

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
„ДОНГИПРООРГШАХТОСТРОЯ“



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
ДОКУМЕНТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ**

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

**Проходческие лебедки
РТУ 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 (Донгипрооргшахтострой) Министерства угольной промышленности СССР.

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

Министерство угольной про- мышленности СССР (Кинуглепром СССР)	Временные нормы технологичес- кого проектирования оснащения проходки вертикальных стволов с использованием передвижного проходческого оборудования. Проходческие лебёдки	РТМ 12.58.010.2-83 Кинуглепром СССР
---	---	--

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. 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, изложенных в "Правилах безопасности в угольных и сланцевых шахтах" (Д), "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 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.

1.3. Лебёдки разделяются на устанавливаемые стационарно и передвижные. Стационарные поступают на промышленную площадку в собранном или разобранном состоянии. Для них необходимо преду-
смотреть строительство здания и фундамента.

Внесены Донецким государственным институтом проектирова- ния организации шахтного строительства (Донгипростгахтоотрой)	Утверждены Первым заместителем Министра угольной промышленности СССР И.В. Белым от 28.XII.83	Срок введения 1 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 штатных блоков не включен в объем поставки.

1.4. Лебедки предназначены для подвески оборудования, кабелей и трубопроводов, необходимы 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 ИБ, ИТЭ, ГОСТ 7828-80. Для подвески помпов должны применяться лебедки с предохранительным тормозом колодочного типа. При использовании лебедок для подвески люлек во время армирования, спуско-подъемные операции с люльками 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 - Печороском 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 натяжением каната, глубиной ствола, режимом работы и технико-экономическими показателями.

2. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ 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 наопынных 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 расчетной 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 действии казательных 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 2.02.01-83 "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 проекте организации строительства (ПОС) необходимо предусматривать объём и перечень проверок, выполняемых в процессе монтажа и по его окончании:

маркшедерские проверки угла девиации струны каната (не должен выходить за пределы величин, указанных в ПТЗ), 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 ПТЗ ;

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

2.6. Для снижения стоимости строительно-монтажных работ и сокращения сроков монтажа, как правило, следует предусматривать монтаж "о колесо", 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, лиотах 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). 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 поясков, 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 колец наливки;

возможной кинтовискости для заданной глубины отвала;

возможных пределов временного или постоянного увеличения нагрузки на наибольшей глубине отвала 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 прокладки отвеса. 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 0,9 номинального. Это величина принята в соответствии с СН 174-75 "Инструкция по проектированию электрооборудования промышленных предприятий" и требованиями ПУЭ.

Допустимое число пусков короткозамкнутых двигателей серии ЧАС, 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 определяют:

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 взрывной воды на полки 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, определенных для базового и передвижного оборудования, умноженная на годовой объем продукции.

3.10. Время 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 жестко закрепленного 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 толкания полка, вызванных воздействием на него ударной взрывной волны.

ПРИЛОЧЕНИЕ I

МЕТОДИКА РАСЧЁТА И ВЫБОРА ЛЕБЁДОК

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

П. I. I. I. Данные для расчёта:

Q_r - масса концевого груза, кг ;

H - глубина отвала с учётом высоты копра, м ;

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

$$p = \frac{Q_r}{\frac{k \cdot 10^6}{m \gamma g} - H} , \quad (\text{П. I. I})$$

где p - линейная плотность каната, кг/м ;

k , - временное сопротивление разрыву, принимаемое по стандарту, МПа ;

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

γ - плотность каната, принимаемая равной 9400 кг/м³ ;

g - ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с².

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

$$p \leq p_r ,$$

где p_r - 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

$$G = k_c Q_r + p_r H , \quad (\text{П. I. 2})$$

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

$K_c = 1,15$ 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.1.1.4. Необходимая грузоподъёмность лебёдки

$$G_p = Q_r + p_r H \quad (\text{П.1.3})$$

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

$$G_A \geq G_p.$$

П.1.1.5. Проверка по канатостойкости

$$H < 0,97 H_A \frac{R_A}{p_r}, \quad (\text{П.1.4})$$

где H_A - канатостойкость лебёдки, указанная в эксплуатационной документации, м.

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

Используя приведенные формулы (П.1.3) и (П.1.4), необходимо иметь в виду, что наибольшая нагрузка возникает в конце проходки отвота, а неравномерное распределение усилий в канатах параллельно работающих лебёдок во многом зависит от культуры их эксплуатации (контроль за одновременным переходом с одного остоя каната на другой при сходе его с барабана, за толщиной прокладок между остоями и т.д.). Поэтому если расчётная грузоподъёмность превышает мак-

оминально 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 концевых груза и конце проход-ки отвода и убедиться, что увеличение его не предвидится.

П.1.2. Расчёт наибольшей массы концевых груза

П.1.2.1. Данные для расчёта:

G_A - грузоподъёмность лебёдки, кг;

H - глубина отвода с учётом высоты копра, м;

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

П.1.2.2. Линейная плотность каната по условиям канатостойкости

$$\rho = 0,97 \rho_A \frac{H_A}{H} \quad . \quad (П.1.5)$$

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

$$\rho_r < \rho \quad .$$

П.1.2.3. Допускаемая масса концевых груза

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

П.1.3. Расчёт наибольшей глубины отвода

П.1.3.1. Данные для расчёта:

G_A - грузоподъёмность лебёдки, кг;

Q_r - масса концевых груза, кг.

П.1.3.2. Наибольшая допустимая глубина отвода

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

Полученный результат следует проверить по канатобъемности лебедки - 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 лебедки, кг;

Q_r - масса концевого груза, кг;

p_r - линейная плотность каната, кг/м ;

H - глубина отвала с учётом высоты копра, м.

П.1.4.2. Определение номера олов наивысшего каната с максимальным статическим моментом

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

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

G определяется по формуле (П.1.2);

$$d_1 = d + \delta,$$

где d - диаметр каната, м;

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

В расчётах целесообразно принимать величину зазора δ , равную толщине прокладок между оловыми, т.е. $1 - 1,5$ мм.

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

П.1.4.3. Расчёт максимального момента сопротивления M в м :

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

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

дения.

Расчет ведется для двух слоев: P и $P+1$, где P - результат вычисления 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

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

где n_n - 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. приложения 2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ КОРТКОЗАМКНУТЫХ
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 потерь напряжения в трансформаторе и кабельной сети. Для определения величины потерь напряжения используются приближённые 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 необходим, 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 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 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_k - активное сопротивление кабеля, Ом;

X_T - индуктивное сопротивление трансформатора, Ом.

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



Рис. П.2.1

Активное сопротивление жилы кабеля вычисляется по формуле

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

где L_k - длина питающего кабеля, м ;

S - сечение жилы кабеля, мм²;

ρ - удельное сопротивление материала жилы кабеля, мкСм.м (мм².Ом/м).

Индуктивное сопротивление трансформатора приблизительно вычисляется по формуле

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

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

e_k - напряжение короткого замыкания, %;

P_T - мощность трансформатора, кВА.

П.2.1.3. Расчёт индуктивного и активного сопротивлений 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

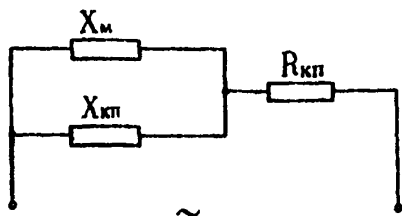


Рис. П.2.2

Относительная величина индуктивного сопротивления в период пуска определяется по формуле

$$X_g = \frac{X_m \cdot X_{кп}}{X_m + X_{кп}}. \quad (\text{п. 2.3})$$

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

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

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

где U_{Φ} - номинальное напряжение статора, В;
 I_{Φ} - номинальный фазный ток статора, А.

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

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

η_g - коэффициент полезного действия двигателя (см. табл. П.2.2);

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

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

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

П.2.1.4. Расчёт пусковых токов двигателя

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

$$I_n = \frac{1}{Z} \quad . \quad (П.2.8)$$

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 ном (ПВ40%), кВт	n_c , об/мин	Параметры охемы замещения. Относительные величины		
			X_m	$\Gamma_{кл}$	$X_{кл}$
4ACI32M4Y3	11,8	1500	2,7	0,12	0,13
4ACI60S4Y3	17,0	1500	3,7	0,11	0,13
4ACI60M4Y3	20,0	1500	3,6	0,095	0,12
4ACI80S4Y3	21,0	1500	4,2	0,10	0,14
4ACI80M4Y3	26,5	1500	3,3	0,082	0,11
4AC200M4Y3	31,5	1500	4,5	0,097	0,12
4AC200L4Y3	40,0	1500	4,9	0,093	0,12
4AC225M4Y3	50,0	1500	4,4	0,090	0,12
4AC250S4Y3	56,0	1500	3,6	0,038	0,11
4AC250M4Y3	63,0	1500	3,9	0,039	0,10
4ACI32M6Y3	3,5	1000	2,0	0,14	0,14
4ACI60S6Y3	12,0	1000	2,5	0,15	0,13
4ACI60M6Y3	16,0	1000	3,1	0,15	0,16
4ACI80M6Y3	19,0	1000	3,7	0,15	0,17
4AC200M6Y3	22,0	1000	5,0	0,13	0,16
4AC200L6Y3	23,0	1000	4,4	0,12	0,14
4AC225M6Y3	33,5	1000	4,0	0,12	0,14
4AC250S6Y3	40,0	1000	3,3	0,091	0,12
4AC250M6Y3	45,0	1000	2,7	0,071	0,033
4ACI60M8Y3	12,5	750	2,4	0,17	0,20
4ACI30M3Y3	15,0	750	2,7	0,15	0,19
4AC200M8Y3	20,0	750	3,4	0,16	0,20
4AC225M3Y3	26,5	750	2,5	0,13	0,15
4AC250S8Y3	36,0	750	3,2	0,12	0,16

продолжение табл. П.2.2.

Типоразмер электродви- гателя	Пс, кВт/мин	ПВ 15%			ПВ 25%			ПВ 50%			ПВ 100%		
		P ₂ , кВт	η, %	cos φ	P ₂ , кВт	η, %	cos φ	P ₂ , кВт	η, %	cos φ	P ₂ , кВт	η, %	cos φ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4AC225M6Y3	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
4AC250S6Y3	1000	50,0	85,0	0,90	45,0	88,0	0,90	40,0	89,0	0,90	33,5	90,0	0,89
4AC250M6Y3	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
4AC100S8Y3	750	11,0	77,0	0,82	10,0	79,5	0,91	9,0	81,5	0,80	7,0	84,0	0,77
4AC160M8Y3	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
4AC180M8Y3	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
4AC200M8Y3	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
4AC225M8Y3	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
4AC250S8Y3	750	45,0	82,0	0,86	40,0	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 электродви- гателя	n _c , об/мин	ПВ 15%			ПВ 25%			ПВ 40%			ПВ 100%		
		P ₂ , кВт	η, %	cos φ	P ₂ , кВт	η, %	cos φ	P ₂ , кВт	η, %	cos φ	P ₂ , кВт	η, %	cos φ
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4ACI32S4Y3	1500	11,8	79,0	0,87	9,5	82,0	0,86	8,5	82,5	0,85	7,1	84,0	0,81
4ACI32M4Y3	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
4ACI60S4Y3	1500	22,0	81,5	0,86	19,0	83,8	0,86	17,0	84,5	0,86	13,0	86,0	0,84
4ACI60M4Y3	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
4ACI80S4Y3	1500	26,5	83,5	0,93	24,0	84,5	0,93	21,0	86,0	0,92	19,0	87,0	0,92
4ACI80M4Y3	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
4AC200M4Y3	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
4AC200L4Y3	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
4AC225M4Y3	1500	63,0	85,5	0,93	55,0	87,0	0,93	50,0	87,5	0,92	40,0	83,5	0,92
4AC250S4Y3	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
4AC250M4Y3	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
4AC160L6Y3	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
4AC160M6Y3	1000	21,0	79,0	0,87	19,0	81,5	0,86	16,0	84,0	0,85	13,0	85,5	0,83
4AC180M6Y3	1000	22,0	81,5	0,90	20,0	83,0	0,90	19,0	84,5	0,90	16,0	85,5	0,89
4AC200M6Y3	1000	28,0	80,0	0,92	25,0	82,0	0,92	22,0	83,5	0,92	13,0	85,5	0,91
4AC200L6Y3	1000	30,0	85,5	0,92	23,5	83,5	0,92	20,0	85,5	0,91	23,0	86,5	0,91

$$J_n = \frac{U_g}{1,73 \sqrt{(X_g + X_T)^2 + (R_g + R_K)^2}} \quad (\text{п.2.9})$$

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 $\Gamma_{кп}$ 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

$$U_{пг} = U_X - 1,73 J_n \sqrt{X_T^2 + R_K^2} \quad (\text{п.2.10})$$

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

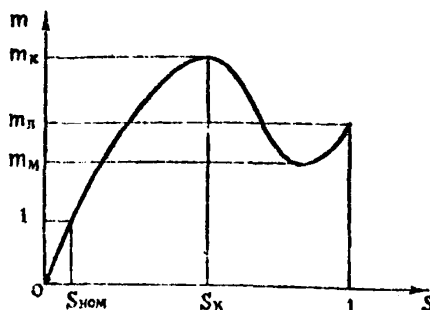


Рис. П.2.3

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

Приняты следующие условные обозначения :

M_n - относительная величина пускового момента;

M_m - относительная величина минимального момента;

M_k - относительная величина наибольшего момента;

S - скольжение двигателя.

Абсолютные значения моментов в Н·м определяются по формуле

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

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

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

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

П.2.3. Расчёт продолжительности пуска

Продолжительность пуска t_n в с и предельно допустимое число пусков в час n должны приниматься по рекомендациям завода - изготовителя или института ВНИПИЭМ.

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

П.2.3.1. Длительность пуска определяется по формуле

$$t_n = 1,1 \cdot 10^{-5} \frac{(1 - S_{ном})^2 n_c^2 K_u J_{вр}}{P_2 (K_H m_{гс} - m_c)} , \quad (П.2.13)$$

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

K_u - коэффициент инерции;

$J_{вр}$ - динамический момент инерции ротора, приведенный в табл. П.2.3, кг·м²;

Таблица П.2.3

Пусковые свойства электродвигателей с повышенным скольжением

Типоразмер электродвига- теля	n _c , об/мин	Механическая характеристика					i _п	V _t , %	j _{гр} кг·м ⁻²	T ₀ , с	h.
		m _п	m _н	m _к	S _{ном} , %	S _к , %					
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4AC132S473	1500	2,6	1,6	2,8	6,9	49,4	7,0	10,4	0,028	0,05	6800
4AC132M473	1500	2,0	1,6	2,2	6,1	50,3	7,0	10,7	0,040	0,05	6500
4AC160S473	1500	2,0	1,6	2,2	6,1	45,0	7,0	9,4	0,10	0,09	3600
4AC160M473	1500	2,0	1,6	2,2	5,3	41,7	7,0	8,0	0,13	0,09	3000
4AC180S473	1500	2,0	1,6	2,2	5,7	37,9	7,0	7,1	0,19	0,12	2400
4AC180M473	1500	2,0	1,6	2,2	4,4	39,8	7,0	6,1	0,23	0,13	2000
4AC200M473	1500	2,0	1,6	2,2	5,7	46,6	7,0	6,1	0,37	0,17	1700
4AC200L473	1500	2,0	1,6	2,2	5,8	47,5	7,0	6,4	0,45	0,18	1700
4AC225M473	1500	2,0	1,6	2,2	5,9	47,2	7,0	6,1	0,64	0,20	1600
4AC250S473	1500	2,0	1,6	2,2	6,3	62,2	7,0	2,8	1,0	0,30	1200
4AC250M473	1500	2,0	1,6	2,2	6,4	64,9	7,0	2,7	1,2	0,32	1200
4AC132M673	1000	1,9	1,5	2,1	5,8	48,0	6,5	11,9	0,058	0,05	7100
4AC160S673	1000	1,9	1,5	2,1	7,7	59,2	6,5	10,1	0,14	0,03	4700
4AC160M673	1000	1,9	1,5	2,1	7,3	54,6	6,5	9,2	0,18	0,08	4300
4AC180M673	1000	1,9	1,5	2,1	7,6	44,4	6,5	9,2	0,22	0,03	4300
4AC200M673	1000	1,9	1,5	2,1	7,3	43,9	6,5	7,1	0,40	0,13	3100
4AC200L673	1000	1,9	1,5	2,1	6,2	45,0	6,5	7,1	0,45	0,15	3000
4AC225M673	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	n, об/мин	Механические характеристики					i _n	V _t , °C/с	γ _{гр} , кг·м ²	T, с	h ₀
		m _n	m _m	m _к	S _{ном} , %	S _к , %					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4AC25036V3	1000	1,9	1,5	2,1	5,4	46,2	6,5	4,7	1,16	0,20	1300
4AC250M6V3	1000	1,9	1,5	2,1	3,8	47,6	6,5	8,6	1,26	0,20	1300
4AC160M8V3	750	1,8	1,5	2,0	9,0	44,3	6,0	8,3	0,18	0,07	6300
4AC180M8V3	750	1,8	1,5	2,0	7,8	40,6	6,0	7,4	0,25	0,07	6000
4AC200M8V3	750	1,8	1,5	2,0	8,4	40,6	6,0	8,3	0,40	0,09	4300
4AC225M8V3	750	1,8	1,5	2,0	7,2	51,5	6,0	5,1	0,74	0,13	4200
4AC25058V3	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 ;

$m_{гб}$ - относительная величина ореднего момента двигателя в процессе пуска ;

m_c - относительное значение момента сопротивления.

Коэффициент инерции определяется по формуле

$$K_u = \frac{J_{дв} + J_{м}}{J_{дв}} , \quad (\text{П.2.14})$$

где $J_{дв}$ - динамический момент инерции механизма, приведенный к ротору двигателя, кг.м².

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

Коэффициент снижения момента двигателя от потерь в сети определяется по формуле

$$K_H = \left(\frac{U_{пг}}{U_{ф}} \right)^2 \quad (\text{П.2.15})$$

Относительная величина ореднего момента двигателя в процессе пуска определяется по формуле

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

По рекомендациям института ВНИИТЭИМ $m_{гб}$ можно определить по формуле

$$m_{гб} = 0,5[(m_n + m_m)(1 - S_m) + (m_{кр} + m_m)(S_m - S_k)] + 0,695 m_{кр} , \quad (\text{П.2.16})$$

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

$S_m = 0,5$ (рекомендация ВНИИТЭИМ).

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

$$h = \frac{1}{K_u} \left(1 + \frac{0.045 K_m P_{2\text{ном}}^{1.1} P_{q\delta}^{2.5}}{J_{gr}} \right) \cdot \frac{K_m m_{q\delta} - m_c}{m_{q\delta} - 1}, \quad (\text{П.2.17})$$

где K_m - коэффициент, определяемый моментом сопротивления ;

при $m_c = 1$, $K_m = 0,5$;

при $m_c = 0$, $K_m = 1$;

$P_{2\text{ном}}$ - номинальная мощность двигателя. Для двигателей серии

4АС принимается при ПВ 40%, кВт;

$P_{q\delta}$ - 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 полук.

Обычно суммарное усилие определяют по формуле

$$P_c = \left(\frac{Q_r}{n_k} K_c K_d + p_r H \right) g, \quad (\text{П.3.1})$$

где Q_r - масса полка, кг;

n_k - число канатов, на которых крепится полук;

K_c - коэффициент неравномерности загрузки лебёдок (см. приложение 1);

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

H - наибольшая глубина отвода с учётом высоты копра;

p_r - масса 1 м каната.

Примечание: в этом расчёте не учитывается воздействие ударной взрывной волны на подкивную площадку, поэтому усилия, определяемые с помощью формулы (П.3.1), ещё не достаточно для расчёта балок подкивной площадки.

Изменение коэффициента k_g

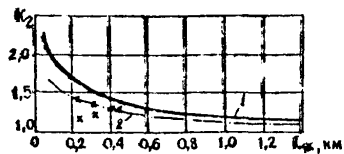


Рис. П.1.3

1, 2 - фактическое и минимальное значения коэффициента.

