6	2,2	5,8	47,5	7,0	6,4	0,45	0,18	1700
4AC225M4Y3	1500	2,0	1,6	2,2	5,9	47,2	7,0	6,1	0,64	0,20	1600
4AC250S4Y3	1500	2,0	1,6	2,2	6,3	62,2	7,0	2,8	1,0	0,30	1200
4AC250M4Y3	1500	2,0	1,6	2,2	6,4	64,9	7,0	2,7	1,2	0,32	1200
4AC132M6Y3	1000	1,9	1,5	2,1	5,8	48,0	6,5	11,9	0,058	0,05	7100
4AC160S6Y3	1000	1,9	1,5	2,1	7,7	59,2	6,5	10,1	0,14	0,03	4700
4AC160M6Y3	1000	1,9	1,5	2,1	7,3	54,6	6,5	9,2	0,18	0,08	4300
4AC180M6Y3	1000	1,9	1,5	2,1	7,6	44,4	6,5	9,2	0,22	0,08	4300
4AC200M6Y3	1000	1,9	1,5	2,1	7,3	43,9	6,5	7,1	0,40	0,13	3100
4AC200L6Y3	1000	1,9	1,5	2,1	6,2	45,0	6,5	7,1	0,45	0,15	3000
4AC225M6Y3	1000	1,9	1,5	2,1	6,9	53,1	6,5	5,9	0,74	0,20	2900

Продолжение табл. П.2.3

Типоразмер электро- двигателя	П.с., об/мин	Механическая характеристика					i <sub>п</sub>	V <sub>т</sub> , °С/с	J <sub>tp</sub> , кг·м <sup>2</sup>	T, с	h <sub>0</sub>
		m <sub>п</sub>	m <sub>м</sub>	m <sub>к</sub>	S <sub>max</sub>	S <sub>к</sub> , %					
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
4АС25036У3	1000	1,9	1,5	2,1	5,4	46,2	6,5	4,7	1,16	0,20	1300
4АС250М3У3	1000	1,9	1,5	2,1	3,8	47,6	6,5	8,6	1,26	0,20	1300
4АС160М3У3	750	1,8	1,5	2,0	9,0	44,3	6,0	8,3	0,18	0,07	6300
4АС180М3У3	750	1,8	1,5	2,0	7,8	40,6	6,0	7,4	0,25	0,07	6000
4АС200М3У3	750	1,8	1,5	2,0	8,4	40,6	6,0	8,3	0,40	0,09	4300
4АС225М3У3	750	1,8	1,5	2,0	7,2	51,5	6,0	5,1	0,74	0,13	4200
4АС25058У3	750	1,8	1,5	2,0	6,7	44,4	6,0	6,1	1,2	0,14	2400

$K_H$  - коэффициент снижения момента двигателя от потерь в сети ;

$m_{g\delta}$  - относительная величина среднего момента двигателя в процессе пуска ;

$m_c$  - относительное значение момента сопротивления.

Коэффициент инерции определяется по формуле

$$K_u = \frac{J_{dp} + J_{dm}}{J_{dp}} , \quad (П.2.14)$$

где  $J_{dm}$  - динамический момент инерции механизма, приведенный к ротору двигателя, кг.м<sup>2</sup>.

С достаточной точностью можно принимать  $K_u = 1,3 - 1,4$ .

Коэффициент снижения момента двигателя от потерь в сети определяется по формуле

$$K_H = \left( \frac{U_{ng}}{U_{\Phi}} \right)^2 \quad (П.2.15)$$

Статистическая величина среднего момента двигателя в процессе пуска определяется по формуле

$$m_{g\delta} = \frac{1}{n_c (1 - S_{ном})} \int_0^{n_c (1 - S_{ном})} m(n) dn .$$

По рекомендациям института ВНИПТИЭМ  $m_{g\delta}$  можно определить по формуле

$$m_{g\delta} = 0,5 [(m_n + m_m)(1 - S_m) + (m_{kp} + m_m)(S_m - S_k)] + 0,69 S_k m_{kp} , \quad (П.2.16)$$

где  $m_n, m_m, m_{kp}, S_k$  - принимаются по табл. П.2.3.

$S_m = 0,5$  (рекомендация ВНИПТИЭМ).

П.2.3.2. Допускаемое число пусков в час определяется по формуле

$$f = \frac{1}{K_u} \left( 1 + \frac{0.045 K_m P_{2 \text{nom}}^{1.1} P_{\text{pp}}^{0.5}}{J_{\text{pp}}} \right) \cdot \frac{K_u T_{\text{pp}} - T_c}{T_{\text{pp}} - 1} , \quad (\text{П.2.17})$$

где  $K_m$  - коэффициент, определяемый моментом сопротивления :

при  $T_c = 1$ ,  $K_m = 0.5$ ;

при  $T_c = 0$ ,  $K_m = 1$ ;

$P_{2 \text{nom}}$  - номинальная мощность двигателя. Для двигателей серии 4АС принимается при ПВ 40%, кВт;

$P_{\text{pp}}$  - число пар полюсов двигателя.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

## РАСЧЁТ УСИЛИЙ В КАНАТЕ ПОЛКОВОЙ ЛЕБЁДКИ

Усилия в верхней точке каната, передаваемые на барабан лебёдки, определяются следующими составляющими:

массой концевого груза;

массой каната;

динамическими усилиями, возникающими в канате от ударной взрывной волны, воздействующей на полок.

Обычно суммарное усилие определяют по формуле

$$P_c = \left( \frac{Q_f}{n_k} K_c K_g + p_f H \right) g , \quad (П.3.1)$$

где  $Q_f$  - масса полка, кг;

$n_k$  - число канатов, на которых крепится полок;

$K_c$  - коэффициент негравиометрии загрузки лебёдок (см. приложение I);

$K_g$  - коэффициент динамичности. Изменение коэффициента динамичности в функции глубины отводов приведены на рис. П.3.1 для справки. Они получены на основании исследований, выполненных в институте ЛГОИС. С учётом этих данных в расчёте следует принимать  $K_g = 1,5$ ;

$H$  - наибольшая глубина отвода с учётом высоты копра;

$p_f$  - масса 1 м каната.

Причтение: в этом расчёте не учитывается воздействие ударной взрывной волны на подиумную плоскадку, поэтому усилие, определяющее с помощью формулы (П.3.1), ещё не достаточно для расчёта ба-лок подиумной плоскадки.

Изменение коэффициента  $k_2$

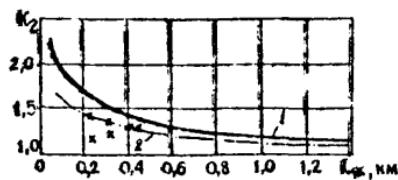


Рис. П.1.3

I,2 – фактическое и минимальное значения коэффициента.

## С о д е р ж а н и е

Введение .. . . . .	2
1. Общие положения . . . . .	3
2. Условия строительно - монтажных работ. . . . .	5
3. Режимы работы и расчет основных параметров лебедок	7
Приложение I. Методика расчета и выбора лебедок . . . . .	13
Приложение 2. Методика расчета тепловых режимов короткозамкнутых двигателей . . . . .	18
Приложение 3. Расчет усилий в канате полковой лебедки . . . . .	31