МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
„ДОНГИПРООРГШАХТОСТРОЙ"

ВРЕМЕННЫЕ НОРМЫ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСНАЩЕНИЯ ПРОХОДКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕДВИЖНОГО ПРОХОДЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ПРОХОДЧЕСКИЕ ЛЕБЁДКИ
РТМ 12.58.010.2-83

ДОНЕЦК 1983

gost.e-ecolog.ru

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

1983

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 (Донгипрооргшахтострой) Министерства угольной промышленности СССР.

В разработке раздела приняли участие: канд. техн.наук Сапронов В.Т., канд.техн.наук Фёдоров М.М., ст. инженер Гатилов Г.А., ст. инженер Кузнецов В.В., ст. инженер Базик В.Е., инженер Плескач С.К., инженер Брустинов А.В. (ответственный исполнитель).

Министерство угольной промышленности СССР (Минуглепром СССР)	Временные нормы технологического проектирования оснащения проходки вертикальных стволов с использованием передвижного проходческого оборудования. Проходческие лебёдки	РТМ 12.58.010.2-83 Минуглепром СССР

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящие нормы распространяются на разработку проектов оснащения проходки 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.

I.2. В понятие "лебёдка" включаются: механическое и электрическое оборудование лебёдки, канат, здание (в передвижном исполнении комплект 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 проектирования организации шахтного строительства (Донгипрошахтострой)	Утверждены Первым заместителем Министра угольной промышленности СССР В.В.Белым от 28.XII.83	Срок введения I января 1984г.

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

I.4. Лебедки предназначены для подвески оборудования, кабелей и трубопроводов, необходимых при проходке и армировании вертикальных стволов, а также выполнения ремонтных работ и прочих вспомогательных операций (подвеска лестниц, телескопа и др.)

I.5. Для подвески оборудования при проходке стволов должны применяться лебедки, соответствующие требованиям ПБ, ПТЭ, ГОСТ 7828-80. Для подвески полков должны применяться лебедки с предохранительным тормозом колодочного типа. При использовании лебедок для подвески полок во время армирования, спуско-подъемные операции с людьми запрещаются.

I.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.

I.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.

I.8. Выбор типа лебедки должен определяться требуемым максимальным статическим натяжением каната, глубиной ствола, режимом работы и технико-экономическими показателями.

2. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

2.1. Для фундаментов под перемещное 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 2.02.01-83 "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 расчётной глубины промерзания только для грунтов, указанных в пп. 3.3.5, 3.3.6 и табл. приложения 6 СНиП 2.02.01-83. При отличии грунтовых условий от указанных выше необходимо выполнить проверку устойчивости положения фундаментов на действие касательных и нормальных сил морозного пучения согласно приложению 6 СНиП 2.02.01-83.

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

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

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

контроль работы тормозной системы в объёме требований ПБ и ПТЭ ;

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

2.6. Для снижения стоимости строительно-монтажных работ и сокращения сроков монтажа, как правило, следует предусматривать монтаж "с колес", 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, листах или волоком.

3. РЕЖИМЫ 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). Величина 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 выполняться 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, ПТЭ 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 слоёв навивки;

возможной канатоёмкости 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. Отказаться 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, приведенной в приложении I, превышает номинальный 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, количества 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 отрыва 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 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 короткозамкнутых 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 величины, указанные в п.3.4 ;

напряжение на зажимах двигателя во время пуска менее 0,8 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 низкого стороны, напряжение короткого замыкания ($e_к$, %).

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 пускаются 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, отличающиеся 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 взрывной 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 организационной (отсутствие передвижного оборудования, климатические условия, габариты площадки, требующие применения одного здания для нескольких лебёдок, отсутствие транспортных средств нужной грузоподъёмности и т.д.), так и экономической.

Необходимо выполнить сравнение экономических показателей при

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

стоимость оборудования;

стоимость строительно-монтажных работ;

транспортные расходы;

оборачиваемость 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 объём продукции.

3.10. Время непрерывной работы лебёдки 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 лебёдку, необходимо проверить возможность его применения по условию отношения $\frac{D}{d}$ в соответствии с нормами ПБ.

3.12. Подвеска полка осуществляется обычно с применением полиспаста, причём предусматривается перепуск жёстко закреплённого конца каната по мере углубки ствола. Для предотвращения больших динамических усилий в коротком конце каната его длина должна быть минимум 100 м. Динамические усилия возникают от колебания полка, вызванных воздействием на него ударной взрывной волны.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

МЕТОДИКА РАСЧЁТА И ВЫБОРА ЛЕБЁДОК

П.I.I. Расчёт и выбор проходческой лебёдки по грузоподъёмности.

П.I.I.I. Данные для расчёта:

$Q_г$ - масса концевого груза, кг ;

H - глубина ствола с учётом высоты копра, м;

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

$$p = \frac{Q_г}{\frac{K_з \cdot 10^6}{m\gamma g} - H} , \qquad (П.I.I)$$

где p - линейная плотность каната, кг/м;

$K_з$ - временное сопротивление разрыву, принимаемое по стандарту, МПа;

m - запас прочности, принимаемый в соответствии с требованиями ПБ ;

γ - плотность каната, принимаемая равной 9400 кг/м^3;

g - ускорение свободного падения, равное 9,8I м/с^2.

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

$$p \leqslant p_г ,$$

где $p_г$ - линейная плотность каната, указанная в стандарте, кг/м.

Выбранный канат проверяется по условию $\frac{D}{d}$, которое должно удовлетворять нормам § 357 ПБ. Здесь D - диаметр барабана лебёдки, d - диаметр выбранного каната.

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

$$G = K_c Q_г + p_г H , \qquad (П.I.2)$$

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

K_c = I,I5 для отдельных лебёдок;

K_c = I,25 для двух параллельно работающих лебёдок ;

K_c = I,35 для трёх параллельно работающих лебёдок.

По полученному результату выполняется проверочный расчёт двигателя.

П.I.I.4. Необходимая грузоподъёмность лебёдки

$$G_p = Q_r + p_r H \quad . \qquad (П.I.3)$$

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

$$G_л \geqslant G_p \quad .$$

П.I.I.5. Проверка по канатоёмкости

$$H < 0{,}97\, H_л \frac{p_л}{p_r} \quad , \qquad (П.I.4)$$

где $H_л$ – канатоёмкость лебёдки, указанная в эксплуатационной документации, м.

$p_л$ – 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 отвала, а неравномерное распределение усилий 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 ма-

симально допустимые величины для данного типа лебёдки на 3 – 5%, целесообразно не выбирать лебёдку, следующую по ряду. Вместе 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.I.2. Расчёт наибольшей массы концевого груза

П.I.2.I. Данные для расчёта:

$G_л$ – грузоподъёмность лебёдки, кг;

H – глубина ствола с учётом высоты копра, м;

$p_л$ – линейная плотность каната, указанная в технических условиях на лебёдку, кг/м.

П.I.2.2. Линейная плотность каната по условиям канатоёмкости

$$p = 0{,}97 p_л \frac{H_л}{H} \quad . \qquad (П.I.5)$$

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

$$p_г \leqslant p \quad .$$

П.I.2.3. Допускаемая масса концевого груза

$$Q_г = p_г \left(\frac{K_з \cdot 10^6}{m \gamma g} - H \right) \quad . \qquad (П.I.6)$$

П.I.3. Расчёт наибольшей глубины ствола

П.I.3.I. Данные для расчёта:

$G_л$ – грузоподъёмность лебёдки, кг;

$Q_г$ – масса концевого груза, кг.

П.I.3.2. Наибольшая допустимая глубина ствола

$$H = \frac{G_л - Q_г}{G_л} \cdot \frac{K_з \cdot 10^6}{m \gamma g} \quad . \qquad (П.I.7)$$

Полученный результат следует проверить по канатоёмкости лебёдки - формулы (П.I.I) и (П.I.4).

П.I.4. Расчёт наибольшего статического момента

П.I.4.I. Данные для расчёта (П.I.I -ПI.3):

G - наибольшая необходимая грузоподъёмность лебёдки, кг;

$Q_г$ - масса концевого груза, кг;

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

H - глубина ствола с учётом высоты копра, м.

П.I.4.2. Определение номера слоя навивки каната с максимальным статическим моментом

$$n=\sqrt{\frac{1}{12}\left(\frac{D}{d}\right)^2+\frac{G}{3\pi Bp_г}}-\frac{1}{2}\left(\frac{D}{d}+\frac{1}{3}\right), \qquad (П.I.3)$$

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

G определяется по формуле (П.I.2);

$$d_1=d+\delta,$$

где d - диаметр каната, м;

δ - зазор между соседними витками или между последним витком и ребордой, м.

В расчётах целесообразно принимать величину зазора δ , равную толщине прокладок между слоями, т.е. I - I,5 мм.

Результат, полученный по формуле (П.I.8), округляется до ближайшего целого большего числа.

П.I.4.3. Расчёт максимального момента сопротивления Н·м :

$$M_c=\left(\frac{D+d_1}{2}+nd_1\right)\left[G-\pi Bp_г n\left(\frac{D}{d_1}+n\right)\right]g, \qquad (П.I.9)$$

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

дения.

Расчет ведется для двух слоев: n и $n+1$, где n – 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

$$P_{дв} = \frac{M_c \cdot n_н}{9550 \cdot \eta \cdot i}, \qquad (П.1.10)$$

где $n_н$ – номинальная частота вращения двигателя, об/мин;

η – 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.I. Расчёт пускового тока двигателя

П.2.I.I. Общие положения

Расчёт пусковых токов выполняется только для двигателей серии 4АС, устанавливаемых, как правило, на лебёдках, выпускаемых по ГОСТ 7828-80. 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 потери напряжения используются приближённые формулы.

Лебёдки, выпускаемые по ГОСТ 7828-80, поступают к потребителю 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 85 % номинального, а время пуска значительно уменьшится. Поэтому расчёт 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 питающей сети

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

X_g - индуктивное сопротивление двигателя, Ом;

R_g - активное сопротивление двигателя, Ом;

$R_к$ - активное сопротивление кабеля, Ом;

$X_т$ - индуктивное сопротивление трансформатора, Ом.

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

Схема замещения питающей сети

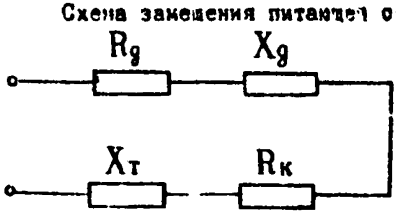

Рис. П.2.1

Активное сопротивление жилы кабеля вычисляется по формуле

$$R_к = \rho \frac{L_к}{S} \quad , \qquad (П.2.1)$$

где $L_к$ - длина питающего кабеля, м ;

S - сечение жилы кабеля, мм^2;

ρ - удельное сопротивление материала жилы кабеля, мкОм.м (мм^2.Ом/м).

Индуктивное сопротивление трансформатора приближённо вычисляется по формуле

$$X_T = \frac{10U_T^2}{P_T} \cdot e_K \ , \qquad (П.2.2)$$

где U_T – номинальное напряжение с низкой стороны трансформатора, кВ;

e_K – напряжение короткого замыкания, %;

P_T – мощность трансформатора, кВА.

П.2.I.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 номинальном базовом напряжении показана на рис. П.2.2.

Схема замещения асинхронного двигателя в период пуска

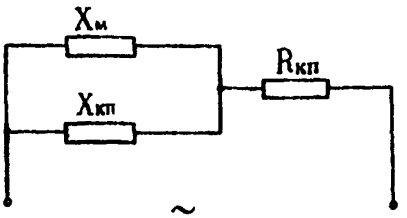

Рис. П.2.2

Относительная величина индуктивного сопротивления в период пуска определяется по формуле

$$X_д = \frac{X_м \cdot X_{кп}}{X_м + X_{кп}} \ . \qquad (П.2.3)$$

Значения относительных величин $r_{кп}$, $X_{кп}$ и $X_м$ приведены в табл. П.2.1. Абсолютные значения сопротивлений определяются по формулам:

$$X = \frac{x \cdot U_ф}{J_ф} \quad , \qquad (П.2.4)$$

$$R = \frac{r \cdot U_ф}{J_ф} \quad , \qquad (П.2.5)$$

где $U_ф$ – номинальное напряжение статора, В;

$J_ф$ – номинальный фазный ток статора, А.

$$J_ф = \frac{P_2}{3U_ф \cdot \eta_д \cdot \cos\varphi} \quad , \qquad (П.2.6)$$

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

$\eta_д$ – коэффициент полезного действия двигателя (см. табл. П.2.2);

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

Учитывая, что $R_д = R_{кп}$, относительная величина полного сопротивления двигателя при пуске определяется по формуле

$$Z = \sqrt{r_д^2 + x_д^2} \, . \qquad (П.2.7)$$

П.2.1.4. Расчёт пусковых токов двигателя

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

$$I_п = \frac{1}{Z} \, . \qquad (П.2.8)$$

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

Таблица П.2.I

Основные технические данные электродвигателей с повышенным скольжением

Типоразмер электродвигателя	$P_{2\,ном}$ (ПВ40%), кВт	n_c, об/мин	Параметры схемы замещения. Относительные величины		
			$X_м$	$r_{кл}$	$X_{кп}$
4АСI32М4У3	II,8	I500	2,7	0,I2	0,I3
4АСI60S4У3	I7,0	I500	3,7	0,II	0,I3
4АСI60М4У3	20,0	I500	3,6	0,095	0,I2
4АСI80S4У3	2I,0	I500	4,2	0,I0	0,I4
4АСI80М4У3	26,5	I500	3,3	0,082	0,II
4АС200М4У3	3I,5	I500	4,5	0,097	0,I2
4АС200L4У3	40,0	I500	4,9	0,093	0,I2
4АС225М4У3	50,0	I500	4,4	0,090	0,I2
4АС250S4У3	56,0	I500	3,6	0,038	0,II
4АС250М4У3	63,0	I500	3,9	0,089	0,I0
4АСI32М6У3	8,5	I000	2,0	0,I4	0,I4
4АСI60S6У3	I2,0	I000	2,5	0,I5	0,I3
4АСI60М6У3	I6,0	I000	3,I	0,I5	0,I6
4АСI80М6У3	I9,0	I000	3,7	0,I5	0,I7
4АС200М6У3	22,0	I000	5,0	0,I9	0,I6
4АС200L6У3	23,0	I000	4,4	0,I2	0,I4
4АС225М6У3	33,5	I000	4,0	0,I2	0,I4
4АС250S6У3	40,0	I000	3,3	0,09I	0,I2
4АС250М6У3	45,0	I000	2,7	0,07I	0,098
4АСI60М8У3	I2,5	750	2,4	0,I7	0,20
4АСI80М8У3	I5,0	750	2,7	0,I5	0,I9
4АС200М8У3	20,0	750	3,4	0,I6	0,20
4АС225М8У3	26,5	750	2,5	0,I3	0,I5
4АС250S8У3	36,0	750	3,2	0,I2	0,I6

Продолжение табл. П.2.2.

Типоразмер электродвигателя	n_c, об/мин	ПВ 15%			ПВ 25%			ПВ 60%			ПВ 100%		
		P_2, кВт	η, %	$\cos\varphi$	P_2, кВт	η, %	$\cos\varphi$	P_2, кВт	η, %	$\cos\varphi$	P_2, кВт	η, %	$\cos\varphi$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4АС225М6У3	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
4АС250S6У3	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
4АС250М6У3	1000	60,0	85,0	0,90	53,0	88,0	0,89	45,0	86,5	0,88	36,0	89,5	0,84
4АС160S8У3	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
4АС160М8У3	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
4АС180М8У3	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
4АС200М8У3	750	26,5	77,0	0,85	24,0	79,5	0,85	20,0	83,5	0,85	16,0	84,0	0,84
4АС225М8У3	750	33,5	80,0	0,86	30,0	81,0	0,86	26,5	83,0	0,85	22,0	84,0	0,33
4АС250S8У3	750	45,0	82,0	0,86	45,0	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 электродвигателя	n_c, об/мин	ПВ 15%			ПВ 25 %			ПВ 40 %			ПВ 100 %		
		P_2, кВт	η, %	$\cos\varphi$	P_2, кВт	η, %	$\cos\varphi$	P_2, кВт	η, %	$\cos\varphi$	P_2, кВт	η, %	$\cos\varphi$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4
4АСI32S4У3	I500	II,8	79,0	0,87	9,5	82,0	0,86	8,5	82,5	0,85	7,I	84,0	0,8I
4АСI32М4У3	I500	I6,0	8I,0	0,87	I4,0	83,0	0,86	II,8	84,0	0,85	9,C	85,0	0,8I
4АСI60S4У3	I500	22,0	8I,5	0,86	I9,0	83,8	C,86	I7,0	84,5	C,86	I3,0	86,0	0,84
4АСI60М4У3	I500	25,0	85,0	0,87	23,0	86,0	C,87	20,0	87,0	0,87	I7,0	88,0	0,86
4АСI80S4У3	I500	26,5	33,5	C,93	24,0	84,5	0,93	2I,C	86,C	0,92	I9,C	87,0	0,92
4АСI80М4У3	I500	32,0	86,0	0,92	30,0	87,0	0,92	26,5	88,5	0,9I	24,C	89,5	0,9I
4АС200М4У3	I500	42,0	85,5	0,93	35,0	87,0	C,93	3I,5	87,5	0,92	26,0	88,0	0,92
4АС200LA4У3	I500	50,0	87,5	0,94	47,0	88,0	0,94	40,0	89,0	0,93	35,0	90,0	0,93
4АС225М4У3	I500	63,0	85,5	C,93	55,0	87,0	C,93	50,0	87,5	0,92	40,0	88,5	0,92
4АС250S4У3	I500	75,0	85,5	C,93	63,0	87,0	C,93	56,0	87,5	0,92	5C,C	88,0	0,92
4АС250М4У3	I500	80,C	85,0	C,94	7I,0	86,5	C,94	63,0	87,0	0,93	56,0	87,5	0,93
4АСI60S6У3	I000	I6,0	77,5	0,87	I4,0	80,0	C,86	I2,0	82,5	C,85	IC,0	34,0	0,83
4АСI60М6У3	I000	2I,0	79,0	0,87	I9,0	8I,5	C,36	I6,0	84,0	0,85	I3,0	85,5	C,83
4АСI80М6У3	I000	22,0	3I,5	C,90	20,0	83,0	C,9C	I9,0	84,5	0,90	I6,0	85,5	0,89
4АС200М6У3	I000	28,0	30,0	0,92	25,0	82,0	C,92	22,0	83,5	0,92	I8,0	85,5	0,9I
4АС200L6У3	I000	30,0	85,5	0,92	32,5	83,5	C,92	28,0	85,5	0,9I	23,0	86,5	C,9I

$$I_п = \frac{U_g}{1{,}73\sqrt{(X_g + X_т)^2 + (R_g + R_к)^2}} \quad . \qquad (П.2.9)$$

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 учитываются потери напряжения в трансформаторе от работы всех остальных потребителей. Абсолютные значения сопротивлений X_g и R_g вычисляются подстановкой $r_{кп}$ и X_g в формулы (П.2.4 и П.2.5).

П.2.I.5. Расчёт напряжения на зажимах двигателя при пуске

Напряжение на зажимах двигателя определяется по формуле

$$U_{пд} = U_x - 1{,}73\, I_п \sqrt{X_т^2 + R_к^2} \quad . \qquad (П.2.IO)$$

П.2.2. Расчёт пускового момента

Механическая характеристика асинхронного двигателя серии 4АС приведена на рис. П.2.3

Механическая характеристика $m(s)$ короткозамкнутого асинхронного двигателя серии 4АС

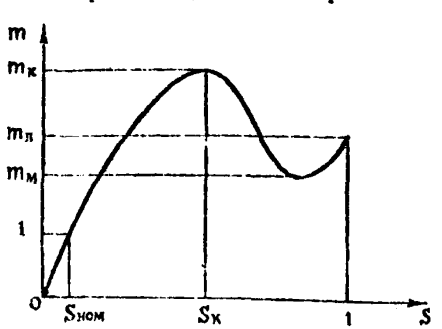

Рис. II.2.3

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

Приняты следующие условные обозначения :

$m_п$ - относительная величина пускового момента;

$m_м$ - относительная величина минимального момента;

$m_к$ - относительная величина наибольшего момента;

S - скольжение двигателя.

Абсолютные значения моментов в Н·м определяются по формуле

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

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

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

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

П.2.3. Расчёт продолжительности пуска

Продолжительность пуска $t_п$ в с и предельно допускаемое число пусков в час h должны приниматься по рекомендациям завода - изготовителя или института ВНИПТИЭМ.

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

П.2.3.1. Длительность пуска определяется по формуле

$$t_п = 1{,}1 \cdot 10^{-5} \frac{(1 - S_{ном})^2 n_c^2 K_u J_{др}}{P_2 (K_н m_{ср} - m_c)} \quad , \qquad (П.2.13)$$

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

K_u - коэффициент инерции;

$J_{др}$ - динамический момент инерции ротора, приведенный в табл. П.2.3, кг.м^2;

Таблица П.2.3

Пусковые свойства электродвигателей с повышенным скольжением

Типоразмер электродвигателя	n_c, об/мин	Механическая характеристика					$i_п$	V_t, °/с	$J_{др}$ кг·м²	T_o, с	h_o
		$m_п$	$m_м$	$m_к$	$S_{ном}$%	$S_к$,%					
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
4АСI32S4У3	I500	2,6	I,6	2,8	6,9	49,4	7,0	I0,4	0,028	0,05	6800
4АСI32М4У3	I500	2,0	I,6	2,2	6,I	50,3	7,0	I0,7	0,040	0,05	6500
4АСI60S4У3	I500	2,0	I,6	2,2	6,I	45,0	7,0	9,4	0,I0	0,09	3600
4АСI60М4У3	I500	2,0	I,6	2,2	5,3	4I,7	7,0	8,0	0,I3	0,09	3000
4АСI80S4У3	I500	2,0	I,6	2,2	5,7	37,9	7,0	7,I	0,I9	0,I2	2400
4АСI80М4У3	I500	2,0	I,6	2,2	4,4	39,8	7,0	6,I	0,23	0,I3	2000
4АС200М4У3	I500	2,0	I,6	2,2	5,7	46,6	7,0	6,I	0,37	0,I7	I700
4АС200L4У3	I500	2,0	I,6	2,2	5,8	47,5	7,0	6,4	0,45	0,I8	I700
4АС225М4У3	I500	2,0	I,6	2,2	5,8	47,2	7,0	6,I	0,64	0,20	I600
4АС250S4У3	I500	2,0	I,6	2,2	6,3	62,2	7,0	2,8	I,0	0,30	I200
4АС250М4У3	I500	2,0	I,6	2,2	6,4	64,9	7,0	2,7	I,2	0,32	I200
4АСI32М6У3	I000	I,9	I,5	2,I	5,8	48,0	6,5	II,9	0,058	0,05	7I00
4АСI60S6У3	I000	I,9	I,5	2,I	7,7	59,2	6,5	I0,I	0,I4	0,08	4700
4АСI60М6У3	I000	I,9	I,5	2,I	7,8	54,6	6,5	9,2	0,I8	0,08	4300
4АСI80М6У3	I000	I,9	I,5	2,I	7,6	44,4	6,5	9,2	0,22	0,08	4300
4АС200М6У3	I000	I,9	I,5	2,I	7,3	43,9	6,5	7,I	0,40	0,I3	3I00
4АС200L6У3	I000	I,9	I,5	2,I	6,2	45,0	6,5	7,I	0,45	0,I5	3000
4АС225М6У3	I000	I,9	I,5	2,I	6,9	53,I	6,5	5,9	0,74	0,20	2900

Продолжение табл. П.2.3

Типоразмер электродвигателя	n_c, об/мин	механическая характеристика					$i_п$	V_t, °С/с	$J_{пр}$, кг·м²	T, с	h_0
		$m_п$	$m_м$	$m_к$	$S_{ном}$%	$S_к$, %					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4АС250S6УЗ	1000	1,9	1,5	2,1	5,4	46,2	6,5	4,7	1,16	0,20	1300
4АС250М6УЗ	1000	1,9	1,5	2,1	3,8	47,6	6,5	8,6	1,26	0,20	1300
4АС160L8УЗ	750	1,8	1,5	2,0	9,0	44,3	6,0	8,3	0,18	0,07	6300
4АС180М8УЗ	750	1,8	1,5	2,0	7,8	40,6	6,0	7,4	0,25	0,07	6000
4АС200L8УЗ	750	1,8	1,5	2,0	8,4	40,6	6,0	6,3	0,40	0,09	4300
4АС225М8УЗ	750	1,8	1,5	2,0	7,2	51,5	6,0	5,1	0,74	0,13	4200
4АС250S8УЗ	750	1,8	1,5	2,0	6,7	44,4	6,0	6,1	1,2	0,14	2400

$K_в$ – коэффициент снижения момента двигателя от потерь в сети ;

$m_{дв}$ – относительная величина среднего момента двигателя в процессе пуска ;

m_c – относительное значение момента сопротивления.

Коэффициент инерции определяется по формуле

$$K_и = \frac{J_{др} + J_{дм}}{J_{др}} , \qquad (П.2.14)$$

где $J_{дм}$ – динамический момент инерции механизма, приведенный к ротору двигателя, кг.м^2.

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

Коэффициент снижения момента двигателя от потерь в сети определяется по формуле

$$K_в = \left(\frac{U_{пд}}{U_ф}\right)^2 \qquad (П.2.15)$$

Относительная величина среднего момента двигателя в процессе пуска определяется по формуле

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

По рекомендациям института ВНИПТИЭМ $m_{дв}$ можно определить по формуле

$$m_{дв} = 0,5\left[(m_п + m_м)(1 - S_м) + (m_{кр} + m_м)(S_м - S_к)\right] + 0,693 S_к m_{кр}, \qquad (П.2.16)$$

где $m_п, m_м, m_{кр}, S_к$ – принимаются по табл. П.2.3.

$S_м = 0,5$ (рекомендация ВНИПТИЭМ).

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

$$h = \frac{1}{K_u}\left(1 + \frac{0{,}045 K_M P_{2\,ном}^{1,1} p_{дв}^{2,5}}{J_{др}}\right) \cdot \frac{K_н m_{дв} - m_c}{m_{дв} - 1}, \qquad (П.2.17)$$

где K_M – коэффициент, определяемый моментом сопротивления:

при $m_c = 1$, $K_M = 0{,}5$;

при $m_c = 0$, $K_M = 1$;

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

$p_{дв}$ – число пар полюсов двигателя.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

РАСЧЁТ УСИЛИЙ В КАНАТЕ ПОДКОВОЙ 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

$$P_c = \left(\frac{Q_r}{n_к} K_c K_g + p_r H\right) g \ , \qquad (П.3.1)$$

где Q_r - масса полка, кг;

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

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

K_g - коэффициент динамичности. Изменение коэффициента динамичности в функции глубины отводов приведены на рис. П.3.I для справки. Они получены на основании исследований, выполненных в институте ЛГОПС. С учётом этих данных в расчёте следует принимать K_g = I,5;

H - наибольшая глубина отвода с учётом высоты копра;

p_r - масса I м каната.

Примечание: в этом расчёте не учитывается воздействие ударной взрывной волны на подкидную площадку, поэтому усилие, определяемое с помощью формулы (П.3.I), ещё не достаточно для расчёта балок подкидной площадки.

Изменение коэффициента k_g

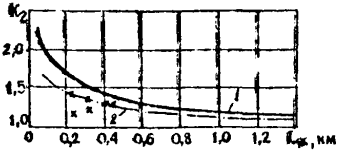

Рис. П.I.3

I,2 - фактическое и минимальное значения коэффициента.

Содержание

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 I3
Приложение 2. Методика расчета тепловых режимов короткозамкнутых двигателей I8
Приложение 3. Расчет усилий в канате полиспастной лебедки 3I

gost.e-ecolog.ru