БИБЛИОТЕКА
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 420

И. И. ЛИГЕРМАН

КАБЕЛЬНЫЕ СЕТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1975

6П2.13
Л 55
УДК 621.315.23

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Большам Я. М., Зевакин А. И., Каминский Е. А., Мандрыкин С. А., Розанов С. П., Рябцев Ю. И., Семенов В. А., Синьчугов Ф. И., Смирнов А. Д., Соколов Б. А., Устинов П. И.

Лигерман И. И.

Л 55 Кабельные сети промышленных предприятий. М., «Энергия», 1975.

96 с. с ил. (Б-ка электромонтера. Вып. 420).

В книге рассматриваются кабельные сети промышленных предприятий. Приведены прокладки кабелей на различных кабельных конструкциях, на лотках, в трубах, коробах, каналах, туннелях, блоках, траншеях, на эстакадах и в галереях. Также рассмотрены гибкие кабельные токоподводы и модульные кабельные сети. Даны рекомендации по области применения отдельных видов сетей и способам их выполнения.

Книга предназначена для электромонтажников, работающих по монтажу и эксплуатации электрооборудования и электрических сетей промышленных предприятий.

Л $\frac{30311\text{-}375}{051(01)\text{-}75}$ 111-75 6П2.В

© Издательство «Энергия», 1975

ПРЕДИСЛОВИЕ

Решениями XXIV съезда КПСС предусмотрено дальнейшее развитие энергетики. В книге рассмотрена одна из составляющих этого развития — кабельные сети промышленных предприятий.

Кабельные сети являются наиболее распространенными на промышленных предприятиях. Наряду с традиционными способами прокладки кабелей на конструкциях, в каналах и туннелях в последнее время широко внедряются прокладки кабелей на эстакадах и в галереях, на лотках, в коробах, а применение прокладок кабелей, например, в траншеях, трубах и в блоках постепенно ограничивается. В производственных помещениях находят более широкое применение модульные кабельные сети.

Рассмотрены почти все виды кабельных сетей напряжением до 35 кВ на промышленных предприятиях. Даны рекомендации по области применения и способам выполнения отдельных видов кабельных сетей. Сопоставлены преимущества и недостатки использования тех или иных сетей. Намечены некоторые пути экономии кабельной продукции.

Любой способ прокладки кабелей редко может удовлетворить всем предъявляемым к кабельным сетям требованиям. Поэтому прежде всего следует стремиться к соблюдению основных требований, иногда за счет второстепенных. Такими основными требованиями к кабельным сетям промышленных предприятий являются кратчайшие трассы и связанный с ними минимальный расход кабельной продукции и проводникового матери-

ала, бо́льшая надежность за счет применения качественных марок кабелей и отсутствия скоплений большого количества кабелей в одном месте, а также дешевизна кабельного сооружения в целом.

В книге использованы материалы института Тяжпромэлектропроект.

Автор благодарит рецензента П. И. Анастасиева и редактора Е. И. Сегала за помощь при подготовке рукописи к изданию.

Пожелания и замечания по книге просьба направлять по адресу 113114, Москва, Шлюзовая наб., 10, изд-во «Энергия».

Автор

1. ВИДЫ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Повсеместное применение крупноблочного электрооборудования увеличивает долю монтажных работ по прокладкам различного рода электрических сетей, в том числе кабельных, в общем объеме электромонтажных работ. В настоящее время готовое комплектное оборудование только устанавливают и сочленяют между собой, в то время как объем работ, связанный с различного рода прокладками кабелей, остался прежним или увеличился за счет бо́льшей насыщенности установок электрооборудованием и возросшей автоматизации.

Ежегодно нагрузка на промышленных предприятиях возрастает приблизительно на 10%, и поэтому емкость кабельных сооружений необходимо рассчитывать на ожидаемое увеличение количества кабелей. При значительном увеличении кабельных сетей на промышленных предприятиях требуется не только реконструкция существующих, но и строительство новых кабельных сооружений.

Выбор способа прокладки кабельных сетей производят в зависимости от величины и размещения нагрузок, плотности застройки предприятия, компоновки электротехнических помещений, наличия технологических, транспортных и других коммуникаций, параметров и расположения источников питания, а также от уровня грунтовых вод, степени загрязненности окружающей среды и грунта. Имеет также значение, для каких электрических связей предназначены кабельные линии.

На промышленных предприятиях редко отдается предпочтение какому-либо одному виду прокладки кабелей. Обычно применяют смешанную прокладку, когда в зависимости от конкретных условий является целесообразным комбинированное использование различных способов прокладки кабелей.

Внутрицеховые и внецеховые кабельные сети. Кабельные сети промышленных предпри-

ятий можно разделить на внутрицеховые и внецеховые.

К внутрицеховым кабельным сетям относятся прокладки кабелей открыто на конструкциях, в лотках, коробах, каналах, туннелях и в трубах.

К внецеховым кабельным сетям относятся прокладки кабелей в каналах, туннелях, блоках, траншеях, а также на эстакадах и в галереях.

Внецеховые кабельные сети требуют для размещения сравнительно небольших площадей и могут быть осуществлены почти в любых атмосферных и грунтовых условиях.

Опыт эксплуатации кабельных коммуникаций показал недостаточную надежность кабельных прокладок, например в траншеях, из-за частого производства земляных работ на действующих и особенно на реконструируемых объектах.

Поэтому при числе кабелей более шести (до 30) кабели прокладывают в каналах или блоках, а при числе кабелей свыше 30 — в специальных кабельных сооружениях: в туннелях, на эстакадах и в галереях (под галереей, в отличие от эстакады, понимают крытое надземное кабельное сооружение).

Открытые и скрытые прокладки кабелей в помещениях. Скрытая прокладка проводов и кабелей в стальных трубах в связи с их дефицитностью постепенно вытесняется открытыми прокладками, которые завоевывают все большие области применения. Открытые прокладки почти полностью исключают зависимость производства монтажных работ по прокладке кабелей от готовности строительной части сооружения.

Открытые прокладки кабелей позволяют закончить нулевой цикл строительных работ, не дожидаясь производства электромонтажных работ, что невозможно при скрытых прокладках.

Открытые прокладки кабелей наглядны, доступны, удобны для осмотра и замены кабелей, а также отличаются гибкостью при изменении трасс во время реконструкции электроустановок.

При внедрении открытых прокладок следует соблюдать меры по пожарной безопасности таких установок. Основное — это обоснованный выбор марок кабелей и особенно их оболочек и правильный выбор кабелей по нагреву, а также надежность контактных соединений

в местах присоединения и элементарный порядок при их раскладке, а также отделение зон массовой прокладки кабелей от оборудования.

При открытой прокладке кабелей в электротехнических и производственных помещениях следует стремиться к совмещению трасс, т. е. объединению кабелей различного назначения (силовые, осветительные, управления и т. п.) в общие потоки, прокладываемые на общих конструкциях, лотках или в коробах. При этом можно добиться сокращения объемов помещений, в которых производятся монтажные работы и получается более упорядоченная кабельная сеть с применением ограниченного количества опорных кабельных конструкций.

Для возможности сооружения совмещенных кабельных сетей необходимо на ранней стадии проектирования предусмотреть зоны размещения этих сетей, согласовав их взаимное расположение с другими сетями: технологическими, энергетическими, сантехническими и т. п.

Все возрастающее количество кабелей, особенно в крупных электротехнических сооружениях, например в электромашинных помещениях (ЭМП), заставляет искать рациональные способы размещения большого количества открыто прокладываемых кабелей.

Одним из возможных решений в этих случаях является устройство кабельного этажа в верхней зоне подвала под электромашинным помещением.

Целесообразным является не только устройство такого кабельного этажа (или подвала), но и сооружение технического этажа под производственными пролетами цеха, примыкающими к электротехническим помещениям.

При использовании технического этажа для прокладки кабелей доля открытых прокладок в общем объеме кабельных сетей существенно увеличивается, к чему следует всемерно стремиться.

Подземные и надземные прокладки кабелей по территории. По территории промышленных предприятий кабельные сети могут выполняться подземными в траншеях, каналах (засыпанных слоем земли на неохраняемых территориях), туннелях и блоках или надземными на эстакадах и в галереях. Подземный способ прокладки кабельных сетей защищает их от грозовых и атмосферных воздействий. Кабели, проложенные под землей, в меньшей мере создают помехи,

Однако удорожание кабельных коммуникаций, связанное с их подземной прокладкой, не может быть оправдано при таких отягчающих обстоятельствах, как, например, неблагоприятные грунтовые условия (высокий уровень грунтовых вод), наличие в грунте химических веществ, разрушительно действующих на кабели, или предстоящие изменения в планировке предприятия.

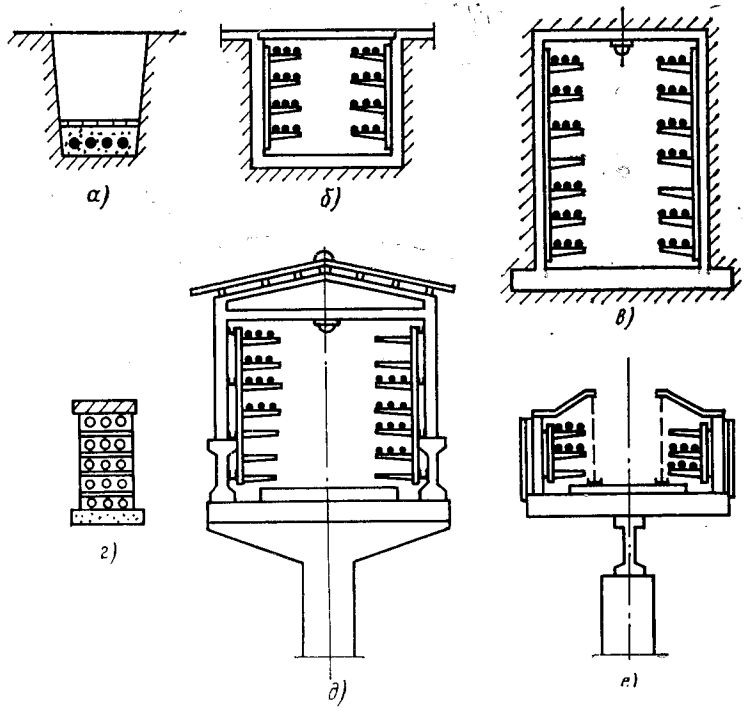


Рис. 1. Виды кабельных сооружений.
а — траншея; *б* — канал; *в* — туннель; *г* — блок; *д* — галерея; *е* — эстакада.

Большое насыщение территории промышленных предприятий подземными технологическими коммуникациями заставляет выносить кабельные сети на поверхность, хотя конструктивные решения при этом получаются не всегда простыми.

Надземные прокладки кабелей рекомендуются во всех случаях, когда это позволяют условия среды, застройки предприятия и другие факторы. Надземные прокладки кабелей доступны при обслуживании, обеспечивают легкую замену и возможность дополнительной прокладки кабелей, а также облегчают работы по реконструкции сетей.

При выборе между надземной и подземной системами канализации следует учесть, что первоначальные затраты при подземной системе обычно бывают выше. Надземные системы требуют более сложного ухода (покраска конструкций, очистка сооружений).

В местах усиленного движения внутризаводского транспорта применение надземных видов канализации вообще затруднено.

Сравнивая различные системы кабельных канализаций по их удельным показателям, можно получить представление о целесообразности применения тех или иных способов прокладки кабелей на промышленных предприятиях (рис. 1 и табл. 1).

Каждый вид специального сооружения для прокладки кабелей характеризуется максимальным количеством силовых кабелей, которые можно в нем проложить: траншея —

Таблица 1

Стоимость сооружения различных систем кабельной канализации (рис. 1)

Наименование	Способ прокладки и количество кабелей						
	Траншея, 6 кабелей	Канал, 24 кабеля	Туннель, 72 кабеля	Эстакада кабельная, 24 кабеля	Эстакада технологическая, 24 кабеля	Галерея, 60 кабелей	
Электрическая часть (без монтажа), тыс. руб/км	24,27	86,16	260,80	116,64	116,64	292,60	
Монтажные работы, тыс. руб/км	3,30	21,36	62,30	27,60	27,60	68,00	
Строительная часть, тыс. руб/км	0,47	50,58	126,87	144,00	30,00	225,00	
Занимаемая территория, тыс. руб/км	22,40	10,40	20,80	14,40	—	14,40	
Общая стоимость, тыс. руб/км	50,44	168,50	470,77	302,64	174,24	600,00	
Пропускная способность, А	700	2520	7550	3240	3240	8100	
Удельные затраты, руб/А	71,9	66,9	62,3	93,4	53,8	74,1	

Примечание. Данные приведены для кабелей сечением 3×150 мм² (по материалам института ВНИИПроектэлектромонтаж).

6, канал — 24, блок — 20, туннель — 72, эстакада — 24, галерея — 56. В зависимости от конкретных условий (назначения, сечения и других факторов) возможна прокладка и большего количества кабелей.

2. ВЫБОР ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

Выбор марки провода или кабеля сводится к выбору материала токопроводящей жилы, изоляции и оболочки (защитного покрова). Материал токопроводящей жилы выбирают по токовым нагрузкам, механической прочности и коррозийной стойкости. Допустимые токовые нагрузки на провода и кабели принимают в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ). В основном применяют проводники с алюминиевыми жилами. Провода и кабели с медными жилами применяют только для приводов механизмов, работающих в условиях значительной постоянной вибрации или сотрясений, а также для движущихся механизмов. К ним относятся, например, приводы подъемно-транспортных установок, нажимных устройств, индивидуальных роликов рольгангов, салазковых пил и т. п.

Даже небольшая вибрация механизмов (толчки, удары) приводит к ослаблению контактов и обламыванию алюминиевых жил проводов и кабелей и, следовательно, простоям в работе. Проводники с медными жилами применяют также в местах, где среда коррозионно воздействует на алюминий. В тех случаях, когда электрооборудование установлено на основаниях, не связанных жестко с вибрирующими или движущимися механизмами (например, двигатели рабочих рольгангов, сталкивателей и т. п.), применяют провода и кабели с алюминиевыми жилами. Можно применять проводники с алюминиевыми жилами также и для двигателей механизмов, установленных на виброосновaниях. При этом на протяженных участках рекомендуется у места установки двигателя предусматривать коробку зажимов для перехода с алюминиевых на гибкие медные проводники. Если длина питающей линии невелика (15—20 м), то можно весь участок выполнить медными проводниками для того, чтобы избежать дополнительных переходных коробок.

Применяют кабели с бумажной, резиновой и пластмассовой изоляцией. Бумажная изоляция в основном применяется в кабелях высшего напряжения 10—35 кВ. В кабелях до 1 кВ обычно применяется резиновая или

пластмассовая изоляция. Однако срок службы резиновой изоляции проводов, работающих в условиях высоких температур (например, вблизи металлургических печей, холодильников или горячего металла), невелик и составляет в некоторых случаях 3—5 лет, за это время резина становится хрупкой, что приводит к необходимости замены проводов. Защитные покровы (оболочки) проводов и кабелей бывают, например: у проводов АПР, АПРТО — хлопчатобумажные; у кабелей АВРГ, АНРГ— пластмассовые; у кабеля СРГ — свинцовая; у кабеля — ААШв алюминиевая.

Хлопчатобумажная оплетка может служить только для защиты резиновой изоляции от незначительных механических воздействий. Оболочка из пластмассы обладает влаго- и маслостойкостью и стойкостью к химическим воздействиям. Поэтому для электропроводок, например, в прокатных цехах такие кабели получили наиболее широкое распространение. Однако пластмассовые оболочки недостаточно устойчивы к низким и высоким температурам окружающей среды. Кабели со свинцовой оболочкой предназначены для прокладки в блоках, туннелях, а также на открытом воздухе в условиях низких температур (ниже —40°С). Кабели с алюминиевой оболочкой хорошо противостоят механическим повреждениям и во многих случаях с успехом заменяют дорогие кабели с дефицитной и легко повреждаемой свинцовой оболочкой, применение которых следует ограничить.

Желательно применение кабелей с изоляцией и оболочкой из материалов, не распространяющих горения.

Силовые провода и кабели изготовляют одножильными и многожильными. Одножильные провода и кабели выгоднее многожильных по пропускной способности, стоимости и сокращению сортамента проводов и кабелей. Однако применение большого количества проводов или кабелей на фазу или полюс нецелесообразно по условиям токораспределения и присоединения в местах ответвления и подвода к электрооборудованию.

При прокладке в трубах пропускная способность по току одного многожильного провода марки АПРТО или кабеля марки АВРГ на 10—20 % ниже пропускной способности соответствующего количества одножильных проводов или кабелей. Стоимость многожильных проводов марки АПРТО в среднем на 10—20 % выше стоимости

соответствующего количества одножильных проводов того же сечения. Однако монтажные работы при прокладке одножильных проводов увеличиваются по сравнению с прокладкой многожильных проводов, так как приходится прокладывать значительно большее количество проводов. Одножильные провода и кабели рекомендуется применять при крупных сечениях (свыше 25 мм^2), когда преимущества одножильных проводов и кабелей сказываются в большей степени, чем недостатки.

Для управления (ввиду большого количества цепей) следует брать только многожильные провода и кабели. Рекомендуется применять следующее число жил: 3, 5, 8, 14, 19 и 24. Сочетая провода или кабели с разным числом жил, можно получить необходимое суммарное число жил. Кабели управления должны иметь несколько резервных жил для возможности внесения частичных изменений в схему управления. Для сокращения потребного количества многожильных проводов и кабелей управления рекомендуется объединять в одном многожильном проводе или кабеле цепи управления, сигнализации, измерения и защиты как для постоянного, так и переменного тока разных напряжений.

Выбрав марку и число жил проводов или кабелей, можно определить их сечение, которое зависит от допустимой нагрузки на провод или кабель, от уставки защитного аппарата и потери напряжения. Допустимая нагрузка на провод или кабель зависит от способа прокладки, марки провода или кабеля, числа совместно прокладываемых проводов или кабелей (если прокладка осуществляется в трубах) и режима нагрузки.

В тех случаях, когда токоприемник удален от источника питания на значительное расстояние, выбранный провод или кабель проверяют на потерю напряжения. Если температура окружающего воздуха в помещении, где прокладывают провода и кабели, превышает 25°С, то величины допустимых нагрузок следует уменьшить приблизительно на 10% при повышении температуры на каждые 5° сверх 25°С.

При выборе сечения проводов и кабелей следует учитывать, что провода с алюминиевой токопроводящей жилой по механической прочности можно применять, начиная с сечения 2,5 мм^2. Рекомендуемое минимальное сечение медных силовых проводов и кабелей —1,5 мм^2. Такое же сечение по соображениям надежности следует

принимать для медных проводов и кабелей управления. Для прокладки в трубах по условиям протяжки не рекомендуется применять провода сечением свыше 120 мм^2.

В последнее время выпускаются кабели большого сечения (до 240 мм^2 включительно) с однопроволочными жилами. Эти кабели характеризуются повышенной жесткостью, и поэтому их прокладка сопряжена с дополнительными трудностями. При открытой прокладке, например в каналах, туннелях, колодцах блочной канализации и т. п., требуется в ряде случаев изменить форму кабельных сооружений и увеличивать их размеры, особенно в местах поворота и разветвления кабельных трасс. Это вызвано необходимостью прокладки этих кабелей с бо́льшими, чем обычно, радиусами изгиба.

При скрытых прокладках, например в стальных трубах, требуется, как правило, увеличение диаметров труб на одну ступень и радиусов изгиба. Ограничивается также количество углов по трассе (см. § 11). Для питания переносных и передвижных механизмов применяют шланговые многожильные гибкие провода или кабели с медными жилами и резиновой изоляцией, например кабели марки КРПТ. При выборе проводов и кабелей следует иметь в виду, что надежность и срок их службы зависят от применяемых марок проводов и сред, в которых их прокладывают.

Во многих случаях может оказаться, что применение более качественных проводов благодаря их меньшему износу и, следовательно, более редкой замене позволит значительно снизить затраты на кабельную продукцию.

Э к о н о м и я к а б е л ь н о й п р о д у к ц и и. Большая насыщенность электроустановок сложным оборудованием, непрерывный рост мощностей и возросшая автоматизация требуют все увеличивающегося количества проводов и кабелей для осуществления электрических связей.

Однако в области экономии кабельной продукции нельзя решить проблему за счет создания новых видов прокладки кабелей, потому что при любом способе прокладки кабели являются связующим звеном между оборудованием, и от того, насколько рационально оно расставлено, зависит общая протяженность кабельных сетей.

Поэтому экономии кабелей можно достигнуть в основном за счет укрупнения оборудования и близости его

взаимного расположения. Необходимо стремиться к большей компактности электрооборудования и добиваться большей комплектности входящего в состав одного агрегата электрооборудования с тем, чтобы большинство электрических связей (шинных и кабельных) находилось внутри комплектного устройства и поставлялось заводами—изготовителями электрооборудования. К перерасходу кабельной продукции приводит также комплектация щитов станций управления (ЩСУ) для управления механизмами по условиям однотипности рода тока вместо комплектации по технологическому признаку (вне зависимости от рода тока), а также дроблению щитов на мелкие секции вместо применения щитов максимальной длины (15 м). В этих же целях целесообразно ограничить централизацию щитов общего назначения (мнемонических, управления и др.), предпочитая в этих случаях группирование таких щитов по крупным зонам обслуживания.

При компоновке электрооборудования следует размещать источники питания преимущественно в центрах нагрузки и обеспечивать близость расположения взаимосвязанных электрически отдельных элементов оборудования, не допуская излишней разобщенности, а также недостаточного использования площадей и пространств, так как это является причиной увеличения общей потребности в кабельной продукции. По возможности следует приближать щиты к потребителям, включая установку их в подземных помещениях, расположенных вблизи механизмов, а, например, для подвалов масляного хозяйства, крупных вентиляционных камер и других технологически обособленных хозяйств — устанавливать щиты в непосредственной близости от технологического оборудования. Следует отдавать предпочтение магистральным сетям перед радиальными и шире применять шинопроводы вместо кабелей. Для мелких по мощности потребителей возможно объединение в одном кабеле силовых цепей и цепей управления. Допускается также объединение цепей управления различными механизмами, входящими в состав одного непрерывного технологического узла в одном кабеле. Открытая прокладка кабелей может явиться причиной значительных убытков в случае возникновения пожара и уничтожения большого количества кабелей из-за аварии с одним из них. Поэтому экономии кабелей можно добиться также, уменьшив

вероятность их повреждения и, следовательно, необходимость в замене.

Повреждаемость кабелей зависит не только от качества кабелей и условий их эксплуатации, но и от способов прокладки и, в частности, от недостаточного учета влияния большого количества совместно проложенных кабелей в одном помещении. В большинстве случаев именно этим фактором объясняются тяжелые последствия от аварий и пожаров, сопровождавшихся выходом из строя кабельных коммуникаций и нарушением технологических процессов.

Повреждение одного кабеля может вызвать повреждение других кабелей, проложенных в том же сооружении. Поэтому при совместной прокладке кабелей различного назначения и качества, если даже собственная повреждаемость некоторых кабелей невелика, проложенные здесь же кабели с большей удельной повреждаемостью снижают надежность остальных кабелей. Например, повреждаемость кабелей управления и сигнализации ниже повреждаемости силовых кабелей, но ожидаемая опасность повреждения для них значительно увеличивается, если они проложены вместе. Вот почему для большого количества кабелей, прокладываемых совместно, технические решения по сооружению кабельных коммуникаций должны оцениваться с учетом эксплуатационной надежности и возможного ущерба.

3. ПРОКЛАДКА КАБЕЛЕЙ НА КОНСТРУКЦИЯХ

Открытую прокладку кабелей осуществляют на кабельных конструкциях, на лотках или в коробах, уложенных на эти кабельные конструкции. Непосредственно на кабельных конструкциях прокладывают кабели больших сечений: 25 мм² и выше. Силовые кабели меньших сечений, 16 мм² и менее, и кабели управления прокладывают преимущественно на лотках или в коробах. При смешанной прокладке кабелей разного сечения и назначения (силовые и управления) в целях более организованной прокладки кабелей рекомендуется их укладка на лотках.

Кабельные конструкции. Для прокладки кабелей применяют кабельные конструкции, рассчитанные на различное количество кабелей разного назначения.

Кабельные конструкции предназначены для установки вдоль стен помещений, каналов, туннелей, колодцев

Таблица 2

Сборные кабельные конструкции (рис. 2 и 3)

Изделие	Тип	Размеры, мм	
		H	*L*
Стойка для полок	К1150	400	—
	К1151	600	—
	К1152	800	—
	К1153	1200	—
	К1154	1800	—
Полка кабельная	К1160	52	160
	К1161	52	250
	К1162	65	350
	К1163	85	450
Ключ для крепления полок	К1156	—	250
Скоба для крепления стоек	К1149	—	—
Подвеска для разделительных перегородок	К1164	64	151
	К1165	66	241
	К1166	121	331
	К1167	124	421
Соединитель для перегородок	К168	—	—
Основание для установки одиночной полки	К1155	—	—
Стойка для закладных подвесок	П-6	600	—
	П-8	800	—
	П-18	1800	—
Подвеска кабельная	К340	—	—
	К341	—	—
	К342	—	—

Примечание. Полки кабельные рассчитаны соответственно на допустимую нагрузку 180, 280, 400 и 500 Н, а также на кратковременную монтажную нагрузку 800 Н.

и других кабельных сооружений, а также для подвески к перекрытиям, балкам и другим строительным элементам здания.

Закладные (елочные) кабельные конструкции состоят из штампованных перфорированных стоек и полок (рис. 2 и табл. 2). Стойки изготовляют высотой от 400 до 1800 мм. Для получения кабельной конструкции необходимой высоты их можно стыковать между собой по вертикали в любом сочетании.

Перфорация в стойках имеет шаг 50 мм, что позволяет устанавливать полки с расстояниями между ними, кратными 100, 150 мм и т. д. В отличие от прежних кабельных конструкций, рассматриваемые конструкции не требуют приварки полок к стойкам. Надежность механического сцепления полки со стойкой и обеспечение необходимого электрического контакта для заземления по-

лок достигаются особым устройством узла сочленения полки со стойкой (замком). Приварка полок к стойкам нарушает принцип сборки кабельных конструкций, а также снижает качество антикоррозионного покрытия в местах приварки.

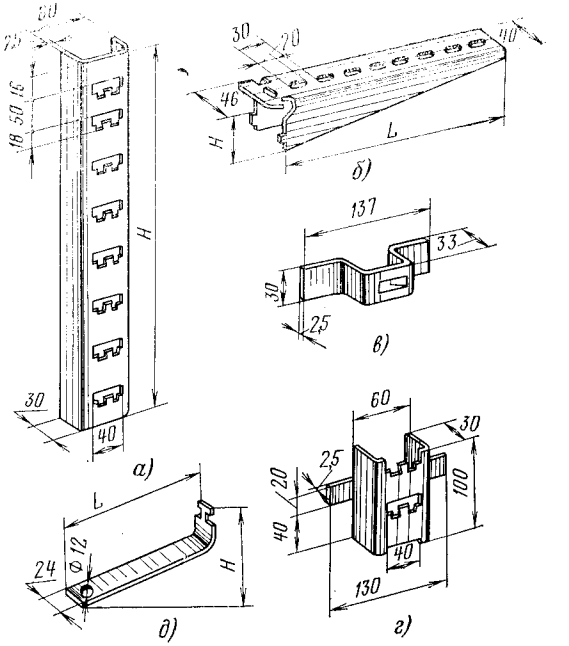


Рис. 2. Элементы кабельных конструкций:
а — стойка; *б* — полка; *в* — скоба; *г* — основание для одиночной полки; *д* — подвеска для разделительной перегородки (размеры *H* и *L* приведены в табл. 2).

При отсутствии необходимости сварки между стойкой и полкой появляется возможность установки полок во время монтажа по мере их надобности (без резерва), что сокращает общий расход полок.

В последнее время в целях повышения качества, улучшения внешнего вида, увеличения срока службы и облегчения заземления выпускаются оцинкованные кабельные конструкции (а также лотки и короба). При этом желательно их крепить к опорным поверхностям и закладным частям с помощью болтовых или безметизных соединений, не нарушая цинкового покрытия.

Полки изготовляют длиной (вылетом) от 160 до 450 мм, что позволяет комплектовать стойку с полками разной длины. Полки в стойке укрепляют путем ввода их хвостовой части в окна стойки. В перфорации стойки имеется выступ (язычок), поворот которого специальным ключом обеспечивает надежное крепление полки к стойке без применения сварки. Кроме того, хвостовая часть полки имеет форму (дополнительные выступы, входящие в перфорацию стойки), увеличивающую устойчивость полок относительно боковых нагрузок, обеспечивая тем самым их невыпадение при транспортировке.

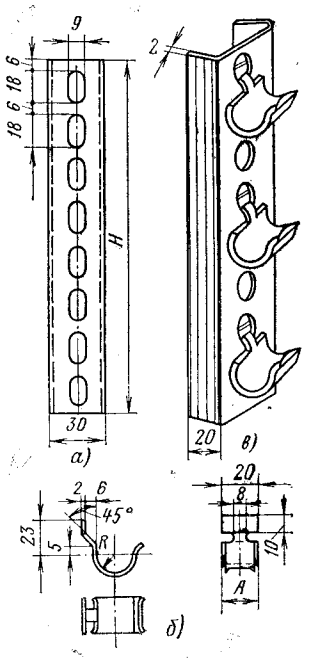


Рис. 3. Кабельная конструкция.

а — стойка; *б* — закладная подвеска; *в* — общий вид конструкции (размеры: *H* — по табл. 2; *R*=10, 18, 25 мм; *A*=20, 30, 40 мм).

Полки кабельных конструкций рассчитаны на постоянную равномерно распределенную нагрузку от массы кабелей около 10 Н/см длины полки. Полки также рассчитаны на кратковременную сосредоточенную монтажную нагрузку 800Н, приложенную к концу полки. При этом остаточная деформация (прогиб) не превышает 2°.

Кабельные конструкции «елочного» типа предназначены для прокладки большого количества кабелей. Для прокладки одиночных кабелей применяют закладные кабельные конструкции, состоящие из перфорированных стоек и кабельных подвесок (рис. 3 и табл. 2). Подвески изготовляют с хвостовиками, с помощью которых их соединяют с перфорированной стойкой. Подвески вставляют в окна стойки узкой стороной хвостовика и последующим поворотом на 90° устанавливают в горизонтальное положение.

Подвески выполняют трех видов для кабелей диаметром до 20, 35 и 50 мм, что является достаточным для

кабелей обычно применяемых марок и сечений в такого вида прокладках.

Прокладка кабелей на конструкциях в производственных и электротехнических помещениях является самым распространенным и дешевым способом открытой прокладки кабелей.

Кабели не рекомендуется класть непосредственно на кабельные конструкции, имеющие незакругленные края, потому что в местах касания с полками их оболочки изнашиваются. Особенно это относится к кабелям в пластмассовой оболочке. Расстояния между кабельными конструкциями на прямых участках обычно принимают в пределах 800—1000 мм.

В типовых строительных элементах кабельных сооружений, например в туннелях, где имеются металлические закладные части для крепления кабельных конструкций, расстояния между ними принимают 750 мм (кратным общей длине элемента).

При прокладке на конструкциях для обеспечения хорошего внешнего вида прокладки желательно добиться однообразия трассы, т. е. одинакового провеса кабелей. Кабели средних и мелких сечений, проложенные на редко расставленных кабельных конструкциях, сильно и неодинаково провисают. Это особенно заметно в тех случаях, когда несколько кабелей разного сечения прокладывают рядом на одной полке.

Однако для того, чтобы добиться опрятного вида прокладки, для кабелей различных марок и сечений, уложенных по общим трассам, требуется предусматривать различные расстояния между опорными конструкциями, что выполнить не представляется возможным. Поэтому кабельные конструкции располагают с усредненными расстояниями между ними 750—1000 мм.

При применении кабелей с однопроволочными жилами в алюминиевой оболочке (например, марки ААШв), обладающих повышенной жесткостью, наблюдаются случаи «сползания» кабелей, не закрепленных на полках кабельных конструкций, или деформации кабельных конструкций в тех местах, где кабели закреплены. Это объясняется удлинениями кабелей, вызванными иногда значительными перепадами между температурой окружающей среды во время монтажа кабелей и наиболее высокой температурой кабеля, с учетом его собственного нагрева во время эксплуатации.

Этот перепад в неблагоприятных случаях может составить около 100°С. При этом удлинение кабеля составит около 2 м/км. При очень жестких кабелях и недостаточном расстоянии между кабельными конструкциями (до 1000 мм) не обеспечивается образование естественной стрелы провеса (2—3% от длины кабеля). В этих условиях для таких кабелей может оказаться предпочтительной более редкая установка кабельных конструкций,

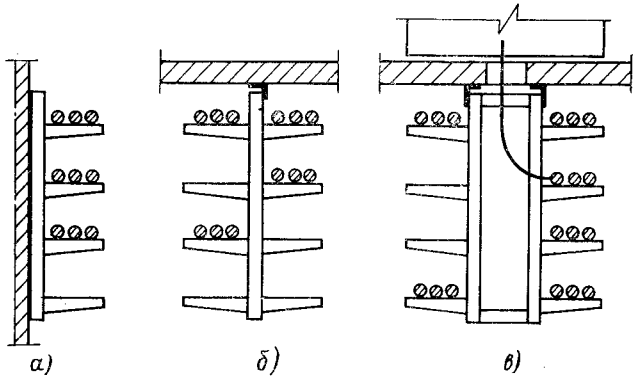


Рис. 4. Кабельные конструкции.
а — настенная; *б* — потолочная; *в* — потолочная (под оборудованием).

например с шагом 3—4 м, с тем, чтобы образовался провес кабеля в вертикальной плоскости, что компенсирует удлинение кабеля в каждом пролете между конструкциями. Кабельные конструкции применяют настенные, потолочные и др. (рис. 4). Кабельные конструкции могут быть одиночными и блочными, когда ряд конструкций с помощью общих связей объединяют в блоки транспортабельной длины (до 6 м), что повышает степень индустриализации монтажных работ.

При горизонтальной прокладке кабелей на конструкциях следует придерживаться определенного порядка в их расположении по вертикали: при одностороннем расположении кабельных конструкций силовые кабели высшего напряжения располагают над кабелями низшего напряжения. Кабели управления располагают под силовыми кабелями, еще ниже располагают кабели связи. При двустороннем расположении кабельных конструкций силовые кабели и кабели управления обычно размещают

на противоположных конструкциях. Силовые кабели до 1000 В и кабели управления, относящиеся к одному приводу, допускается прокладывать рядом на одной полке (кроме кабелей для потребителей особой группы I категории). Для этих особо ответственных потребителей кабели управления во всех случаях прокладывают отдельно от силовых кабелей (например, в туннеле — на разных его сторонах).

Силовые кабели до 1000 В и выше, а также силовые кабели и кабели управления, рабочие и резервные кабели располагают на разных полках и разделяют горизонтальными огнестойкими перегородками (рис. 5) с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч (рекомендуются асбестоцементные плиты толщиной 8 мм по ГОСТ 929-59). Такие перегородки уменьшают повреждения при пожаре в кабельных сооружениях. На кабельных конструкциях обычно прокладывают бронированные кабели всех сечений и небронированные кабели сечением 25 мм² и более. При этом применяют кабели с оболочками и изоляцией из материалов, не распространяющих горения. На поворотах кабели прокладывают с соблюдением минимально допустимых радиусов изгиба, зависящих от конструкции кабеля и его наружного диаметра (табл. 3). Кабели, проложенные горизонтально, жестко закрепляют в конечных точках, с обеих сторон изгибов и у соединительных муфт.

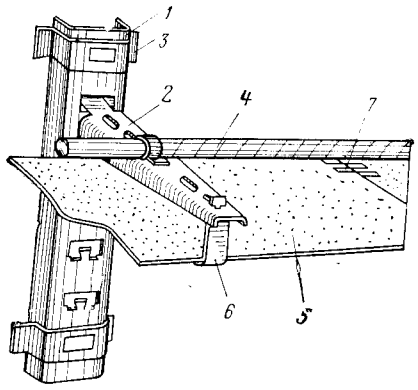


Рис. 5. Установка разделительной огнестойкой перегородки.
1 — кабельная стойка; *2* — кабельная полка; *3* — скоба; *4* — кабель; *5* — перегородка; *6* — подвеска; *7* — соединитель перегородок.

Кабели, проложенные вертикально, жестко закрепляют на всех опорных конструкциях. Все стойки кабельных конструкций заземляют. При прокладке силовых кабелей расстояния между полками кабельной конструкции обычно принимают для полок вылетом до 350 мм вклю-

чительно 200 мм, а для полок вылетом 450 мм — 250 мм. При прокладке кабелей управления расстояние между полками принимают 100—150 мм. При установке огнестойких перегородок эти расстояния увеличивают на 50—10 мм. Расстояния между кабелями, уложенными на полке, принимают равными 35 мм для силовых кабелей диаметром до 35 мм и не менее диаметра кабеля для кабелей большего диаметра. Кабели управления можно

Таблица 3

Наименьшие допустимые радиусы изгиба кабелей

Типы кабелей	R
Силовые одножильные с бумажной нормальной пропитанной изоляцией в свинцовой оболочке, бронированные и небронированные	25 d
Силовые многожильные с обедненно-пропитанной изоляцией и с нестекающей пропиткой в общей свинцовой или алюминиевой оболочке, бронированные	25 d
Силовые многожильные с бумажной изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке для каждой жилы, а также с пластмассовой изоляцией и в пластмассовой оболочке поверх каждой жилы, бронированные и небронированные	25 d
Силовые многожильные с бумажной нормальной пропитанной изоляцией в свинцовой или в алюминиевой оболочке, а также с пластмассовой изоляцией и оболочкой, бронированные и небронированные	15 d
Контрольные кабели с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой оболочке, бронированные и небронированные	15 d
Силовые и контрольные с резиновой изоляцией в свинцовой или поливинилхлоридной оболочке, бронированные	10 d
То же, но небронированнные	6 d

Примечание. R—радиус изгиба кабеля по его внутренней кривой; d—наружный диаметр кабеля.

прокладывать вплотную. Расстояние между кабелями и трубопроводами при их пересечении или при параллельной прокладке принимают 500 мм и более. При этом на участках сближения кабели защищают от механических повреждений, а при теплопроводах — от воздействия высоких температур.

Для более организованной прокладки стараются кабели прокладывать по трассе без пересечений, которые обычно выполняют на концах трассы в местах подвода кабелей к оборудованию.

Кабельные трассы не следует располагать над оборудованием. Если это не удается, то между оборудованием

и кабелями устанавливают экраны с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч (экран должен выступать за пределы площади, занимаемой кабелями, на 0,3—0,5 м).

При открытой прокладке большого количества кабелей в одном помещении необходимо соблюдать следующие противопожарные условия прокладки.

В наиболее загруженном кабелями сечении подвала электромашинного помещения (ЭМП), в котором также установлено электрооборудование, не следует прокладывать более 200 силовых кабелей и кабелей управления или более 100 силовых кабелей. При больших количествах кабелей устраивают отдельный кабельный этаж (без установки в нем электрооборудования) или выделяют в пределах подвала ЭМП кабельный туннель. Если сооружение кабельного этажа или туннеля нецелесообразно, то кабели располагают в подвале ЭМП в несколько потоков с соблюдением всех правил их прокладки (см. § 3).

Для частичной разгрузки подвалов ЭМП от кабелей в тех случаях, когда специальный кабельный этаж не сооружается, рекомендуется прокладывать часть кабелей и проводов в трубах, в подливке пола 1-го этажа ЭМП. В основном это относится к силовым цепям и цепям управления, не выходящим за пределы ЭМП (внутренние связи), которые можно проложить, используя, как правило, однослойную или двухслойную прокладку труб.

Подвалы ЭМП длиной более 150 м или площадью более 3000 м^2, в которых устанавливается электрооборудование и прокладываются кабели, делят несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч на отсеки длиной до 150 м или площадью не более 3000 м^2 в зависимости от того, какой из факторов является лимитирующим.

В обособленных кабельных этажах и подвалах предусматривают автоматическую пожарную сигнализацию и средства пожаротушения.

Прокладка кабелей марки АсВВ. В последнее время кабельная промышленность выпускает одножильные кабели марки АсВВ сечением 1000, 1500, 1800 и 2000 мм^2 (табл. 4). Эти кабели имеют алюминиевую токоведущую жилу и негорючие изоляцию и оболочку. Кабели предназначены для применения в сетях переменного и постоянного тока до 1000 В. Испытательное напряжение таких кабелей 7500 В, поэтому их можно

применять также в анодных цепях преобразовательных установок, где возможны перенапряжения.

Однако кабели АсВВ при сравнении с кабелями обычных сечений до 240 мм² характеризуются повышенным удельным расходом проводникового материала, поэтому их применение следует ограничить.

Таблица 4

Технические данные одножильных кабелей марки АсВВ

Технические данные	Сечение, мм²			
	1000	1500	1800	2000
Длительно допустимая токовая нагрузка, А	1180	1440	1620	1790
Наружный диаметр, мм	55	63	66	68
Минимальный радиус изгиба, мм	825	945	990	1020
Масса 1 м, кг	4,33	5,9	6,9	7,5

Примечания: 1. Токовые нагрузки указаны при изоляции секторов жилы из термостойкого поливинилхлоридного пластиката, а также при температуре окружающей среды 25°С и при условии прокладки кабелей для переменного тока треугольником в пучке.

2. Максимальная длительно допустимая рабочая температура жилы не более 70°С.

3. Строительная длина кабелей всех сечений не менее 200 м.

Сравнительно большие токовые нагрузки до 1800 А, допускаемые кабелями АсВВ, в ряде случаев привели к замене ими шинопроводов. У шинопроводов и у кабелей АсВВ имеются свои предпочтительные области применения, и они не конкурируют между собой там, где их использование диктуется необходимостью обеспечения быстрого приспособления к изменяющейся технологии производства, условиями прокладки и т. п. Поэтому кабели АсВВ следует применять не взамен, а наряду с шинопроводами в следующих случаях:

на протяженных участках магистралей, если по пути магистрали отсутствуют ответвления или их мало (не более двух-трех). Выполнение на этом кабеле ответвлений пока затруднительно;

в качестве ответвлений от магистралей (спуски) при большом количестве поворотов на разных уровнях, особенно в тех случаях, когда ими можно заменить сложный участок шинопровода, например несколько угловых секций;

на линиях со сложной трассой, в местах пересечения трубопроводов, строительных конструкций и т. п.;

когда дробление кабелей (несколько штук на фазу или полюс) приводит к необходимости увеличения емкости кабельного сооружения (например, туннелей, эстакад, галерей и т. п.);

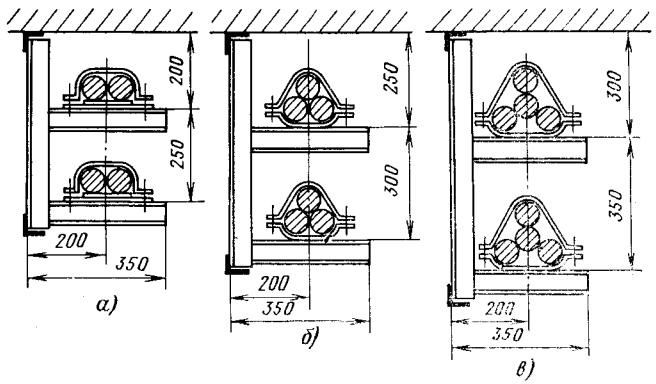


Рис. 6. Прокладка кабелей марки АсВВ на конструкциях. *а* — постоянного тока; *б* — переменного трехфазного тока; *в* — переменного трехфазного тока с нулевым проводником.

в стесненных условиях прокладки, когда ограничены пространства по трассе прокладки и отсутствуют нормальные условия для монтажа шинопроводов (сварка стыков секций, съем крышек и т. п.);

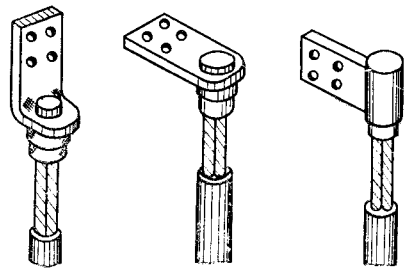


Рис. 7. Наконечники для оконцевания кабелей марки АсВВ.

когда применение кабелей АсВВ способствует расширению области применения шинопроводов, т. е. на участках, где без кабелей АсВВ, используемых, например на ответвлениях, применение шинопроводов было бы менее целесообразным;

когда кабели выбирают по потере напряжения.

Кабели АсВВ не должны применяться в массовом порядке взамен кабелей обычных сечений. На рис. 6 показана прокладка кабелей АсВВ на кабельных конструкциях.

Оконцевание кабелей АсВВ выполняют с помощью специальных наконечников (рис. 7). Тип наконечника

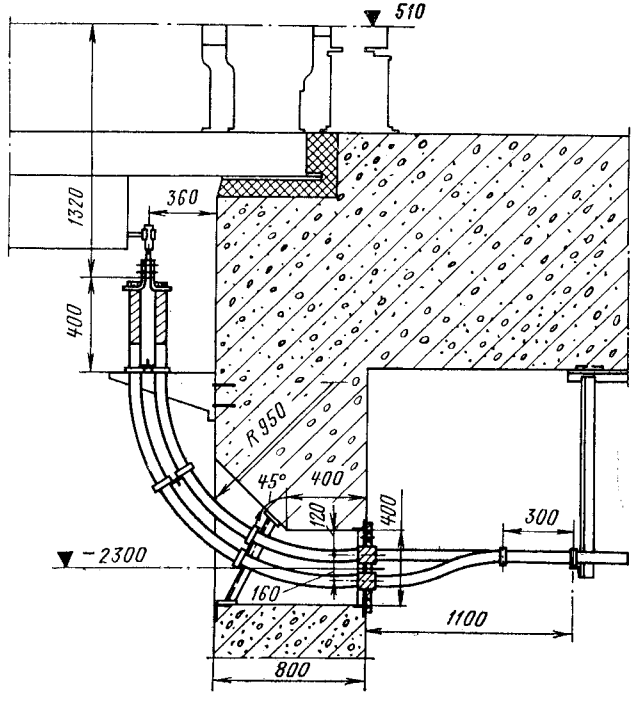


Рис. 8. Подвод кабелей марки АсВВ к прокатному двигателю.

выбирают в зависимости от положения контактных частей оборудования и ошиновки. Для получения линии используют два, три и четыре одножильных кабеля.

Для трехфазной сети переменного тока с целью уменьшения потерь три одножильных кабеля разных фаз прокладывают в общем пучке «треугольником». Закрепление пучка производят специальными скобами (или клицами), устанавливаемыми на полках кабельных конструкций, а также в середине пролета между ними.

Для трехфазной сети с нулевым проводником в середину пучка помещают четвертый кабель. Для прокладки

кабелей АсВВ необходимо применять достаточно прочные кабельные конструкции, надежно противостоящие весовым и монтажным нагрузкам, а также динамическим усилиям, возникающим при коротких замыканиях в кабелях.

На рис. 8 показан пример использования кабеля АсВВ для главных цепей прокатного двигателя. На крупных предприятиях главные цепи постоянного тока, идущие, например, от мощных преобразователей к двигателям, часто выполняют с помощью одножильных кабелей, прокладываемых на конструкциях. В эксплуатации наблюдались случаи самопроизвольного сдвига и даже сбрасывания кабелей с полок кабельных конструкций. Сдвиги кабелей происходили не только в режиме короткого замыкания, но и в нормальном режиме. Для возникновения сдвига необходимо, чтобы электродинамические усилия превосходили силы трения кабеля о конструкции.

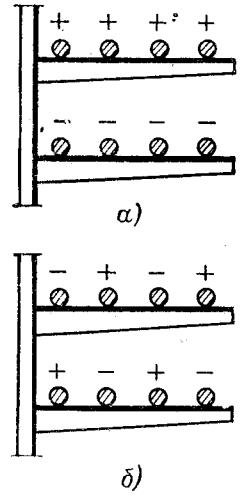


Рис. 9. Раскладка кабелей постоянного тока.
а — нерекомендуемый вариант; *б* — рекомендуемый вариант.

Направление смещения определяется полярностью расположенных рядом кабелей. Усилия, воздействующие на кабель, увеличиваются, когда на соседних полках расположены параллельные кабели разной полярности (рис. 9,*а*). Ослабление этих усилий может быть достигнуто рациональным расположением кабелей (рис. 9,*б*).

4. ПРОКЛАДКА КАБЕЛЕЙ НА ЛОТКАХ

В последнее время широко применяют прокладку кабелей на лотках (сварных и перфорированных), такая прокладка удобна при монтаже и имеет хороший внешний вид. Менее запутанными получаются переходы кабелей с одной отметки на другую, и легче осуществляются обходы различного рода строительных препятствий.

При прокладке на лотках кабели и провода в большей мере защищены от механических повреждений, хорошо размещены и доступны для осмотра. При этом

имеется возможность дополнительной прокладки или снятия проводников. Кабели не протягиваются, как это имеет место, например, при прокладке в трубах, а укладываются механизированным способом, что предохраняет их оболочки от возможного истирания.

Прокладка кабелей на сварных лотках. Сварные лотки изготовляют длиной 2 м и шириной 400 и 200 мм (рис. 10). Они имеют шаг между перфориро-

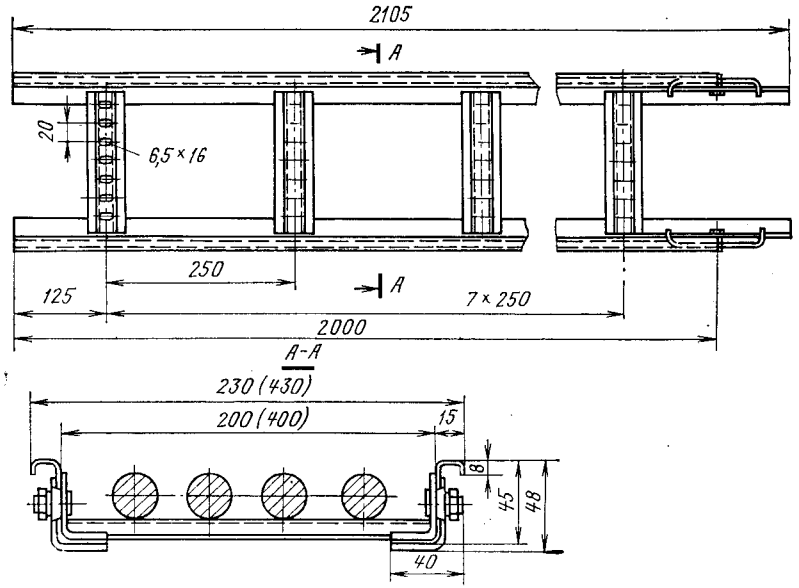


Рис. 10. Кабельные сварные лотки типов К422 и К420 (в скобках указаны размеры для лотков типа К420).

ванными перекладинами 250 мм, что исключает большие провисания кабелей даже при относительно мелких сечениях. Лотки укладывают на кабельные конструкции с соответствующими вылетами кабельных полок (450 и 250 мм). Применение сварных лотков позволяет значительно реже расставлять кабельные конструкции. Для крепления лотков на прямых горизонтальных участках их расставляют с шагом 2 м (вместо 1 м при прокладке без лотков). На поворотах и при обходе препятствий опорные конструкции могут быть установлены чаще.

Сварные лотки применяют для прокладки проводов всех сечений, небронированных силовых кабелей преимущественно сечением до 16 мм² (одиночных или пучками) и небронированных кабелей управления всех сечений. Небронированные кабели больших сечений (свыше 16 мм²) и бронированные кабели всех сечений можно прокладывать непосредственно на кабельных конструкциях без применения лотков. Однако прокладка кабелей на лотках получается более организованной, но характеризуется большей металлоемкостью. Общий расход металла при наличии лотков увеличивается более чем в 2 раза по сравнению с прокладкой кабелей на конструкциях.

Прокладку кабелей на лотках применяют как в производственных помещениях, так и во всех видах электротехнических и кабельных помещений (туннелях, эстакадах, галереях, каналах и т. п.). При прокладке кабелей внутри производственных помещений лотки устанавливают на высоте не менее 2 м от уровня пола или площадки обслуживания с целью обеспечения большей сохранности от возможных механических повреждений. В электротехнических и кабельных помещениях лотки могут устанавливаться на любой высоте.

Кабели на лотках обычно прокладывают в один ряд. Возможна также прокладка силовых кабелей мелких сечений и кабелей управления в два слоя или скрепленными пучками. При прокладке кабелей в пучках в каждом из них может быть не более 12 проводников (кабелей или проводов) независимо от их жильности, но при этом диаметр пучка не должен превышать 100 мм, а расстояние между ними — не менее 20 мм. Расстояния между одиночными кабелями, уложенными на лотках, такие же, как и при прокладке на конструкциях (см. § 3).

Допустимые длительные токовые нагрузки для силовых кабелей и проводов, прокладываемых пучками, принимают с понижающими коэффициентами, учитывающими количество кабелей в пучке (0,68 для 5—6 проводников, 0,63 для 7—9 проводников и 0,6 для 10—12 проводников). Лотки соединяют между собой с помощью накладок, чем обеспечивается также непрерывность электрической цепи заземления.

Прокладка кабелей на перфорированных лотках. Перфорированные лотки изготовляют длиной 2 м и шириной 50 и 100 мм (рис. 11). Эти лотки сплошные, но имеют перфорированное дно. Лотки (один или несколько) укладывают на кабельные конструкции, расставленные с шагом 2 м. Перфорированные лотки

используют для прокладки одного или нескольких силовых кабелей или сравнительно большого количества кабелей управления в производственных и электротехнических помещениях. Такие лотки очень удобны для обвязки технологических агрегатов, ими можно легко огибать различные технологические трубопроводы, их применяют также, когда требуется, например, подвести

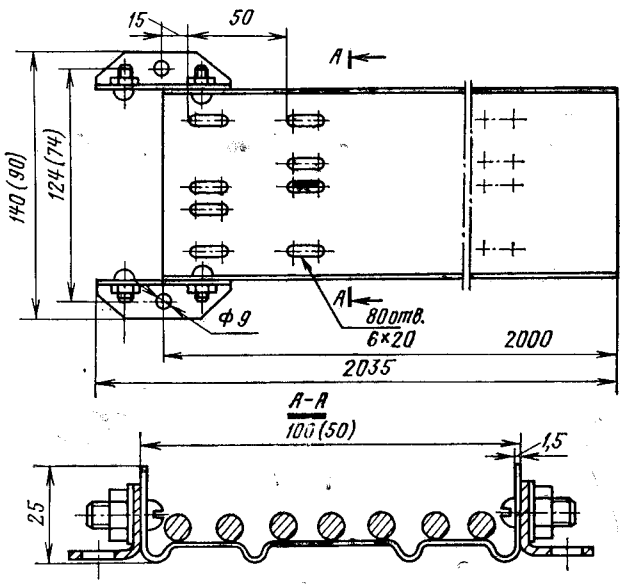


Рис. 11. Кабельные перфорированные лотки типов К61У и К60У (в скобках указаны размеры для лотка типа К60У).

небольшое количество кабелей от вводных шкафов к токоприемникам. Их можно также использовать для ответвления кабелей от сварных лотков. Благодаря наличию перфорации, позволяющей частое крепление кабелей к лоткам, их можно прокладывать в любом рабочем положении, добиваясь хорошего внешнего вида прокладки. Перфорированные лотки можно сочленять по ширине до требуемых размеров, их можно крепить как на конструкциях, так и по стенам и механизмам. Целесообразным является сочетание обоих видов открытых прокладок кабелей (на конструкциях, сварных и перфорированных лотках) применительно к условиям производства.

5. ПРОКЛАДКА КАБЕЛЕЙ В КОРОБАХ

Производства, насыщенные большим количеством сравнительно мелких токоприемников, требуют прокладки разветвленных распределительных сетей. Такие сети целесообразно выполнять проводами или кабелями, проложенными в коробах.

Ассортимент секций коробов и сопутствующих изделий достаточен для выполнения самых сложных трасс кабельных прокладок.

Имеются прямые секции длиной 2 и 3 м в одноканальном и двухканальном исполнении (рис. 12 и табл. 5),

Таблица 5

Размеры коробов для прокладки кабелей (рис. 12)

Тип	Размеры, мм				Масса, кг/м
	А	*Б*	*В*	*Г*	
1	65	80	60	70	3,4
2	105	160	100	150	6,3
3	105	210	100	200	7,3
4	155	410	150	400	13,4

Примечание. Короб типа 4 в двухканальном исполнении.

угловые, тройниковые и крестовые секции для всех сечений коробов, а также переходные секции с одного сечения короба на другое и изделия для стыковки и крепления коробов. Кабели, проложенные в коробах, надежно защищены от механических повреждений. Прокладка кабелей в коробах рекомендуется также в тех случаях, когда требуется хороший внешний вид прокладки. В ко-

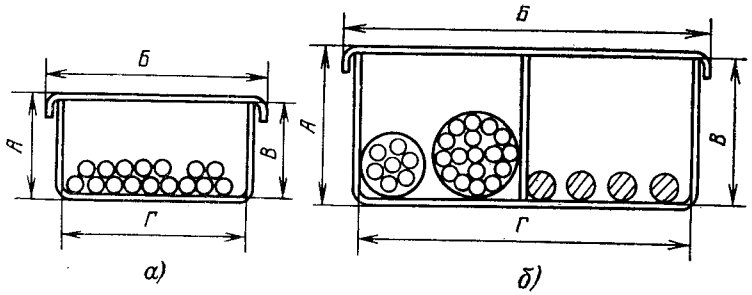


Рис. 12. Короба для прокладки кабелей.
а — одноканальные; *б* — двухканальные (размеры по табл. 5).

робах предпочтительна прокладка электропроводок: проводов и кабелей сечением до 16 мм². Прокладка проводников больших сечений нецелесообразна из-за необходимости снижения допустимых нагрузок на провода и кабели или соблюдения всех правил, относящихся к прокладке силовых проводников (расстояния между ними и т. д.), что в ряде случаев может привести к нецелесообразности применения коробов.

Учитывая условия охлаждения, а также удобства монтажа и возможную замену отдельных проводников, форму коробов приняли прямоугольной с шириной, большей чем высота. Для удобства монтажа и исключения многослойных прокладок (более двух-трех слоев) высота коробов принята не более 150 мм. Ширина коробов принята с учетом обеспечения их свободного крепления на полках кабельных конструкций, которые расставляют с шагом 2 м. В одноканальном коробе или одном канале двухканального короба могут быть совместно проложены все цепи одного агрегата, силовые цепи и цепи управления нескольких машин, щитов, пультов и т. п., связанных общим технологическим процессом, а также цепи нескольких групп одного вида освещения (рабочего или аварийного). Не прокладывают в одном канале короба взаиморезервируемые цепи, а также цепи рабочего и аварийного освещения. В коробах провода и кабели прокладывают в один-два ряда с расстояниями между проводниками 5 мм.

Кабели управления прокладывают вплотную, возможна прокладка сбандажированными пучками в один ряд с расстояниями между ними 20 мм. При выборе сечения короба следует учитывать, что суммарная площадь сечения всех проводов или кабелей, уложенных в короб, не должна превышать 40% сечения короба. При этом площадь сечения короба, занятая проводниками, составит около 65%.

На горизонтальных участках кабели, проложенные в коробах, не закрепляют, а на вертикальных участках крепление кабелей является обязательным. Внутри коробов возможно выполнение ответвлений с помощью сжимов с изолирующими оболочками (например, типа У730М—У734М), обеспечивающими непрерывность изоляции.

Высота расположения коробов, поскольку они полностью закрыты, не нормируется. Конструкция короба

в местах их стыковки обеспечивает непрерывную электрическую цепь заземления.

Зарубежные фирмы очень широко применяют прокладку проводов и кабелей в коробах. Для некоторых автомобильных заводов ряд иностранных фирм предложили около 40 различных типоразмеров коробов.

Прокладка проводов и кабелей в коробах (рис. 13) имеет преимущества перед прокладкой на конструкциях и лотках в части сокращения места, занимаемого прокладкой, а также по условиям упрощения монтажных работ, повышения надежности прокладок и обеспечения высокого уровня технической эстетики.

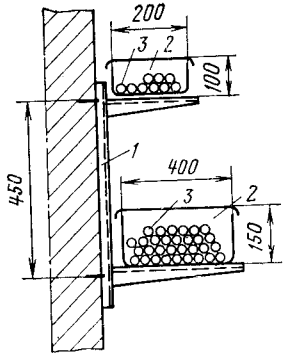


Рис. 13. Прокладка кабелей в коробах.
1 — кабельная конструкция; *2* — короб; *3* — кабель.

6. ПРОКЛАДКА КАБЕЛЕЙ В КАНАЛАХ

При небольшом количестве кабелей их прокладывают в каналах. Общее количество кабелей, которое можно проложить в каналах, зависит от марки, жильности и сечения кабелей. Обычно в каналах прокладывают до 40—50 силовых кабелей. Прокладка кабелей в каналах является более дорогим способом подземной канализации по сравнению с прокладкой в траншеях, но более дешевым, чем прокладка в туннелях. Кабели, проложенные в каналах, достаточно хорошо защищены от механических повреждений. В электротехнических и производственных помещениях кабельные каналы перекрывают плитами на уровне пола помещения. На охраняемых территориях, например на открытых подстанциях, устраивают полуподземные кабельные каналы, т. е. уровень перекрытия каналов несколько возвышается над планировочной поверхностью земли с тем, чтобы обезопасить каналы от возможного попадания воды. На неохраняемых территориях кабельные каналы выполняют подземными, заглубляя их на 300 мм и более в зависимости от ожидаемых нагрузок.

При пересечениях с автодорогами кабельные каналы заглубляют на 700 мм, а с железными дорогами — на 1000 мм. При этом вскрытие каналов сопровождается

большими земляными работами, что снижает достоинства прокладки кабелей в таких каналах.

Для прокладки кабелей в каналах обычно применяют типовые каналы из сборных железобетонных элементов (рис. 14 и табл. 6). Возможно также сооружение кабельных каналов из монолитного железобетона. Ши-

Таблица 6

Данные кабельных каналов (рис. 14)

Исполнение канала	Размеры канала, мм		Ориентировочное количество силовых кабелей при их наружном диаметре, мм			
	Глубина	Ширина	20	35	50	65
1	300	300	2	2	2	—
2	300	450	4	4	4	—
3	300	600	4	4	4	—
4	450	600	10	8	4	4
5	600	600	15	12	6	6
6	450	900	20	16	8	8
7	600	900	30	24	12	12
8	450	1200	28	20	16	12
9	600	1200	42	30	24	18
10	900	900	24	18	12	9
11	900	1200	42	30	24	18
12	1200	900	40	30	20	15
13	1200	1200	70	50	40	30

Примечание. Количество кабелей приведено без учета возможности прокладки некоторого количества кабелей по дну каналов.

рина каналов колеблется от 600 до 1200 мм, высота — от 300 до 900 мм. Ориентировочное количество кабелей, которое можно проложить в каналах максимальных размеров: только силовых до 50, а только кабелей управления до 150. Чаще применяется смешанная прокладка кабелей силовых и управления. Емкость кабельных каналов рассчитывают с учетом возможности дополнительной прокладки кабелей (не менее 10 %).

При большом количестве кабелей возможно использование сдвоенных (трехстенных) кабельных каналов. Однако их применение ограничивается сложностью выполнения отдельных ответвлений к потребителям. Поэтому использование таких каналов целесообразно только на трассах с небольшим количеством ответвлений по пути.

Взаимное размещение кабелей в каналах производится в соответствии с рекомендациями, приведенными в § 3.

Практикуется прокладка кабелей по дну канала при глубине его не более 0,9 м. Кабели, проложенные в каналах, жестко закрепляют в конечных точках и с обеих

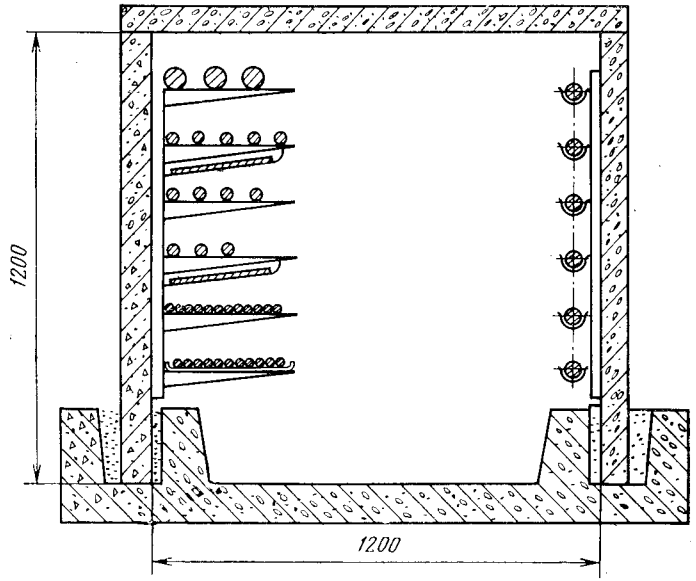


Рис. 14. Кабельный канал.

сторон изгибов. В местах поворота и разветвления кабелей устраивают монолитные уширительные кабельные камеры. При сооружении кабельных каналов принимают меры, предотвращающие попадание в них технологических и дренажных вод (гидроизоляция и др.). Полы в кабельных каналах выполняют с уклоном не менее 0,1 % в сторону водосборника. На участках, где могут быть пролиты расплавленный металл, жидкости или вещества, разрушающе действующие на оболочки кабелей, сооружение кабельных каналов не допускается.

Каналы перекрывают съемными плитами массой не более 50 кг. Применение более тяжелых плит предполагает использование инвентарных приспособлений или грузоподъемных средств для подъема этих плит. Кабельные каналы обычно не вентилируют. Однако при значи-

тельном количестве силовых кабелей необходимо выдать сантехникам данные по ожидаемым тепловыделениям от кабелей с тем, чтобы определить необходимость естественной или механической вентиляции кабельного канала. Чаще устраивают естественную вентиляцию с помощью шахт, расположенных по концам канала.

7. ПРОКЛАДКА КАБЕЛЕЙ В ТУННЕЛЯХ

Прокладка кабелей в туннелях является дорогостоящей системой подземной кабельной канализации и целесообразна только при большом количестве кабелей (более 40), прокладываемых в одном направлении. Прокладка кабелей в туннелях считается наиболее надежной системой подземной канализации. Кабели следует выбирать с оболочками из материала, не распространяющего горения; сечение кабелей должно исключать их недопустимый перегрев, обязательно наличие противопожарных средств, а также соблюдение правил и норм при раскладке кабелей на конструкциях.

К недостаткам прокладки кабелей в туннелях относятся недостаточная их гидрогерметичность, вследствие чего в туннель могут проникать грунтовые воды, и относительно высокая температура внутри туннеля, требующая как правило, устройства механической (принудительной) вентиляции.

В кабельных туннелях при электрических пробоях в соединительных муфтах или кабелях имеют место пожары, что в ряде случаев приводит к тяжелым нарушениям нормального режима работы предприятий и необходимости устройства дорогостоящих средств пожаротушения и механической приточно-вытяжной вентиляции. Поэтому кабельные туннели целесообразно применять только на главных магистральных трассах, например, от главной понизительной подстанции к крупным цеховым подстанциям, для связей между цехами при большом количестве кабелей и т. п.

В целях экономии металлических труб, широко применяющихся еще для электропроводок в металлургической промышленности, например в фундаментах прокатных станов, в последнее время сооружают кабельные туннели вдоль прокатного стана, которые значительно уменьшают долю трубных прокладок в прокатных цехах. Эти туннели обычно являются продолжением подвальных кабельных этажей, расположенных под электромашинным помещением, и связаны с токоприемниками сравнительно короткими трубами (или патрубками) для прокладки кабелей. Туннели, предусматриваемые в массивах фундаментов прокатных станов, характеризуются увеличенным количеством контрольных кабелей по сравнению с обычными туннелями, предназначенными для целей электроснабжения, а также наличием многочисленных выходов из туннеля для подвода кабелей к потребителям, расположенным в цехе.

Устройство кабельных туннелей внутри фундаментов под технологическое оборудование обычно не связано с большими дополнительными затратами, поскольку это не приводит к увеличению размеров фундаментов, и кабельные туннели размещаются в полостях, образуемых в теле фундамента. Глубину заложения внецеховых туннелей принимают не выше 0,7 м, а при пересечениях с другими коммуникациями еще ниже.

Кабельный туннель представляет собой подземную железобетонную (из сборных элементов или монолитную) реже кирпичную галерею. Протяженность кабельных туннелей доходит до десятков километров. В них может быть размещено 50—60 силовых кабелей. Соотношение силовых кабелей и кабелей управления обычно составляет 80 и 20%. Туннели сооружают так, чтобы была исключена возможность проникновения в них грунтовых, дождевых или технологических вод. С этой целью туннели снаружи покрывают гидроизоляцией. Для обеспечения нормальных условий прокладки кабелей и удобства обслуживания уклон пола при переходе туннеля с одной отметки на другую не должен превышать 15°. Уклон выполняют плавным в виде пандуса.

В зависимости от количества кабелей устраивают односторонние шириной 1500 мм или двусторонние шириной 1800 мм кабельные туннели (рис. 15).

Туннели увеличенных размеров шириной 2100 и 2400 мм применяют, когда требуется осуществить переход кабелей с одной стороны туннеля на другую, при установке кабельных полок с наибольшим вылетом 450 мм, а также при прокладке кабелей напряжением 35 кВ. При большом количестве кабелей используют трехстенные (сдвоенные) кабельные туннели. Для прокладки кабелей в туннелях, сооружаемых в фундаментах прокатных

станов применяют кабельные туннели еще более увеличенных размеров 2400×2400 мм, позволяющие осуществить выходы кабелей из туннеля к механизмам в различных направлениях.

Односторонний туннель позволяет прокладывать кабели на одной стороне туннеля на конструкциях елочного типа, а на другой его стороне — на подвесках.

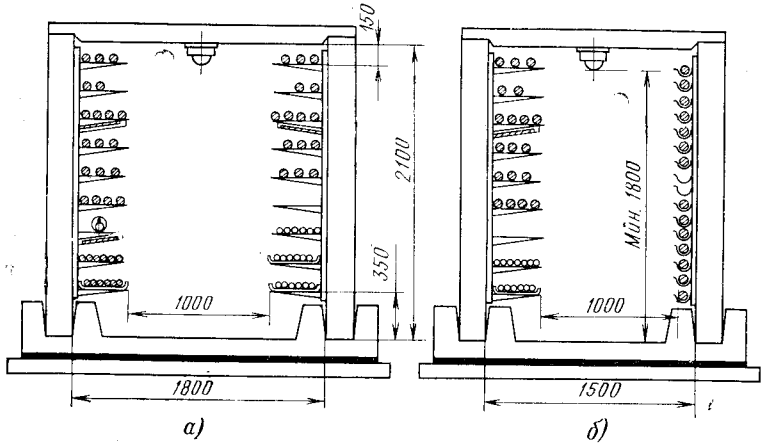


Рис. 15. Кабельные туннели.
а — двусторонний; *б* — односторонний.

Двусторонний туннель (рис.16) позволяет прокладку кабелей на обеих сторонах туннеля на конструкциях елочного типа. Прокладка наибольшего количества кабелей в туннелях обеспечивается кабельными конструкциями с полками вылетом 350 мм. В туннелях достаточной ширины также имеется возможность прокладки шинопроводов или открытых ошиновок на изоляторах. При этом ошиновки следует защитить от случайных повреждений и прикосновений сетчатыми ограждениями. Шинопроводы в закрытом исполнении (с кожухом, не имеющим перфорации) не требуют ограждений.

В конце строительной длины кабеля или в местах его повреждения устанавливают соединительные муфты. Во избежание установки дополнительных соединительных муфт практикуется заказ кабелей предпочтительных (максимальных) строительных длин. Кабельные муфты следует рассредоточить по трассе.

Эпоксидные муфты защищают стальными кожухами (рис. 17 и табл. 7). Кожух закрыт с одной стороны жестко укрепленной заглушкой, а с другой — свободно установленной заглушкой. Муфты расположены в кожухе несимметрично с приближением к жестко укрепленной заглушке.

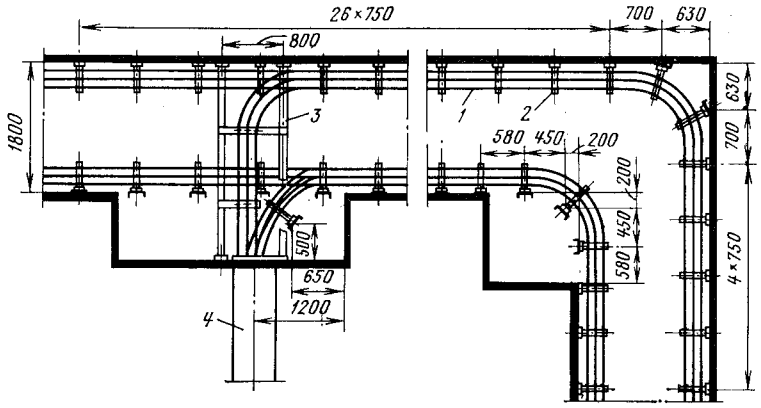


Рис. 16. Прокладка кабелей в туннеле.
1 — кабель; *2* — кабельная конструкция; *3* — мост для перехода кабелей; *4* — кабельный блок.

Таблица 7

Выбор кожухов для соединительных кабельных муфт

Тип кожуха		Тип муфты	Сечение жил трехжильного кабеля, мм², при напряжении, кВ	
неразъемного	разъемного		6	10
КСМ-1	КСР-1	СЭ-5	10—70	16—50
		СЭ-6	95—120	70—95
		СС-60	10—16	—
		СС-70	25—50	16—25
		СС-80	70—95	35—50
		СС-90	120—150	70—95
		СС-100	185—240	120—150
КСМ-2	КСР-2	СЭ-7	150—185	120—150
		СЭ-8	240	185—240
		СС-110	—	185—240

Примечание. Для четырехжильных кабелей применяют муфты на ступень большие, чем для трехжильных кабелей.

Соединительные муфты кабелей управления кожухами не защищают. В каждом туннеле предусматривают свободные ряды полок для укладки соединительных кабельных муфт. Емкость кабельных туннелей рассчитывают с учетом возможности дополнительной прокладки 15% кабелей. В кабельных туннелях предусматривают электрическое освещение и сеть для питания переносных светильников и инструмента.

При производстве строительных работ в стенах туннеля устанавливают через 750—1000 мм металлические закладные части для крепления (приварки) кабельных конструкций.

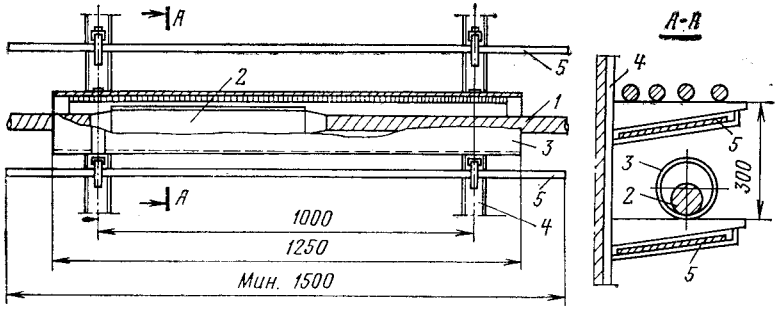


Рис. 17. Укладка соединительной кабельной муфты.
1 — кабель; *2* — муфта; *3* — кожух; *4* — кабельная конструкция; *5* — разделительная огнестойкая перегородка.

Минимальная высота кабельного туннеля 2100 мм. В особо стесненных условиях, где подземные коммуникации мешают выполнить проходной туннель, на коротких участках длиной не свыше 10 м и ответвлениях могут быть устроены полупроходные туннели высотой 1650 мм (для небольших потоков кабелей не выше 10 кВ), на участках туннеля длиной не более 0,5 м допускают местное сужение свободных проходов в туннелях до 800 мм. Туннели длиной до 7 м могут иметь один выход. В туннелях длиной от 7 до 150 м должно быть не менее двух выходов, расположенных по концам туннеля. В туннелях большой протяженности расстояния между двумя ближайшими выходами принимают не более 150 м. Такие туннели в целях противопожарной защиты разделяют перегородками на отдельные отсеки длиной до 150 м с устройством в них дверей, которые во время монтажа кабелей снимают.

В этих перегородках закладывают патрубки (из труб) для прохода кабелей или оставляют в них щели, которые после прокладки кабелей уплотняют несгораемым материалом.

Этот материал должен обеспечивать схватывание и легко поддаваться разрушению в случаях прокладки дополнительных кабелей или их частичной замены. Материал обычно принимают по одной из следующих рецептур: цемент с песком в отношении 1 : 10, или глина с цементом и песком в отношении 1,5 : 1 : 11, или глина с песком в отношении 1 : 3, или перлит с асбестом в отношении 1 : 2. В случаях прохода кабелей через патрубки их с обоих концов также уплотняют, например, асбестовым шнуром.

Пол туннеля выполняют с уклоном 0,1% в сторону водоотводной канавки, которую соединяют с дренажным устройством. При отсутствии такого устройства через каждые 25 м в туннеле устраивают водосборные приямки размером 400×400×300 мм, перекрываемые металлическими решетками, откуда периодически удаляется вода.

Кабельные туннели щитовой проходки. В последнее время находят применение кабельные туннели, выполненные способом щитовой проходки (рис. 18). Такие туннели могут успешно конкурировать с кабельными туннелями, сооружаемыми обычным, открытым способом в тех случаях, когда:

территория предприятия характеризуется уплотненной застройкой;

велико количество подземных коммуникаций, расположенных сравнительно неглубоко;

требуется по ряду причин (например, высокий уровень грунтовых вод) сооружение туннеля на значительной глубине, когда выемка большого объема грунта, нецелесообразна по экономическим соображениям;

геологические условия неблагоприятны для строительства туннелей открытым способом.

Туннели, сооружаемые способом щитовой проходки, обычно собирают из колец, состоящих из прямоугольных блоков (тюбингов) или выполняют монолитными. Тунель с внутренним диаметром 2,6 м обеспечивает двустороннюю прокладку кабелей и по вместимости соответствует туннелю прямоугольного профиля размером 1800×2100 мм.

Установка кабельных конструкций в туннеле, сооруженном с помощью щитовой проходки, может быть выполнена, как показано на рис. 18,*а*, в этом случае используют готовые заводские конструкции, что является более предпочтительным или, как показано на рис. 18,*б*,

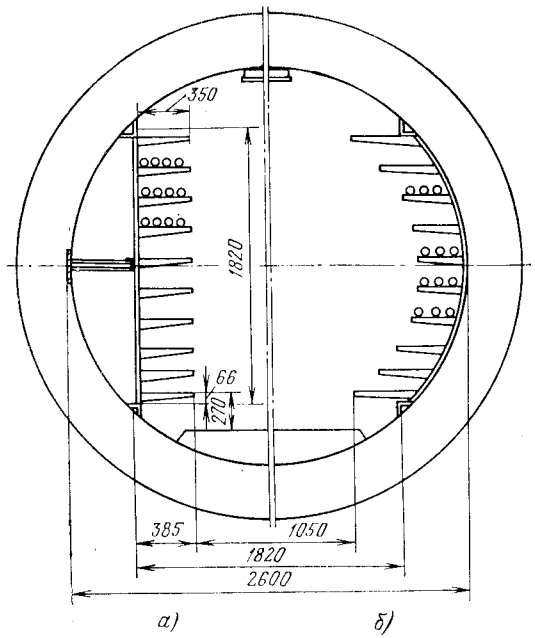


Рис. 18. Кабельный туннель щитовой проходки.

в этом случае конструкции должны быть специально изготовлены на монтаже. Однако, этот вариант обеспечивает несколько большие расстояния между противоположными рядами кабелей.

Вентиляция кабельных туннелей. Вентиляцию туннелей рассчитывают, исходя из ожидаемых тепловыделений от кабелей. При наличии данных по количеству и сечениям силовых кабелей, а также их токовой загрузке тепловыделения от кабелей подсчитывают по фактическим потерям. Кабели управления при этом не учитывают. При отсутствии таких данных тепловые потери могут быть приближенно приняты 0,6 кВт/м туннеля. Перепад температуры между поступающим

и удаляемым воздухом в туннеле не должен превышать 10°С. Эти условия обычно требуют устройства механической приточно-вытяжной вентиляции. Для этого в местах деления кабельного туннеля на отсеки устраивают промежуточные вентиляционные камеры (вентиляционные шахты), которые служат для входа в туннель, уста-

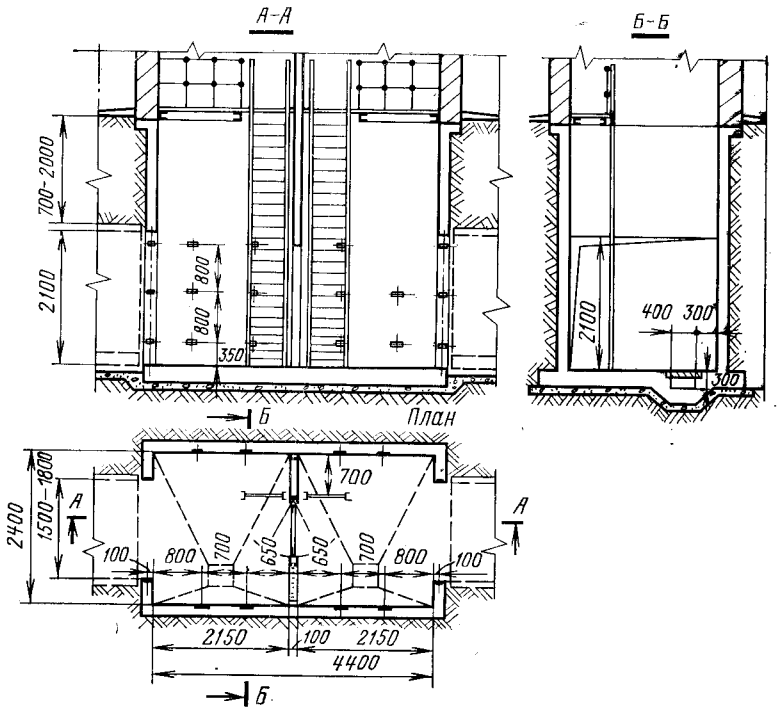


Рис. 19. Промежуточная (сдвоенная) вентиляционная камера для кабельного туннеля (подземная часть).

новки вентиляционных систем, а также транспортировки кабельных конструкций блоками (рис. 19). Иногда для этой цели предусматривают специальные монтажные проемы, для которых используют часть перекрытия туннеля, окончательно устанавливаемую после завершения монтажа. К вентиляционным шахтам обычно примыкают также помещения для размещения противопожарных устройств.

Концевые вентиляционные камеры располагают в местах примыкания туннеля к зданию или в местах перехода на другой вид канализации.

Управление вентиляционными установками кабельных туннелей должно обеспечивать автоматическое их отключение от импульса датчика — извещателя пожарной сигнализации, дистанционное отключение и включение со щита автоматической пожарной сигнализации и местное отключение установок приточной и вытяжной вентиляции.

Пожарная сигнализация. Кабельные туннели оборудуют автоматической пожарной сигнализацией, для чего устанавливают датчики (автоматические извещатели). Эти датчики реагируют на появление дыма и повышение температуры окружающей среды выше 50—60°С.

Систему пожарной сигнализации и вид датчика выбирает специализированная организация. В аварийных ситуациях сигнализация должна обеспечивать:

отключение вентиляционных установок,

автоматическое закрытие вентиляционных заслонок для прекращения доступа воздуха к очагу пожара.

общий сигнал пожарной тревоги дежурному пожарной охраны,

сигналы (звуковой и световой) с указанием места возникновения пожара дежурному персоналу установки.

Противопожарные устройства в кабельных туннелях. Для тушения пожара во внутрицеховых кабельных туннелях предусматривают стационарные системы для дистанционного и автоматического пожаротушения, разрабатываемые по заданию технологов специализированными организациями.

Стационарные системы пожаротушения обеспечивают с помощью ключа-избирателя возможность выбора способа запуска (автоматического, ручного дистанционного и ручного местного). Переход на автоматическое управление осуществляют в зависимости от ситуации, оцениваемой обслуживающим персоналом. Допускается не оборудовать системами пожаротушения кабельные туннели небольшой длины 20—25 м. Для тушения пожара в межцеховых кабельных туннелях следует предусматривать использование передвижных средств (например, пожарные автомашины), с подачей от них огнегасящих жидкостей к очагу пожара непосредственно или с помощью стационарной системы с «сухотрубами».Для непосредственной подачи огнегасящих жидкостей с передвижных средств внутрь межцехового туннеля используют выходы из них и вентиляционные шахты. Если расстояния между ними превышают 30 м, то устраивают дополнительные люки.

Кабельные туннели также снабжают первичными средствами пожаротушения (огнетушителями, ящиками с песком и т. п.).

8. ПРОКЛАДКА КАБЕЛЕЙ В БЛОКАХ

Прокладка кабелей в блоках является очень надежной, но наименее экономичной по стоимости и пропускной способности кабелей. Поэтому в настоящее время такую прокладку применяют крайне редко и в основном в местах пересечения подземной кабельной трассы с различными дорогами, когда трудно применить другие более простые и дешевые способы прокладки кабелей.

Прокладка кабелей в блоках допускается, в основном, в местах пересечения с железнодорожными путями, в условиях стесненности по трассе другими подземными коммуникациями и сооружениями, при вероятности разлива металла или агрессивных жидкостей в местах прохождения кабельных линий, а также при устройстве кабельных линий в агрессивных по отношению к оболочкам кабелей грунтах или при необходимости защиты кабелей от блуждающих токов.

Для прокладки кабелей в блоках используют, как правило, двух- и трехканальные железобетонные шестиметровые по длине панели марки ПК по нормали СН308-65. Часть панелей меньшей длины (1—3 м) образуют из доборных элементов. Блоки также изготовляют из асбестоцементных безнапорных труб диаметром 100 мм по ГОСТ 1839-48 для защиты кабелей от блуждающих токов. Иногда блоки сооружают из керамических труб диаметром 150 мм по ГОСТ 286-64 в агрессивных и насыщенных водой грунтах.

За рубежом используют многоканальные пластмассовые блоки с различной формой отверстий. Для прокладки в блоках по условиям тяжения применяют небронированные силовые кабели в усиленной свинцовой оболочке, например марки АСГТ сечением 95 мм² и более при длине, не превышающей 150 м. Кабели и провода, ослабленные в результате приложения чрезмерных

усилий, при протяжке могут подвергнуться впоследствии повреждению.

Во избежание установки дополнительных соединительных муфт в колодцах следует заказывать мерные строительные длины кабелей.

При параллельной прокладке блока с трубопроводом расстояние между трубопроводом и ближайшим кабелем принимают не менее 250 мм.

При параллельной прокладке с теплопроводом расстояние между теплопроводом и ближайшим кабелем принимают не менее 2 м или теплопровод на всем участке сближения с блоком должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы дополнительный нагрев земли теплопроводом в месте прохождения кабелей в любое время года не превышал 10°С.

Габариты кабельных колодцев рассчитаны на возможность прокладки кабелей сечением 3×240 мм² с радиусом изгиба кабеля, равным 25 диаметрам кабеля, и на установку защитных разъемных кожухов (для муфт).

Количество колодцев на прямых участках блока должно быть минимальным. При этом расстояние между соседними колодцами принимают максимально возможными, исходя из строительных длин кабелей, допустимых тяжений и условий протяжки.

Составными элементами блочной прокладки кабелей являются блоки и колодцы для связи отдельных участков блока между собой (рис. 20).

Кабельные блоки. Блоки для подземной прокладки кабелей сооружают из стандартных железобетонных панелей (рис. 21). Диаметр окна для кабелей составляет 90 мм, для удобства протяжки кабелей диаметр отверстия в блоке должен не менее чем в 2 раза превышать наружный диаметр кабеля. Масса одной панели трехпустотного блока достигает 700 кг. Сравнительно небольшая длина блоков требует большого количества стыковых соединений.

Для транспортировки и укладки каждую панель снабжают двумя петлями. Из отдельных панелей составляют прямые участки блоков на различное количество окон. В зависимости от количества прокладываемых кабелей число окон в блоке может составлять от 2 до 30. Соединение труб обеспечивается наличием углублений и выступов с торцов трубы, выполненных так, что одна

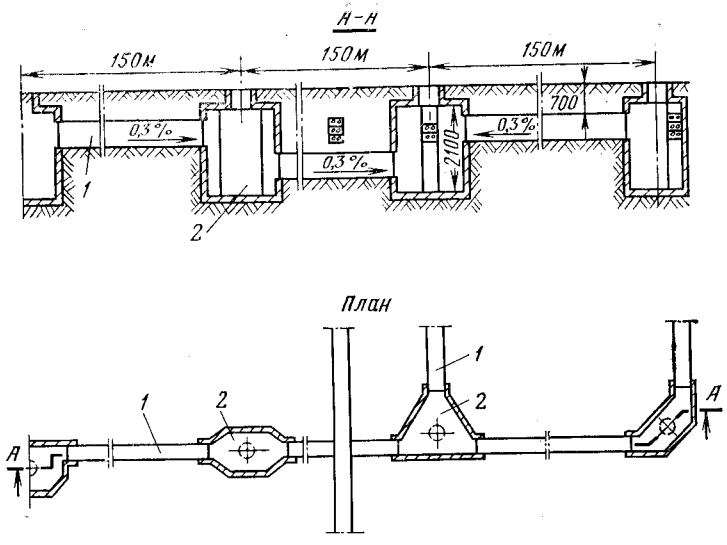


Рис. 20. План и разрез по кабельному блоку и колодцам.
1 — блок; *2* — колодец.

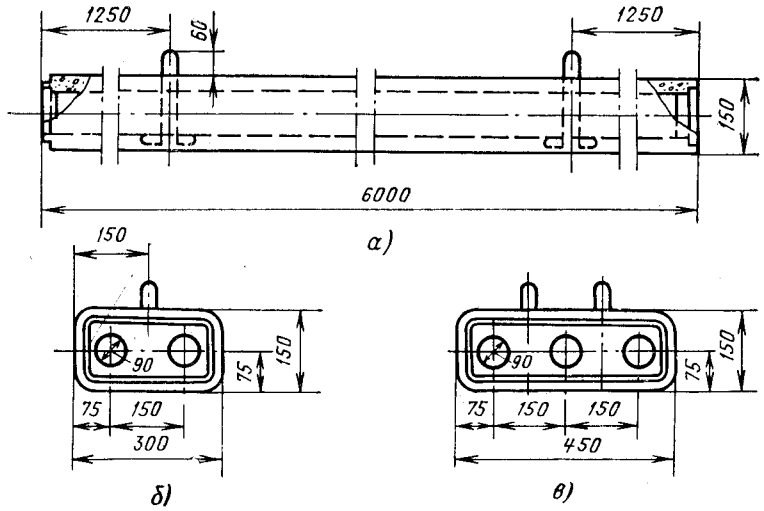


Рис. 21. Панели железобетонные для прокладки кабелей в блоках.
а — панель; *б* — панель на два канала ПК-2; *в* — панель на три канала ПК-3 (допускается изготовление доборных панелей длиной 1, 2 и 3 м).

труба немного входит в соседнюю трубу. Этим обеспечивается правильная центровка труб друг относительно друга и отсутствие острых краев в местах стыка. Во избежание попадания влаги внутрь труб места их стыков заливают снаружи цементным раствором, предварительно уложив в зазор между торцами панелей уплотняющий жгут из пакли.

В табл. 8 приведено рекомендуемое заполнение блоков кабелями, а также даны токовые нагрузки на кабели, проложенные в разных окнах блока. Резервные кабели допускается прокладывать в незанумерованных каналах блока.

Кабели, расположенные в наружных окнах блока, лучше охлаждаются и поэтому допускают бо́льшие нагрузки, чем кабели, проложенные во внутренних окнах. Приведенные величины нагрузок на кебели действительны только при условии, когда силовые кабели не прокладывают в отверстия блоков, которые в табл. 8 не обозначены цифрами. В этих отверстиях могут быть проложены кабели управления. В кабельном блоке желательно предусматривать около 10% резервных ячеек.

Параллельную укладку блоков следует осуществлять при расстоянии между ними более 3 м, так как при меньших расстояниях допустимые нагрузки на кабели должны быть снижены (примерно на 2% на каждые 0,5 м приближения.)

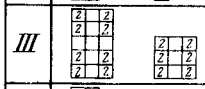
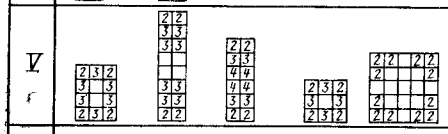
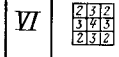
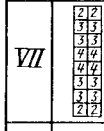
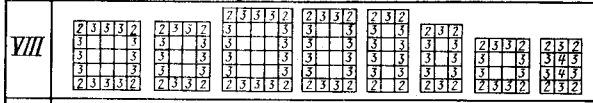
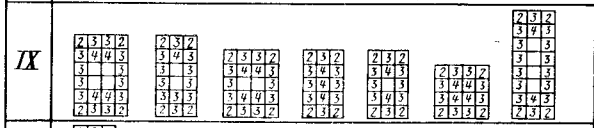
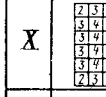
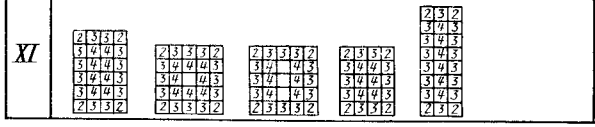
При прокладке в сухих грунтах блоки укладывают на бетонную подушку и сверху защищают слоем кирпича (рис. 22,*а*). Во влажных грунтах боковые грани блоков защищают еще тонкими кирпичными стенками (рис. 22,*б*). В обоих случаях блоки должны иметь гидроизоляцию.

Для лучшей связи блока трубы укладывают так, чтобы вышележащая труба перекрывала стык нижележащей на 200—500 мм. Блоки в горизонтальной плоскости укладывают прямолинейно, в вертикальной плоскости — с уклоном не менее 0,1% в сторону колодцев для того, чтобы вода, случайно попавшая в блоки, там не задерживалась.

Глубина заложения блоков зависит от расположения в земле по трассе блоков других подземных сооружений. По возможности учитывают также уровень грунтовых вод. Глубину заложения кабельных блоков принимают не менее 0,7 м, а при пересечении дорог не менее 1 м.

Таблица 8

Заполнение блоков кабелями

Группа	Конфигурация блоков	№ канала	Нагрузка $I_д$, А: на медные кабели 35 мм²	Нагрузка $I_д$, А: на алюминиевые кабели 95 мм²
I		1	191	147
II		2	173	133
		3	167	129
III		2	154	119
IV		2	147	113
		3	138	106
V		2	143	110
		3	135	104
		4	131	101
VI		2	140	103
		3	132	102
		4	118	91
VII		2	136	105
		3	132	102
		4	119	92
VIII		2	135	104
		3	124	96
		4	104	80
IX		2	135	104
		3	118	91
		4	100	77
X		2	133	102
		3	116	90
		4	81	62
XI		2	129	99
		3	114	88
		4	79	65

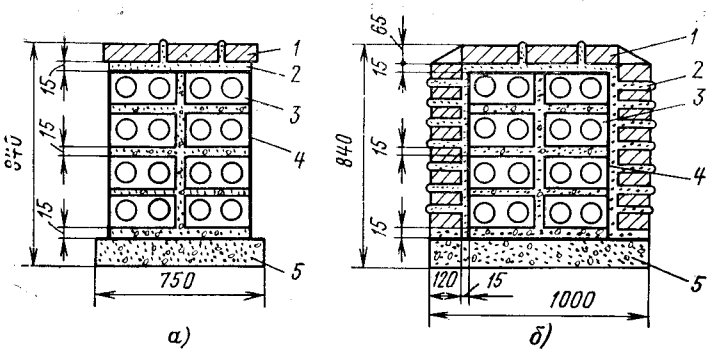


Рис. 22. Кабельные блоки.

а — в сухих грунтах; *б* — в влажных грунтах; *1* — кирпич; *2* — цементный раствор; *3* — железобетонная панель; *4* — окрасочная гидроизоляция; *5* — бетонная подготовка.

Глубина заложения кабельных блоков в производственных помещениях не нормируется.

Однако при равномерной нагрузке, превышающей 100 кН/м², на пол цеха или на поверхность земли в местах прохождения трассы блоков например, в местах складирования металла, а также при прохождении трассы под

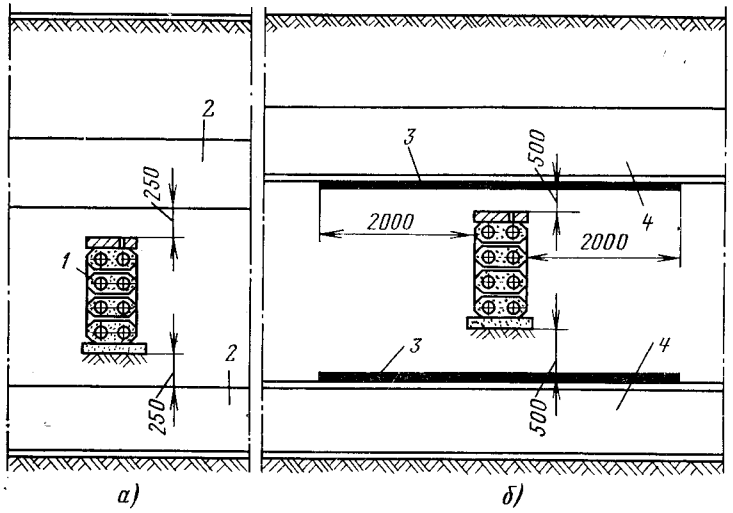


Рис. 23. Пересечение блока с другими коммуникациями.

а — с блоком, туннелем, трубопроводом; *б* — с теплопроводом; *1* — блок; *2* — блок, туннель или трубопровод; *3* — теплоизоляция; *4* — теплопровод. Теплоизоляция вдоль блока должна выступать за пределы теплопровода на 1 м с каждой стороны.

железнодорожными путями и в других подобных случаях, надо принимать меры для защиты блоков от чрезмерных нагрузок (укладывать железобетонные плиты над блоком и др.).

Трассу кабельных блоков при пересечении с дорогами прокладывают перпендикулярно их оси для того, чтобы пересечение было на коротком участке. В отдельных случаях, когда это диктуется расположением места ввода блока в здание или наличием сооружений, построенных на трассе, допускается прокладка под углом 45° по отношению к дороге.

На рис. 23 показаны узлы пересечения блоков с дорогами и подземными коммуникациями. Ввод блоков в колодцы и другие сооружения осуществляют путем непосредственной заделки их в стенки колодцев или этих сооружений.

Кабельные колодцы сооружают в местах изменения направления трассы, при ее разветвлении, в местах перехода кабелей из блока в другой вид прокладки, на протяженных прямых участках и в конце трассы, если блок не входит непосредственно в помещение.

Расстояние между колодцами обычно принимают равным не более 150 м, учитывая условия протяжки кабелей. Это расстояние может быть доведено на прямолинейных участках до 300 м, если позволяет строительная длина кабелей.

На участках, где может быть пролит расплавленный металл, например на пути транспортировки ковша с металлом, устройство колодцев не допускается. При сооружении колодцев около мест складирования готовой продукции или около тяжелых частей оборудования перекрытия колодцев соответственно рассчитывают на возможную нагрузку. В зависимости от назначения колодцы делятся на проходные и разветвительные. Проходные колодцы на прямолинейных участках — прямые, а на углах трассы — угловые с различными углами поворота 90, 120, 135 и 150°.

Разветвительные колодцы в зависимости от числа ответвлений могут быть тройниковыми с выходом блоков с трех сторон под различными углами 90, 120, 150 и 180° и крестовыми с выходом блоков с четырех сторон под углом 90°.

На рис. 24 показана форма обычно применяемых кабельных колодцев. Внутренние размеры колодцев

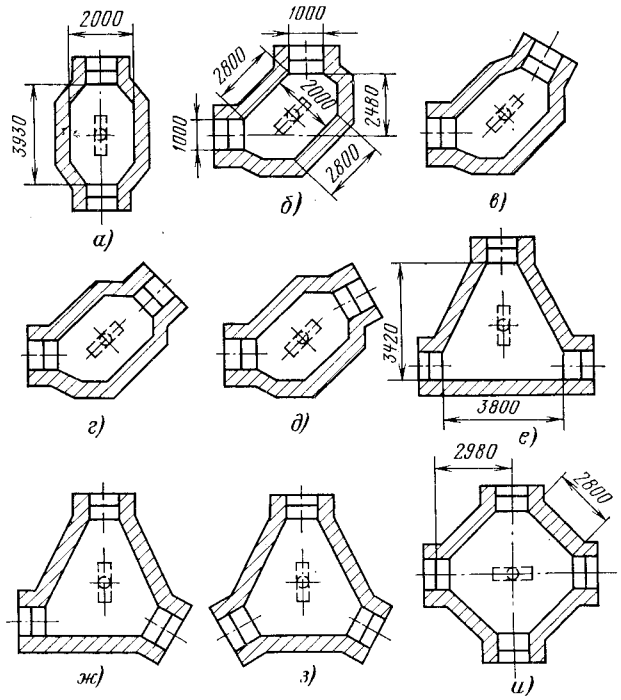


Рис. 24. Форма кабельных колодцев.

а — прямой (180°); *б* — угловой (90°); *в* — угловой (120°); *г* — угловой (135°); *д* — угловой (150°); *е* — тройниковый (90—90—180°); *ж* — тройниковый (90—120—150°); *з* — тройниковый (120—120—120°); *и* — крестовый.

должны допускать прокладку всех кабелей и муфт на конструкциях, и при этом должно оставаться свободное место для монтажа и прохода для обслуживающего персонала. Конструкция колодцев обеспечивает прокладку кабелей по обеим сторонам колодца. Минимальная высота колодцев равна 1800 мм.

Рекомендуется силовые кабели и кабели управления прокладывать по разным сторонам колодца. При прокладке по одной стороне колодца кабели управления прокладывают выше силовых.

На рис. 25 показаны разводка кабелей и установка муфт в колодце.

Кабельные колодцы, как правило, сооружают с овальными или прямоугольными люками, рассчитанными на

двустороннюю протяжку кабелей (рис. 26,*а*). Колодцы этого вида удобны в эксплуатации и позволяют более свободно протягивать кабели.

Протягивание всего кабеля длиной 300—450 м через отверстия блоков представляет известные трудности даже на прямых участках блочной трассы и связано с воз-

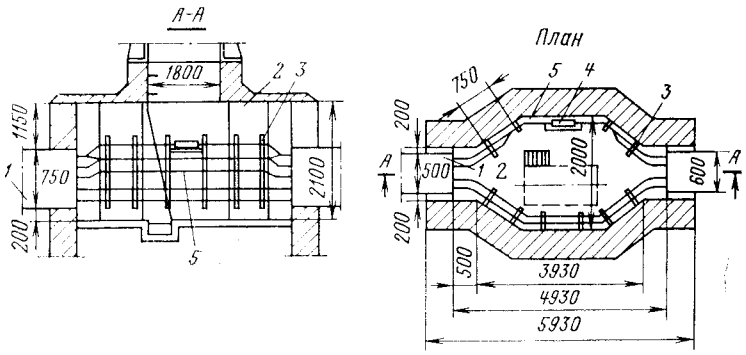


Рис. 25. Прокладка кабелей в колодце.

1 — блок; *2* — колодец; *3* — конструкция для укладки кабелей; *4* — кабельная муфта; *5* — кабель.

можностью повреждения кабеля из-за значительных сил трения между кабелем и бетонными стенками блоков. Поэтому кабели через бетонные блоки часто протягивают в двух направлениях от колодца. Однако образующуюся при этом петлю кабеля диаметром до 1500 мм невозможно протянуть через круглую горловину колодца, имеющую в диаметре 750 мм, поэтому кабель приходится разрезать, а в колодцах устанавливать соединительные муфты. Чтобы избежать установки этих муфт, нежелательных как по монтажным, так и по эксплуатационным причинам, в колодцах следует выполнять прямоугольные или овальные люки, позволяющие прокладывать кабели даже при наличии большой петли.

Устройство круглых люков (рис. 26,*б*), рассчитанных на одностороннюю протяжку кабелей, допустимо только при прокладке в блоках кабелей небольшого диаметра (до 20 мм) и при небольшой петле, а также в том случае, когда заранее предусматривают прокладку кабелей между колодцами отдельными отрезками, соединяемыми в колодцах муфтами. Люки закрывают двойными металлическими крышками.

При проведении строительных работ в колодцах устанавливают следующие закладные элементы:

металлические закладные части, предназначенные для крепления к ним кабельных конструкций;

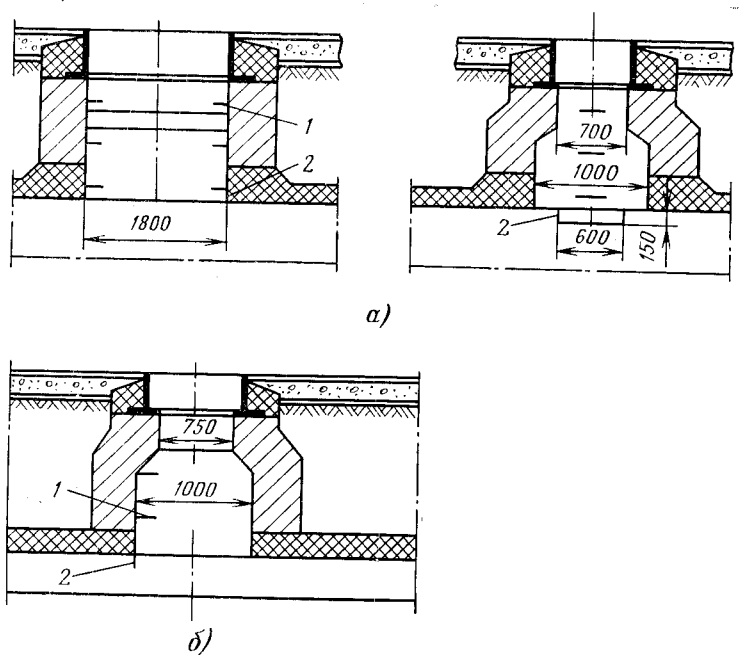


Рис. 26. Люки для кабельных колодцев.

а — прямоугольный; *б* — круглый; *1* — скоба для лазания; *2* — скоба для опоры лестницы.

монтажные петли из круглой стали, рассчитанные на натяжение до 20 кН и предназначенные для закрепления талей или блоков, способствующих протяжке кабелей;

скобы из круглой стали, предназначенные для лазания в люках и для закрепления лестницы в конце горловины люка.

Кабельные конструкции в колодцах устанавливают через каждые 750 мм. Дно колодцев всех форм имеет уклон 2% к водосборным приямкам, которые соединяют с водосборными лотками, устраиваемыми по внутреннему периметру колодца. Приямок перекрывают стальной решеткой. Воду из этих приямков периодически удаляют.

9. ПРОКЛАДКА КАБЕЛЕЙ В ТРАНШЕЯХ

Прокладка кабелй в траншеях является наиболее простой и дешевой. Она экономична также по расходу проводникового (цветного) материала, так как пропускная способность кабелей при прокладке в земле выше по сравнению с прокладкой в других средах. Однако такой вид прокладки используется для сравнительно небольшого количества кабелей и имеет недостаточно высокую надежность по сравнению с другими видами прокладок кабелей. При совместной прокладке нескольких кабелей в одной траншее ухудшаются условия охлаждения, что заставляет снижать допустимые токовые нагрузки на кабели. Этот способ прокладки практически не может быть использован при большом количестве кабелей и высокой насыщенности территории предприятия подземными и наземными коммуникациями.

Прокладка в траншеях неприемлема также в агрессивных грунтах, разрушающе действующих на оболочки кабелей, и в местах с возможными большими механическими нагрузками на поверхность земли. При прокладке в траншеях кабели недостаточно защищены от механических повреждений и нередко выходят из строя в результате всевозможных раскопок, связанных с реконструкцией предприятия, что приводит к перерыву в питании токоприемников и экономическому ущербу.

Прокладка кабелей в траншеях целесообразна только в случаях когда не потребуется последующая прокладка кабелей, поскольку это всегда связано с разрытием траншеи и необходимостью отключения ранее проложенных кабелей. Этот способ не позволяет осматривать кабели в процессе эксплуатации, затрудняет отыскание мест повреждения и производство ремонтных работ по замене кабелей и установке муфт.

Покрытие кабеля, проложенного в траншее, кирпичом или бетонными плитами не является достаточно эффективным средством защиты кабелей от механических повреждений в тех случаях, когда земляные работы выполняются механизированным способом.

За рубежом для этой цели применяют сферические желоба с ребрами жесткости, полностью накрывающими кабели и препятствующими повреждению кабелей при перемещениях грунта во время обратной засыпки траншей. В целях улучшения теплообмена эти желоба имеют

отверстия. Прокладка кабелей в траншеях является неперспективным вариантом подземной кабельной канализации. Поэтому такая прокладка постепенно ограничивается, уступая место более совершенным видам прокладки кабелей, например в каналах, туннелях и т. п.

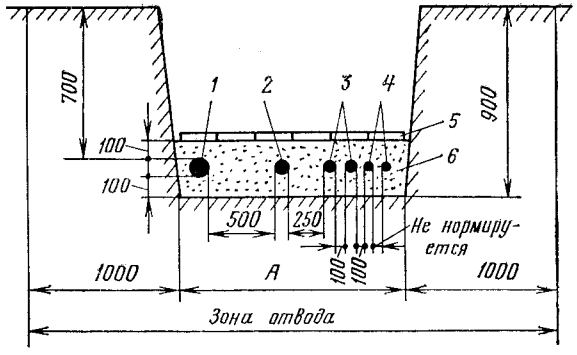


Рис. 27. Минимальные расстояния между кабелями, прокладываемыми в траншеях.

1 — кабель связи или кабель другой организации; *2* — кабель 20—35 кВ; *3* — кабель 10 кВ; *4* — контрольный кабель; *5* — железобетонные плиты или кирпичи; *6* — песок. Расстояние 500 мм можно уменьшить до 250 мм при разделении кабелей вертикальной перегородкой. Размер *A* принимают по табл. 9. В зоне отвода не допускается укладка других коммуникаций.

Прокладка кабелей в траншеях по территории промышленных предприятий рекомендуется при небольшом количестве кабелей, проложенных в одном направлении, и на незагруженных другими подземными коммуникациями участках территории (рис. 27 и табл. 9).

Ширина траншей рассчитана на прокладку в них не более шести силовых кабелей до 10 кВ или до трех кабелей 20—35 кВ. При бо́льшем количестве кабелей сооружают две параллельные траншеи с расстоянием между ними 1,2 м.

В стесненных условиях допускается прокладка в одной траншее увеличенного количества кабелей, но при этом уменьшают расстояния между кабелями и разделяют их перегородками (из кирпича) или прокладывают кабели в трубах. При большом количестве кабелей в одной траншее вводится снижающий коэффициент на допустимую токовую нагрузку. При шести кабелях этот

Таблица 9

Размеры кабельных траншей (рис. 27)

Тип	*A*, мм	Количество на 1 км траншей				Объем земляных работ на 1 км траншеи, м³
		плит размером, мм			кирпича	
		250×500	400×600	550×900		
1	150	—	—	—	4200	135
2	300	2000	—	—	8300	270
3	400	—	1660	—	12 000	360
4	500	4000	—	—	16 000	450
5	600	—	—	1110	20 000	540
6	800	6000	—	—	24 000	720
7	1000	—	—	1820	32 000	900

Примечания: 1. Защиту от механических повреждений выполняют для кабелей 20—35 кВ железобетонными плитами, а для кабелей до 10 кВ кирпичом или плитами на всем протяжении траншеи.

2. Объем земляных работ приведен для траншей с отвесными стенками. При рытье траншей с углами естественного откоса принимают соответствующие поправки.

коэффициент в зависимости от расстояний между кабелями равен 0,75—0,85. Поэтому прокладку больших потоков кабелей в траншеях ограничивают. При больших количествах кабелей на загруженных кабельными коммуникациями территориях вместо прокладки кабелей в нескольких траншеях следует рассматривать возможность объединения трасс различных кабельных линий, применяя прокладку кабелей в туннелях, каналах или блоках.

Кабели не следует прокладывать в траншеях, расположенных поблизости от дымоходов или других технологических носителей тепла, из-за возможного высыхания изоляции кабелей.

Для защиты кабелей при пересечениях или сближениях с другими подземными коммуникациями следует принимать трубы: железобетонные, асбестоцементные, керамические и пластмассовые (рис. 28 и 29). Стальные трубы применяют только в случаях, когда, например, пересечение осуществляют с помощью прокола грунта или для ввода кабеля в здание. Для компенсации температурных деформаций и возможных смещений почвы кабели в траншеях укладывают волнообразно (змейкой) с запасом 3% к общей длине трассы (рис. 30).

Некоторый запас кабеля оставляют также у муфт и около вводов в здания. Особое значение это имеет при

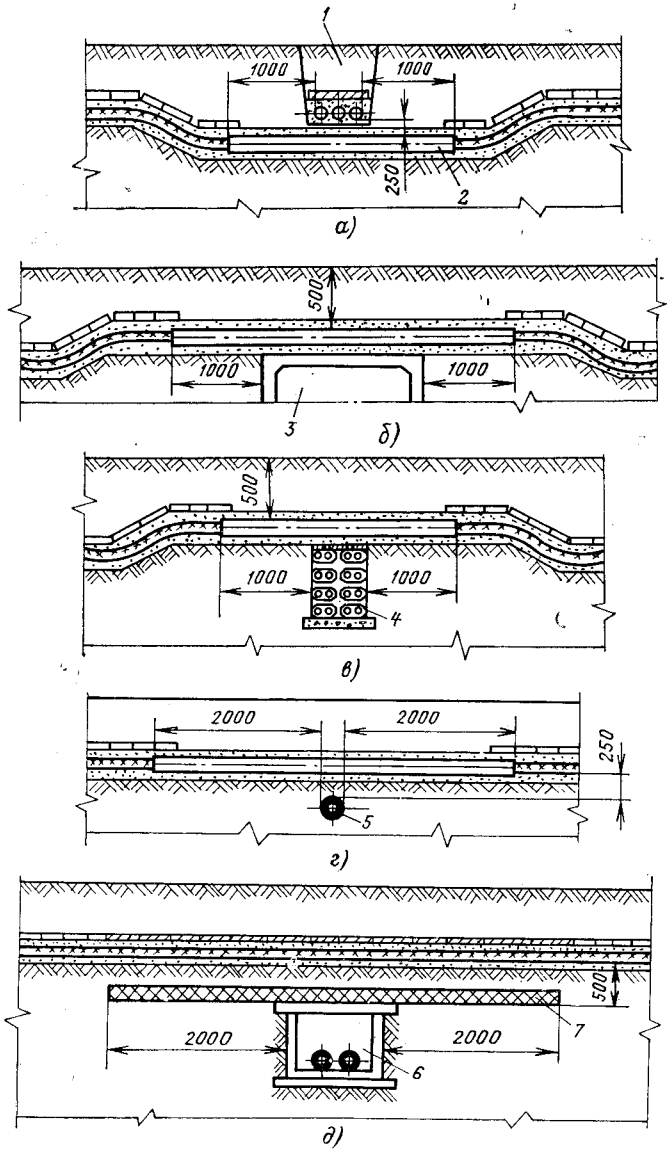


Рис. 28. Пересечения кабельных траншей с другими коммуникациями.

а — с кабельной траншеей; *б* — с кабельным туннелем; *в* — с кабельным блоком; *г* — с трубопроводом; *д* — с теплопроводом: *1* — кабельная траншея; *2* — труба; *3* — туннель; *4* — блок; *5* — трубопровод; *6* — теплопровод; *7* — теплоизоляция.

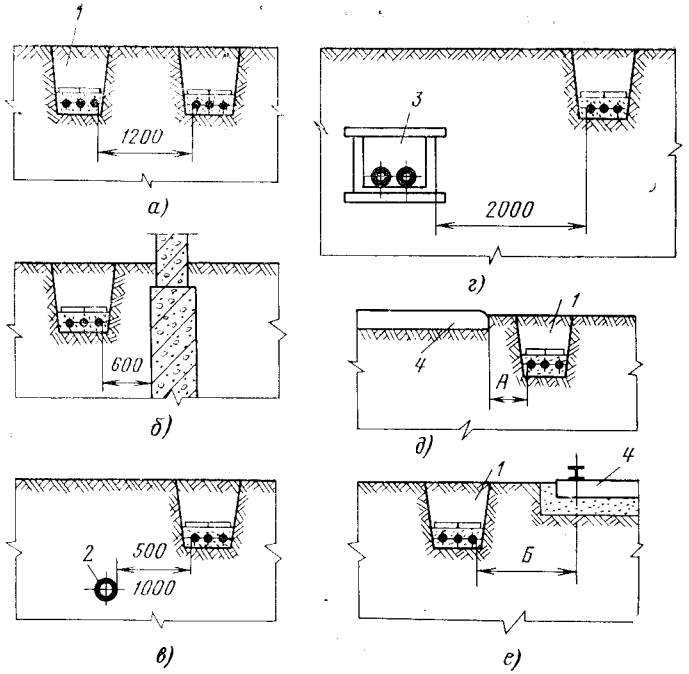


Рис. 29. Прокладка кабельных траншей параллельно коммуникациям.

а **— кабельной траншее;** ***б*** **— фундаменту здания;** ***в*** **— трубопроводу;** ***г*** **— теплопроводу;** ***д*** **— автомобильной дороге;** ***е*** **— железной дороге;** *1* **— кабельная траншея;** *2* — трубопровод; *3* — теплопровод; *4* — дорога. Размер 500 мм принимают до труб водопровода, канализации, а 100 мм — до труб нефте-и газопровода. Размер 2000 мм может быть уменьшен при теплоизоляции теплопровода. Размер *А*: 2000 мм для дорог I категории; 1000 мм для дорог II и III категорий; 750 мм для дорог IV и V категорий. Размер *Б*: 1000 мм для тепловозной тяги; 10 000 мм для электротяги.

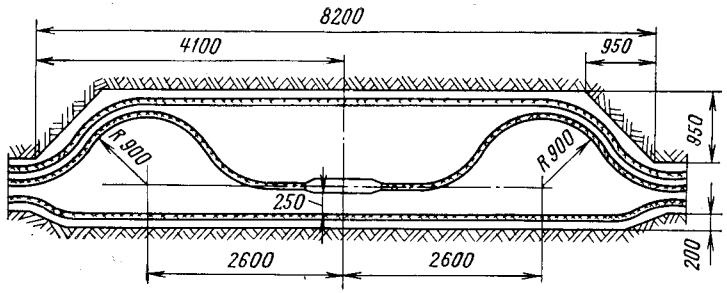


Рис. 30. Укладка соединительной муфты для кабеля до 10 кВ (в защитном кожухе).

прокладке кабелей в сейсмических районах. При прокладке кабелей на уклонах для укладки соединительных муфт предусматривают горизонтальные участки, а на крупных склонах (20—50°) устраивают специальные крепления кабелей на расстоянии не более 15 м для кабелей с ленточной броней и не более 50 м для кабелей с проволочной броней. Однако лучшим решением в этих случаях является применение специальных кабелей, допускающих прокладку на наклонных и вертикальных трассах.

10. ПРОКЛАДКА КАБЕЛЕЙ НА ЭСТАКАДАХ И В ГАЛЕРЕЯХ

Внецеховые кабельные сети до последнего времени прокладывались преимущественно в траншеях, каналах, блоках, туннелях и коллекторах, т. е. в подземных кабельных коммуникациях. Современные предприятия большой энергоемкости характеризуются значительными потоками кабелей, проложенных по сильно разветвленным трассам. Поэтому сравнительно недавно возник новый вид прокладки кабелей — надземный. В настоящее время на крупных промышленных предприятиях широко внедряют прокладку кабелей — выше уровня земли — на открытых эстакадах или в крытых галереях.

Прокладку кабелей на эстакадах и в галереях применяют, когда территория промышленных предприятий и особенно химических и металлургических крайне насыщена технологическими и другими подземными коммуникациями, что весьма затрудняет прокладку кабелей под землей.

Высокая агрессивность почвы по отношению к оболочкам кабелей на некоторых предприятиях также затрудняет подземную прокладку кабелей, например в траншеях, уязвимых со стороны химически активных сред. Возможность скопления взрывоопасных газов (тяжелее воздуха) на территориях химических предприятий препятствует прокладке кабелей, например в каналах и туннелях. Однако в условиях химических предприятий кабели, проложенные на эстакадах и в галереях, могут подвергаться нежелательным воздействиям атмосферы, содержащей газы, агрессивные по отношению к оболочкам кабелей.

Исходя из этого предпочтительным является применение, например, кабелей марки ААШв в алюминиевой оболочке, защищающей кабель от механических повреждений и покрытой защитной пластикатовой пленкой для предохранения от воздействия неблагоприятной окружающей среды. Возможно также применение бронированных кабелей марок АСБГ, ААБГ (без джутового покрова).

Эстакады (рис. 31) и галереи (рис. 32) могут быть сооружены для двусторонней и односторонней прокладок кабелей. Однако стоимость строительной части односторонних эстакад и галерей незначительно меньше стоимости аналогичных сооружений для двусторонней прокладки кабелей, в которых можно уложить почти вдвое больше кабелей. Открытые эстакады применяют в основном для южных районов страны, не подверженных снегопадам. Двусторонние эстакады применяют для 20—30 силовых кабелей, а двусторонние галереи — для 50—60 силовых кабелей. Иногда для большого количества кабелей (100—120) сооружают сдвоенные (трехстенные) галереи. Эстакады и галереи создают наибольшие удобства при монтаже и эксплуатации кабельных прокладок. Их применение обеспечивает достаточную емкость кабельных сооружений и бо́льшую сохранность кабелей, чем любой вид подземной кабельной канализации. Использование эстакад и галерей позволяет вести работы по прокладке кабелей независимо от состояния готовности работ по сооружению подземных технологических и других коммуникаций, осуществляемых смежными организациями.

Прокладка кабелей на эстакадах и в галереях обеспечивает большую надежность по сравнению с подземными видами кабельной канализации, возможность внешнего осмотра, быструю замену и ремонт кабелей, меньшую возможность механических повреждений кабелей, лучший отвод тепловыделений благодаря естественной вентиляции. Однако прокладка кабелей на эстакадах и в галереях является весьма дорогостоящей и может быть оправдана лишь для прокладки больших потоков кабелей. Эстакады и галереи, сооружаемые на действующих (реконструируемых) предприятиях, могут загромождать проезды и затруднить работу внутризаводского транспорта, в некоторых случаях нарушить гармоничность общего вида предприятия.

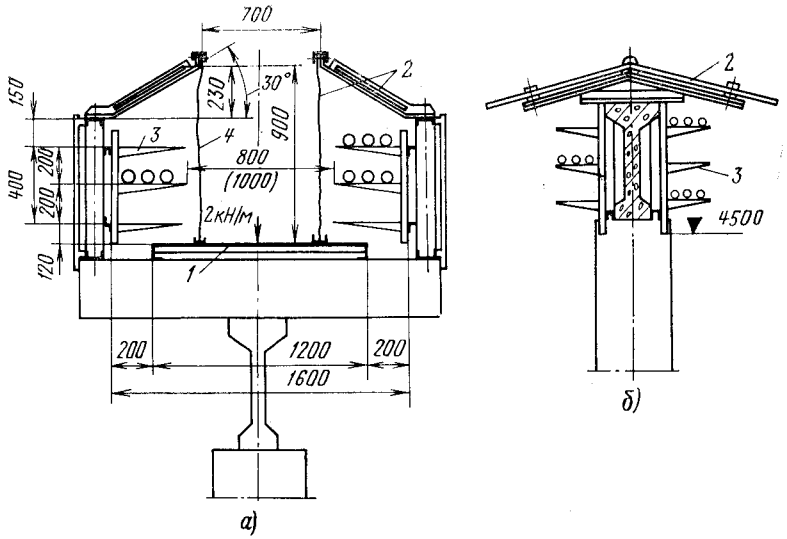


Рис. 31. Кабельные эстакады.

а — проходная; *б* — непроходная; *1* — настил; *2* — солнцезащитная панель (козырек); *3* — кабельная конструкция; *4* — ограждение (размеры в скобках указаны при отсутствии солнцезащитных панелей).

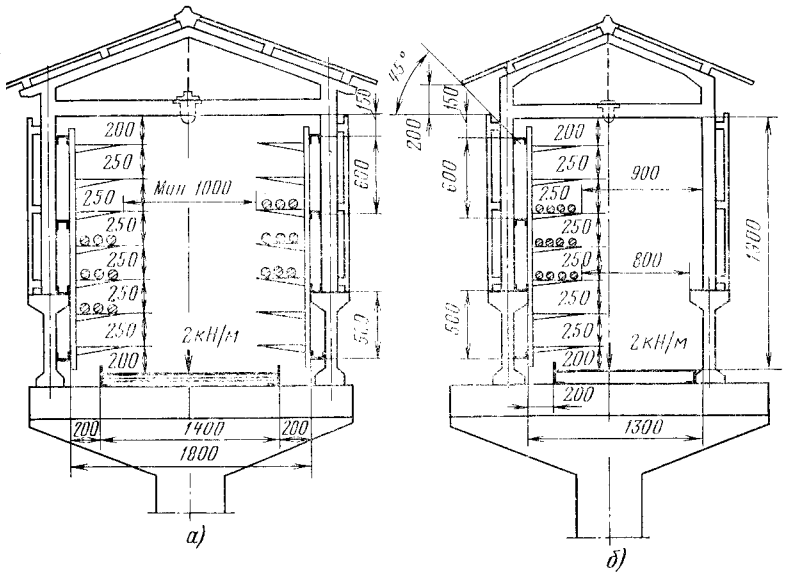


Рис. 32. Кабельные галереи.

а — двусторонняя; *б* — односторонняя.

Эстакады могут быть специальными, предназначенными только для прокладки кабелей, и технологическими, на которых кабели прокладывают совместно с технологическими трубопроводами. При ограниченном количестве коммуникационных коридоров предприятия более целесообразной является прокладка кабелей на технологических эстакадах, которая с успехом применяется на некоторых предприятиях. Совместная прокладка кабелей с технологическими трубопроводами, особенно при небольшом количестве кабелей, является наиболее экономичным видом кабельной канализации, поскольку в этом случае не требуется сооружения специальных эстакад для кабелей и выделения отдельной полосы отчуждения для них, что в условиях обычно перегруженного заводского генплана всегда трудно выполнимо.

Однако по эксплуатационным условиям при больших количествах кабелей предпочтение следует отдавать специальным кабельным эстакадам, обслуживание которых не зависит от технологов. Небольшое количество кабелей прокладывают совместно с технологическими трубопроводами на общих эстакадах везде, где их трассы совпадают.

При этом взаимное размещение трубопроводов и кабелей необходимо предварительно согласовать с технологами. При прокладке кабелей на технологических эстакадах кабели по возможности прокладывают со стороны трубопроводов с негорючими веществами, а также ниже или выше трубопроводов в зависимости от плотности горючих паров или газов в этих трубопроводах, а именно прокладывают ниже при плотности менее 0,8 по отношению к воздуху и выше при плотности более 0,8. В случаях прорыва технологических трубопроводов кабели, расположенные в непосредственной близости от них, подвержены воздействию агрессивных продуктов. Поэтому в любом случае нежелательно соседство кабелей с технологическими трубопроводами, несущими пожаро- или взрывоопасные жидкости или газы. Здесь очень важным является выбор зон размещения кабелей на технологических эстакадах с тем, чтобы исключить влияние последствий аварий с технологическими трубопроводами на кабельные сети. Полоса отчуждения под кабельную эстакаду или галерею должна быть шире самой эстакады на 2 м (по 1 м с каждой стороны от наиболее выступающих конструктивных элементов эста-

кад). В этой полосе не допускается производство земляных работ. При пересечении кабельных эстакад и галерей с другими сооружениями расстояния по вертикали от нижних элементов эстакад или галерей до пересекаемых сооружений принимают не менее, м:

До головки рельса неэлектрифицированных железнодорожных путей	6
До головки рельса электрифицированных железнодорожных путей	12
До полотна автодороги	4,5
До паропроводов и трубопроводов с горячей водой	1
До прочих трубопроводов, кроме трубопроводов с горючей жидкостью и маслопроводов	0,5

На непроезжей части территории высота расположения эстакад и галерей может быть снижена по согласованию с технологами.

Расстояния между параллельно проложенными кабелями и трубопроводами принимают не менее 0,5 м.

При пересечениях эстакад соблюдают также следующие условия:

Кабельные эстакады и галереи могут пересекать технологические эстакады, по которым транспортируют легко воспламеняющиеся жидкости или горючие газы как сверху, так и снизу независимо от плотности транспортируемых газов.

При количестве кабелей до 15 шт. в месте пересечения кабельную эстакаду на этом участке можно не сооружать, заменив ее прокладкой кабелей в трубном блоке или коробе, проложенных открыто.

На участке пересечения плюс 1,5 м в обе стороны за внешние габариты технологической эстакады кабельный участок трассы выполняют в виде галереи.

На участке пересечения технологические эстакады не должны иметь ремонтных площадок, а на технологических трубопроводах не должно быть разъемных соединений, компенсаторов, трубопроводной арматуры, отпаек.

В местах пересечения на кабелях не устанавливают кабельные муфты.

В необходимых случаях кабели защищают от перегрева. Трасса кабельных эстакад и галерей предпочтительно должна проходить параллельно оси координатной сетки генплана с углами поворота в 90°. Как исключение допускается угол поворота 135°.

Пролеты между опорами эстакад и галерей применяют в основном 12 м и реже 6 м. На переходах и поворотах трасс иногда выполняют нестандартные пролеты. Вводы эстакад и галерей в здания могут быть выполнены с помощью спуска кабелей через шахту, соединенную со зданием коротким подземным туннелем или путем непосредственного примыкания эстакады или галереи к зданию, если имеется возможность удовлетворительного распределения потоков кабелей внутри здания.

Кабели, проложенные на эстакадах, должны иметь защиту от прямых солнечных лучей за исключением эстакад, сооружаемых в районах севернее 68-й параллели, при условии, что кабели в этом случае приняты бронированными. Солнцезащитные козырьки следует рассчитывать на ветровую и в необходимых случаях также на снеговую нагрузку, что значительно усложняет и удорожает конструкции эстакад.

Дальнейшие исследования в части защиты кабелей от солнечной радиации позволят выяснить необходимость в солнцезащитных устройствах на большей части территории страны.

В крытых галереях предусматривают постоянное электрическое освещение, необходимое для производства ремонтных работ на кабельных линиях. На открытых эстакадах для этой цели используется обычно имеющееся освещение территории. Если оно оказывается недостаточным, то на эстакадах предусматривают штепсельную линию для питания переносных светильников. Кабельные конструкции (стойки), установленные в галереях и на эстакадах, должны быть заземлены.

Кабельные галереи и эстакады рассчитывают на возможность дополнительной прокладки кабелей в количестве около 10%.

В полу галерей следует предусматривать монтажные проемы для подъема кабельных конструкций, выполненных в виде крупных блоков. Полы (настилы) эстакад и галерей могут быть сплошными или решетчатыми. Протяженные кабельные галереи следует разделить на отсеки не более 150 м с отделением их несгораемыми перегородками для локализации возможного пожара.

Высокая стоимость сооружения специальных кабельных эстакад и галерей для сравнительно небольшого количества кабелей определяется использованием для этой цели строительных элементов технологических эстакад,

имеющих мощные строительные конструкции. Эти конструкции рассчитаны на нагрузки от технологических трубопроводов, значительно превышающие нагрузки от кабельных сооружений.

Во многих случаях, по-видимому, можно применять металлические элементы строительной конструкции эстакад и галерей вместо железобетонных, утяжеляющих сооружение и придающих ему громоздкий вид.

При этом металлические основные несущие конструкции должны иметь защиту, обеспечивающую предел огнестойкости защищаемых конструкций не менее 0,75 ч. Для этого металлические основные несущие строительные конструкции (колонны, фермы) отделяют от собственно галерей и эстакад железобетонными плитами. Отдельные конструкции, разрушение которых не приводит к разрушению всего оборудования, могут выполняться из материалов с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч. Разработка специально предназначенных для прокладки кабелей строительных элементов эстакад и галерей приведет к снижению их общей стоимости.

Применение кабельных эстакад и галерей становится все более желательным особенно в условиях, когда конкурирующие с ними подземные кабельные туннели требуют применения более сложных и дорогостоящих устройств по пожаротушению и вентиляции.

Кабельные эстакады и галереи не требуют специальных устройств для автоматического пожаротушения и механической вентиляции.

Для тушения пожара в галереях и на эстакадах могут быть использованы передвижные средства подобно тому, как это выполняют для межцеховых подземных кабельных туннелей (см. § 7).

В галереях предусматривают автоматическую пожарную сигнализацию.

Благодаря расположению эстакад и галерей на значительной высоте (выше 2 м) не требуется защита кабелей от внешних механических повреждений, поэтому ограждающие строительные конструкции могут быть выполнены несплошными и облегченными, что обеспечивает достаточно хорошую естественную вентиляцию галерей.

Наряду с проходными эстакадами и галереями, имеющими для монтажа и обслуживания площадки (мостики) и используемыми для сравнительно большого

количества кабелей, могут применяться для небольшого количества кабелей (до 15) непроходные эстакады типа «свечек», на которых кабели подвешивают, как показано на рис. 31,*б*.

Отсутствие мостиков обслуживания в этом случае затрудняет монтаж и эксплуатацию кабелей, особенно в труднодоступных местах. При этом имеется в виду, что монтаж кабелей, ремонтные работы и эксплуатация производятся с помощью специальных машин — вышек, оборудованных соответствующими механизмами, и имеются подъездные пути для машин. Такую подвеску кабелей можно осуществить и на технологических эстакадах. Ее можно широко использовать на коротких участках ответвлений от основных эстакад и галерей.

При большом количестве кабелей при этом варианте возможно сооружение вдоль трассы подвески кабелей металлических мостиков обслуживания. Однако стоимость сооружения при этом получается соизмеримой со стоимостью сооружения проходных эстакад или галерей.

Вдоль технологических эстакад, как правило, имеются проезды, используемые для производства монтажных и ремонтных работ. В этих случаях и для кабелей, подвешенных на этих эстакадах, также легче обойтись без специальных мостиков обслуживания при условии, что монтаж кабелей будет производиться с помощью специальных механизмов установленных на автомашинах.

Наиболее целесообразным является сочетание прокладки кабелей в галереях с использованием на совмещенных трассах технологических эстакад, а вдоль проездов и на ответвлениях — непроходных эстакад, обслуживаемых с машин.

11. ПРОКЛАДКА ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ В ТРУБАХ

В электротехнических помещениях, где прокладывают около 60—70% всех кабельных коммуникаций, прокладка проводов и кабелей в трубах постепенно вытесняется открытыми видами прокладок кабелей на конструкциях и лотках.

В производственных цехах, например, металлургических заводов и, в частности, в прокатных цехах еще широко применяют прокладку проводов и кабелей в стальных

трубах. Эти трубы заблаговременно при выполнении строительных работ укладывают в фундаменты технологического оборудования.

Электропроводки в трубах имеют следующие преимущества: возможность прокладки проводов по кратчайшей трассе, что трудно выполнить другим путем, учитывая наличие массивных фундаментов под оборудование; надежность в эксплуатации, обусловленную защитой проводов от механических и внешних тепловых воздействий; повреждение проводов, уложенных в одной трубе, не вызывает повреждения проводов, уложенных в соседних трубах; возможность сравнительно легкой замены поврежденных проводов новыми путем их протяжки в резервные трубы.

Кроме того, по условиям пожарной безопасности не существует такого способа прокладки кабелей, который мог бы успешно конкурировать с прокладкой кабелей в трубах.

Все это, несмотря на значительный расход труб (например, на прокатный стан требуется от 30 до 40 км труб диаметром до 80 мм), заставляет сохранить прокладку проводов и кабелей в трубах в фундаментах крупного технологического оборудования (например, прокатных станов),где другие способы прокладки сильно усложнили бы строительную часть установки.

Однако из-за применения неоцинкованных труб снижается надежность этого вида прокладки, что заставляет искать новые способы прокладки проводов и кабелей с использованием небольшого количества труб или вовсе без них.

Эти поиски стимулируются еще и тем, что накопленный за последнее время опыт эксплуатации заставляет рассматривать прокладку в трубах, особенно при недостаточно герметизированных стыках, преимущественно как защиту проводов от механических повреждений, но не как защиту от воздействия среды.

Неблагоприятные почвенные условия: агрессивность и высокий уровень грунтовых вод — сокращают срок службы труб электропроводки. Трубы, уложенные в бетоне в фундаментах, сохраняются более длительный период.

Чтобы уменьшить значительный расход труб для электропроводки, цепи различного назначения объединяют в одной трубе.

По условиям надежности в общей трубе лучше прокладывать цепи, относящиеся к одному приводу или к нескольким технологически связанным приводам одного агрегата (кроме взаимно резервируемых). При этом силовые провода и провода управления можно прокладывать вместе. В одной трубе прокладывают также сигнальные цепи для различных приводов. В общей трубе нельзя прокладывать совместно цепи до 65 В и выше.

Для замены стальных труб найдут применение прочные неметаллические трубы, например винипластовые и другие, пригодные для прокладки проводов и кабелей.

Пластмассовые трубы легко транспортируют, обрабатывают и соединяют между собой, они имеют гладкую внутреннюю поверхность, что позволяет уменьшить усилия при протяжке кабелей.

Заслуживает также внимания применение перекрытий из сборных пустотелых железобетонных или ячеистых металлических плит, позволяющих прокладывать кабели в пределах этих перекрытий.

Выбор труб. Для прокладки проводов и кабелей применяют стальные водо-газопроводные трубы. Трубы изготовляют длиной 6 м и более и поставляют с резьбой на обоих концах и навернутой муфтой на одном конце. Для экономии металла и предохранения труб от коррозии желательно применять тонкостенные оцинкованные трубы. Эти трубы находят применение как в открытых прокладках по механизмам и конструкциям, так и в скрытой прокладке, если отсутствуют значительные механические нагрузки, например при прокладке в пределах одного фундамента. В открытых прокладках найдут применение лакированные трубы.

Большое значение имеет правильный выбор диаметра труб. Завышенный диаметр ведет к излишнему расходу металла, а заниженный создает трудности при протяжке проводов. Поэтому должны соблюдаться определенные соотношения между внутренними диаметрами труб и внешними диаметрами проводов. Эти соотношения определяются допустимыми по условиям протяжки проводов коэффициентами заполнения трубы.

На рис. 33 указаны соотношения между диаметрами труб и проводов при прокладке различного количества проводов одинакового сечения. Эти соотношения действительны для труб длиной до 50 м при трех изгибах.

Для определения диаметра трубы учитывают коэффициент заполнения сечения трубы. Этот коэффициент в зависимости от длины трубы и количества изгибов принимают равным 0,45—0,65. Рекомендуется коэффициент 0,65, т. е. площадь сечения одного провода или окружности, описанной вокруг группы проводов, не должна превышать 65% от площади внутреннего сечения трубы.

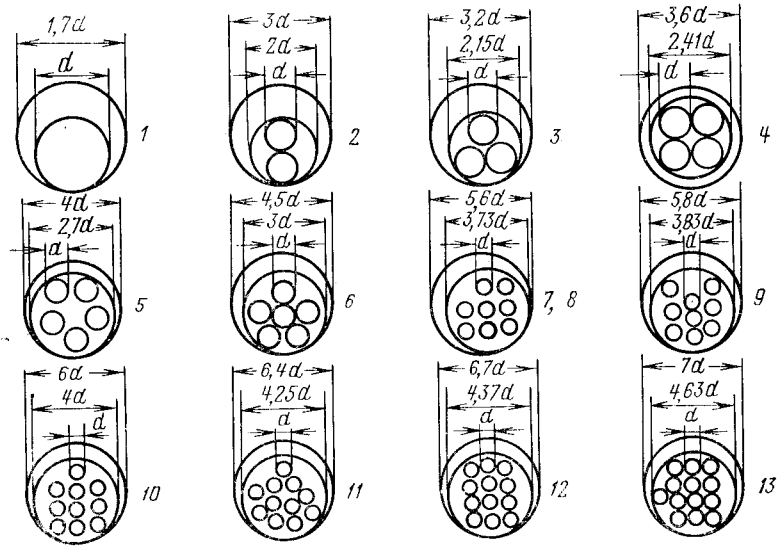


Рис. 33. Диаметры труб для прокладки проводов (d — внешний диаметр провода); цифры на рисунке показывают число проводов в трубе.

Например, в прокатных цехах, где прокладывают значительное количество проводов (до 200 км и более), приходится более жестко подходить к выбору диаметров труб. Практически трубы для проводов различных марок, жильности и сечений выбирают по нормативным материалам.

При совместной прокладке в одной трубе двух или нескольких проводов или кабелей разного диаметра наибольшую допустимую площадь заполнения сечения труб проводами C выбирают в зависимости от суммы площадей поперечных сечений всех проводов

$$C \geqslant n_1 d^2_1 + n_2 d^2_2 + n_3 d^2_3 + \ldots + n_m d^2_m,$$

где n_1, n_2, ..., n_m — число проводов одинакового сечения;

d_1, d_2, ..., d_m — наружные диаметры проводов соответствующих сечений, мм.

В соответствии с существующим сортаментом рекомендуется применять трубы диаметром 15, 20, 25, 40, 50, 70, 80 и 100 мм; трубы диаметром 15 и 20 мм следует применять только для разводок по механизмам и для мелких поделок.

Для прокладок в фундаментах и в грунте, а также в местах складирования готовой продукции, где возможна передача на трубы значительных механических нагрузок, следует применять трубы диаметром не менее 25 мм. В пределах подливки, например в электромашинных помещениях, если прокладка многослойная, следует применять трубы диаметром не более 50 мм. В виде исключения используют трубы диаметром 70 мм. В пределах цеха для прокладки в фундаментах и в грунте применяют трубы диаметром не более 80 мм, так как трубы бо́льшего диаметра с трудом поддаются изгибу. Трубы диаметром 100 мм используют преимущественно на прямых участках, например для спусков от магистралей к шкафам станций управления.

В связи с нарастающим внедрением кабелей с алюминиевыми жилами в однопроволочном исполнении при выборе труб для их прокладки следует учитывать, что такие кабели характеризуются повышенной жесткостью и поэтому требуют при протяжке в трубах увеличения диаметров труб и радиусов их изгиба.

Для таких кабелей (со сплошными жилами) сечением 3×25 мм² и более отношение внутреннего диаметра трубы к наружному диаметру кабеля должно быть не менее 1,8—2,3 в зависимости от сложности трассы, определяемой количеством и величиной углов изгиба труб и ее длиной.

Для кабелей сечением 3×16 мм² и менее отношение диаметров труб и кабелей не зависит от конструкции жилы и выбирается по-прежнему в пределах 1,25—1,65.

Учитывая максимальный диаметр труб, обычно применяемых для скрытых прокладок (80 мм), сечение кабелей с однопроволочными жилами ограничивают до 3×120 мм².

При необходимости прокладки в трубах таких кабелей больших сечений (3×150 мм² и выше) принимают кабели меньшего сечения, увеличивая при этом их общее количество на линию.

При протяжке в трубах кабелей с однопроволочными жилами сечением 25 мм² и выше требуется предусматривать радиусы изгиба труб и соответственно кабелей не менее 25 диаметров кабеля (приблизительно 800 мм для кабелей сечением до 3×70 мм² и 1000 мм для кабелей сечением до 3×120 мм²).

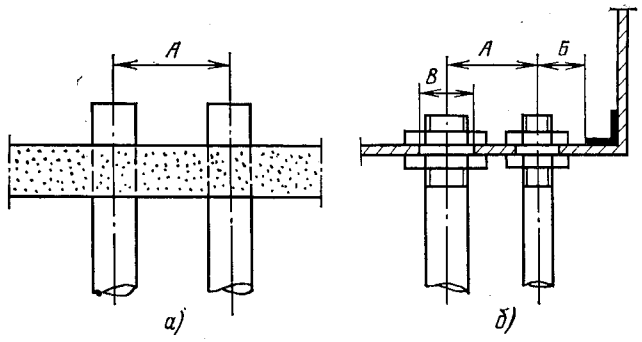


Рис. 34. Расстояния между трубами (размеры по табл. 10).

а — при подводе труб к оборудованию; *б* — при вводе труб в коробки. Размер *А* учитывает наличие соединительных муфт на трубах.

Привязка труб. Правильная привязка труб к электрооборудованию обеспечивает удобство подвода и присоединения проводов к внешним зажимам оборудования.

Если к оборудованию подходит несколько труб, то расстояния между ними зависят от диаметра труб и способа их крепления у мест выхода (рис. 34 и табл. 10).

Для обеспечения удобного подвода проводов к электрооборудованию необходимо учитывать следующее.

У мест выхода к электрооборудованию трубы по возможности располагают в один ряд. При расположении труб в два ряда можно размещать их в шахматном порядке. Количество рядов труб более двух не рекомендуется.

При разбивке труб у силовых щитов или пунктов нужно учитывать местоположение внешних силовых зажимов аппаратов, к которым должны быть присоединены провода.

При разбивке труб у панелей станций управления трубы с силовыми цепями располагают ближе к краю пане-

Таблица 10

Расстояние между трубами электропроводки (рис. 34)

Диаметр трубы, мм	*А*, мм, при диаметре трубы, мм									*Б*, мм	*В*, мм
	15	20	25	30	40	50	70	80	100		
15	35/45	40/50	50/55	55/65	55/65	60/70	70/85	75/90	90/105	25	23
20	40/50	40/55	50/60	55/65	55/70	65/75	70/90	75/95	90/110	25	28
25	50/55	50/60	50/65	55/70	60/70	65/80	70/90	80/95	95/115	30	35
30	55/65	55/65	55/70	65/75	65/75	75/85	75/95	85/100	100/120	35	44
40	55/65	55/70	60/70	65/75	65/80	75/90	80/100	85/105	105/125	40	50
50	60/70	65/75	65/80	75/85	75/90	80/95	85/110	95/115	110/130	50	62
70	70/85	70/90	70/90	75/95	80/100	85/110	90/120	100/125	115/145	60	78
80	75/90	75/95	80/95	85/100	85/105	95/115	100/125	110/130	125/150	65	91
100	90/105	90/110	95/115	100/120	105/125	110/130	115/145	125/150	140/165	85	117

Примечание. В числителе дано расстояние при подводе труб к оборудованию (рис. 34, *а*), в знаменателе — при вводе труб в коробку (рис. 34, *б*).

ли для возможности крепления силовых цепей обычно большого сечения к каркасу панели.

При разбивке труб у панелей управления, сигнализации или релейных панелей следует учитывать расположение наборов зажимов вторичной коммутации, а именно, при вертикальном наборе зажимов трубы располагать ближе к краю панели, а при горизонтальном — равномерно по ширине панели. Такая разбивка труб позволяет упростить раскладку проводов вторичной коммутации в пределах панелей.

При разбивке труб у пультов для командоконтроллеров и при отсутствии набора зажимов трубы располагают по оси командоконтроллеров.

При разбивке труб у ящиков сопротивлений трубы необходимо располагать против стыков между отдельными стойками ящиков; подводящие провода крепят к стойкам и не мешают замене ящиков.

К двигателям типов МТК и МТ трубы могут подводиться либо с одной, либо с другой стороны, так как выводы у этих двигателей расположены сверху. У остальных двигателей выводы расположены слева (если смотреть со стороны механизма) для двигателей типа ДП и справа — для двигателей типа А. Вывод труб к двигателю делают вблизи него, обеспечивая удобство присоединения к зажимам и их защиту от возможных повреждений (например, для двигателей типа ДП, поставляемых без коробок зажимов).

Трубы, подводимые к электрооборудованию, расположенному в цехе, должны быть привязаны в горизонтальной плоскости в двух проекциях к осям колонн здания, к разбивочным осям цеха или к главным осям технологического оборудования, т. е. к осям, по которым осуществляют строительные работы и монтаж оборудования. Кроме того, для удобства проверки трубы привязывают к ближайшему фундаментному болту. Кроме привязок труб в местах выхода к оборудованию, необходима также привязка труб по профилю трассы, т. е. привязка глубины заложения труб в фундаментах или в грунте.

Если трубы уложены в подливке, то нужны привязки слоя, в который укладывают трубу. Глубина заложения труб в цехе должна быть минимальной , это сокращает длину труб и проводов; рекомендуется прокладывать трубы на отметке 800 мм для предотвращения деформации труб при возможном продавливании грунта. Более глубокое заложение труб диктуется особенностями фундаментов; например, наличием глубоких приямков, большого количества длинных фундаментных болтов, частой арматурой и др.

В последнее время получил распространение новый способ установки фундаментных болтов, когда в готовом фундаменте после установки оборудования через отверстия, имеющиеся в опорных частях этого оборудования, с помощью специального инструмента образуют отверстия в бетонном (или железобетонном) массиве фундамента на глубину, равную длине болта (около 10 диаметров болта). Затем в это отверстие вводят эпоксидный клей и устанавливают прямые гладкие болты.

При таком способе установки фундаментных болтов могут быть повреждены трубы электропроводки, предварительно заложенные в фундаменты. Поэтому в этих случаях трубы электропроводки, как правило, прокладывают вне зоны расположения фундаментных болтов. В случае, если трубы прокладывают в зоне расположения болтов, их следует размещать ниже уровня отверстий, выполняемых для фундаментных болтов. При этом отметка прокладки труб электропроводки делается ниже отверстий для болтов не менее чем на 200 мм.

Высоту выхода труб в цех определяют по высоте расположения электрооборудования. Чтобы уменьшить повреждения труб при монтаже оборудования, их выводят над поверхностью пола не более чем на 200 мм.

Всегда нужно стремиться к тому, чтобы возможно меньший участок проводов оставался вне трубы. Провода на этих участках защищают от механических повреждений гибкими металлическими рукавами (шлангами). Если в одной трубе проложены провода к нескольким рядом расположенным токоприемникам или к разному электрооборудованию одного механизма, например к двигателю, тормозу и путевику, то на конец трубы насаживают переходную коробку, от которой провода прокладывают к месту назначения в гибких металлических рукавах. Гибкие металлические рукава позволяют компенсировать возможные неточности в выводах труб по отношению к установленному оборудованию.

Трасса труб. Трубы для электропроводки прокладывают по кратчайшему пути с наименьшим количеством изгибов. При этом следует предусматривать общие трассы для труб, идущих в одном направлении. Это сокращает монтажные и земляные работы.

Одна нитка трубной прокладки (рис. 35) обычно состоит из прямых целых труб, колен на поворотах трассы и прямых доборных отрезков, необходимых в тех случаях, когда нитка трубы не может быть составлена только из целых труб. Трубы соединяют между собой муфтами с винтовой нарезкой.

Общая допустимая длина трубы зависит от количества колен и их углов на поворотах трассы. Условия протяжки проводов тем легче, чем короче труба и чем меньше в ней изгибов. При большой длине труб или большом количестве изгибов нужно либо увеличивать на одну ступень диаметр труб, либо устанавливать протяжной ящик.

Сумма углов поворота трубы электропроводки не должна превышать 360°.

Изменение направлений трубной трассы и различные препятствия на пути прокладки труб, а также желание объединить трубы в общие потоки приводят к необходимости гнуть трубы.

Радиусы изгиба труб выбирают по условиям удобства протяжки кабелей и проводов. При прокладке в трубах наиболее часто встречающихся проводов мар-

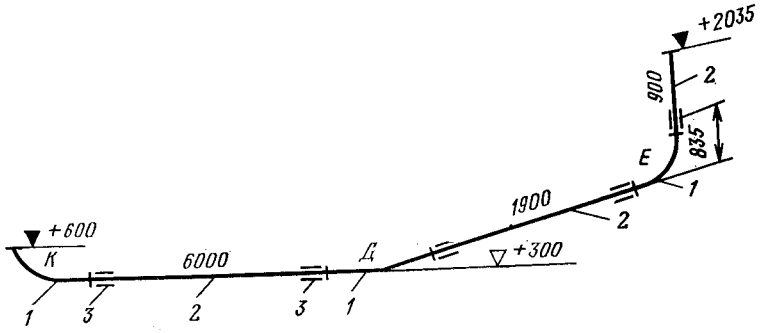


Рис. 35. Нитка трубной разводки.
1 — стандартное колено; *2* — прямой участок трубы; *3* — соединительная муфта.

ки АПРТО или кабелей АВРГ и АНРГ в многопроволочном исполнении принимают следующие радиусы изгибов труб: для открытых прокладок (например, по конструкциям здания) шестикратный радиус изгиба по отношению к наружному диаметру трубы; для скрытых прокладок в фундаментах, грунте или перекрытии десятикратный радиус изгиба. Кроме радиуса изгиба, место поворота трубы характеризуется углом изгиба. Углы изгиба не должны быть менее 90°. При этом количество углов на трассе принимают минимальным, а углы на поворотах — более плавными.

Для трубных прокладок в фундаментах и в подливке перекрытия при раскладке в горизонтальной плоскости применяют стандартные колена (рис. 36). Переходы из горизонтальной плоскости в вертикальную осуществляют под прямым углом. Для вертикальных выходов труб из фундаментов или из подливки перекрытия толщиной 200—400 мм также применяют стандартные колена по рис. 36. Все колена изготовляют для труб диаметром до 80 мм.

Рекомендуется внутри трассы выполнять изгибы с помощью стандартных колен с углами 135 и 150°. В особо стесненных условиях можно, как исключение, применять колена с углами 90 и 105°. Следует иметь в виду, что по условиям протяжки проводов два угла 120, 135 или 150° могут быть соответственно приравнены к одному углу 90 или 105°.

В одной трубе больше трех изгибов допускать не следует. В случае необходимости изменения направления трубы более чем в трех местах можно рекомендовать следующее:

изгибать трубы по всей длине, без колен (исключая места вывода труб к машине, щиту и другому оборудованию);

взамен колен с малыми углами поворота принимать большее количество колен с большими, более плавными углами поворота (более десятикратных);

выводить трубы к месту, где может быть сделан разрыв трассы, например к щиту или другому оборудованию, около которого может быть выполнен транзит проводов, т. е. переход проводов из одной трубы в другую;

устанавливать протяжные ящики.

Небольшие изгибы у труб небольшого диаметра выполняют на длинных участках без применения стандартных колен. Также без применения колен выполняют переходы из одного слоя в другой при многослойных прокладках и обходы фундаментных болтов. Это делается с помощью «уток», т. е. изгибов с очень малыми радиусами (100—200 мм).

Протяжные ящики. При наличии на трассе более трех изгибов для удобства протяжки проводов необходима установка протяжных ящиков. Протяжные ящики устанавливают в местах подхода труб к механизмам, постам управления и помещениям станций управления. Возможна также установка протяжных ящиков в полу в тех случаях, когда имеется трасса труб большой протяженности или со значительным количеством изгибов по трассе. В протяжных ящиках должно быть достаточно места для изгиба кабеля максимального диаметра. В стенках ящика со стороны подвода труб вырезают отверстия или предусматривают надрубы, позволяющие выбить отверстия для труб любого диаметра.

Протяжные ящики часто используют для разветвления проводов. В этом случае трубы к ним могут быть подведены с нескольких сторон.

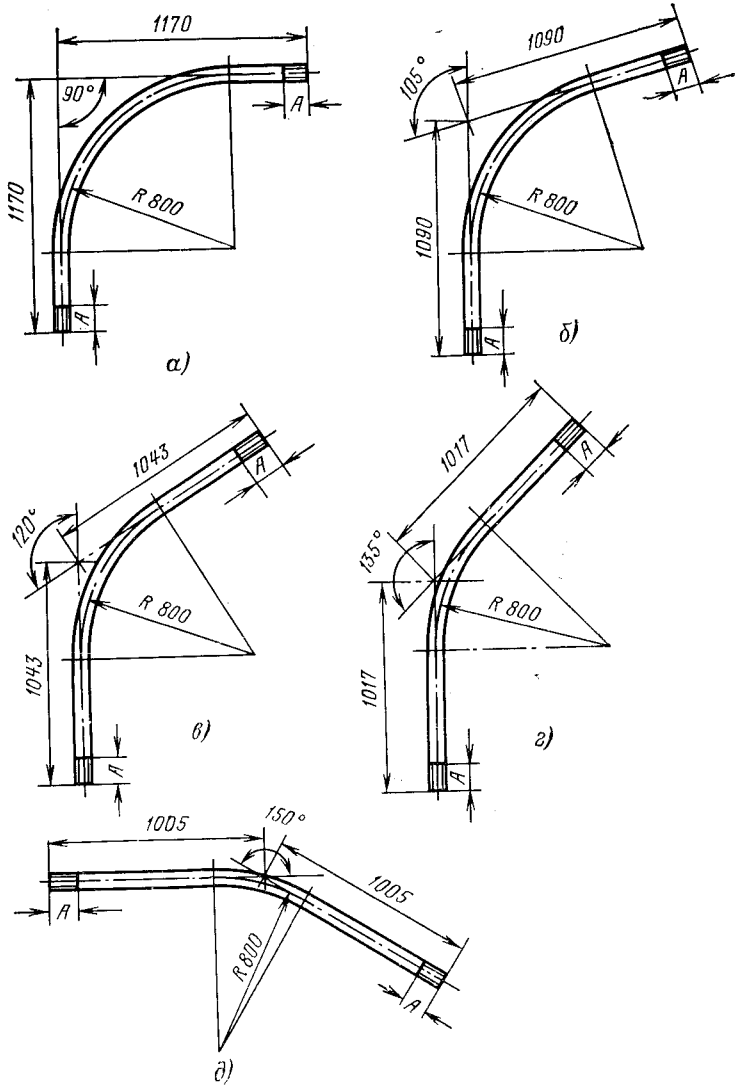
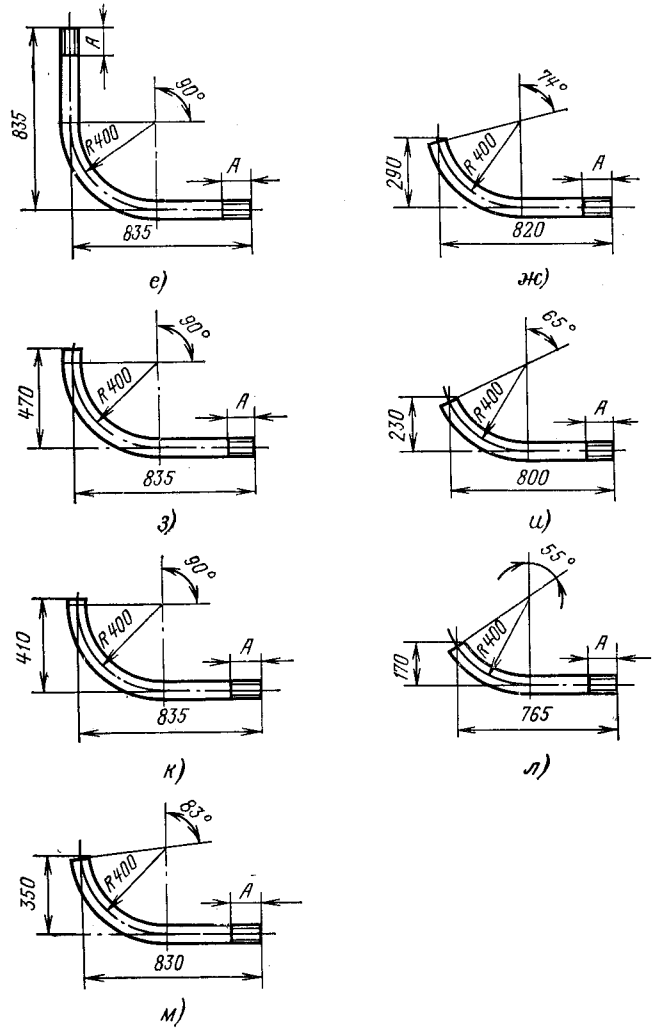


Рис. 36. Колена для трубных прокладок

а—д — для поворотов в горизонтальной плоскости; *е—м* — для поворотов в вертикальной плоскости. Длина нарезной части трубы (размер *А*)—от 50 до 100 мм для колен всех типов в зависимости от диаметра трубы.

Протяжные ящики, как правило, служат только для удобства протяжки и в виде исключения могут быть использованы для перекрестной перетяжки проводов из одной трубы в другую. Соединение и ответвление проводов осуществляют только в коробках.



в фундаментах и перекрытиях.

В тех местах цеха, где необходимо изменить взаимный порядок расположения труб в больших потоках, или в случае затруднений с поворотом труб на требующийся угол, а также при резком изменении глубины заложения труб устраивают протяжные колодцы. Эти колодцы снабжают сверху люком, закрываемым крышкой. Иногда доступ в такие колодцы осуществляют из подземной части цеховых фундаментов.

Прокладка труб. Характерными являются следующие виды прокладок труб для электропроводок: в производственных помещениях — в фундаментах технологического оборудования и грунте, в электротехнических помещениях — в подливке перекрытия или открыто на конструкциях.

Фундаменты, например, под прокатное оборудование имеют сложную форму и снабжены многочисленными туннелями, каналами, приямками и трубопроводами. Объемы фундаментов доходят (например, для непрерывных тонколистовых станов горячей прокатки) до 125 тыс. м³ при общей массе оборудования 25 000 т.

Трубы для электропроводки в фундаментах обычно прокладывают после выполнения земляных работ и укладки арматуры, но до установки опалубки. Это делается для того, чтобы не вырезать опалубку при раскладке труб. При применении каркасной арматуры для армирования фундаментов трубы следует укладывать после ее установки. При условии согласия строительной организации разрешается частичная вырезка не несущих деталей каркасов, мешающих проходу труб по запроектированной трассе. После укладки труб ставят опалубку и бетонируют фундаменты.

В районах цеха, где предполагают в будущем установить дополнительное технологическое оборудование, не следует прокладывать трубы во избежание демонтажа их при расширении цеха.

На рис. 37 показан план разводки труб в одном из фундаментов прокатного цеха. Для предохранения труб электропроводки от повреждений, возможных при неравномерной осадке фундамента и грунта, применяют предохранительные трубы. Для защиты труб от среза в местах выхода их из фундамента в грунт используют короткие металлические трубы большого диаметра, надеваемые на трубу с проводами (рис. 38, *б*). Аналогично защищают трубы, проложен-

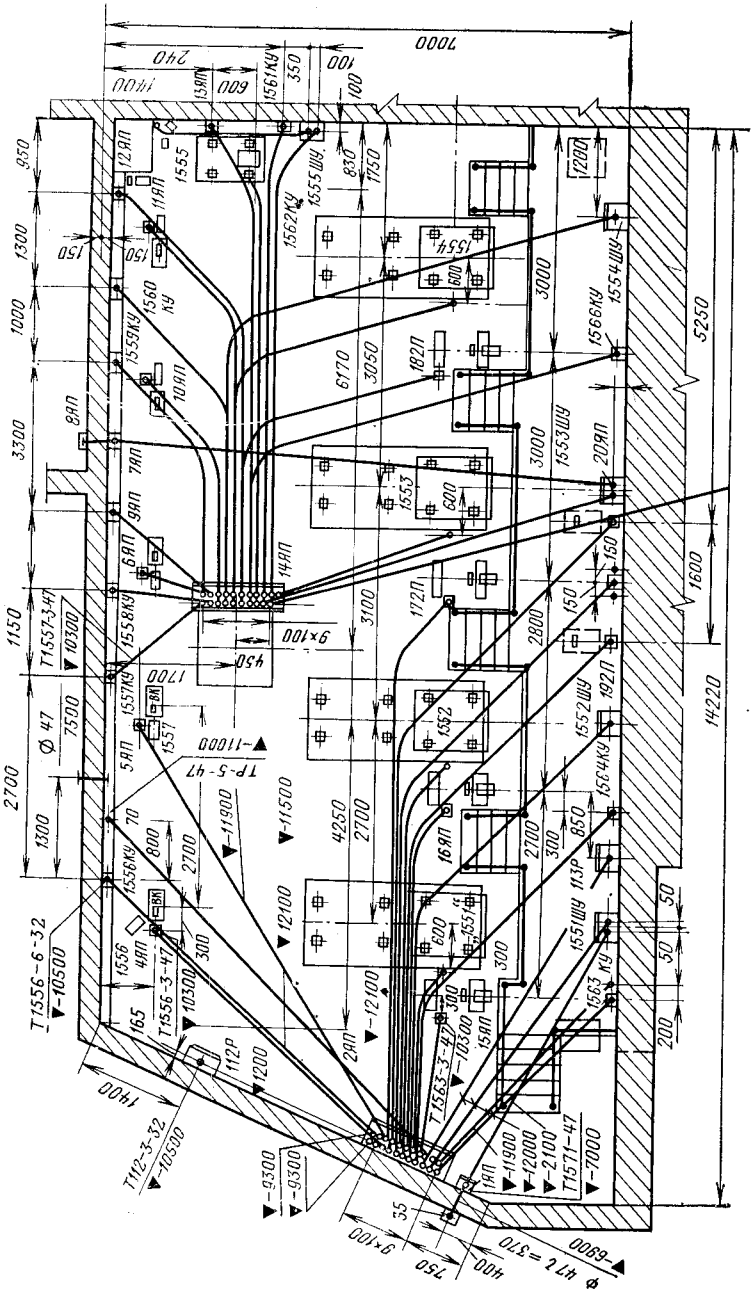


Рис. 37. План прокладки труб в фундаментах цеха (маркировка труб указана только для части труб).

ные через осадочные швы фундаментов (рис. 38,*а*). Для защиты от осадки грунта группы труб там, где ожидаются большие нагрузки на пол цеха, например под путями, складом слитков, устанавливают железобетонные обоймы (рис. 38, *в*).

Трубы электропроводки в перекрытии укладывают во время строительных работ. При этом трубы раскладывают на рабочей плите перекрытия, а затем заливают подливкой из тощего бетона. Подливка полностью закрывает трубы, и поэтому высота ее зависит от количества слоев и диаметра уложенных труб.

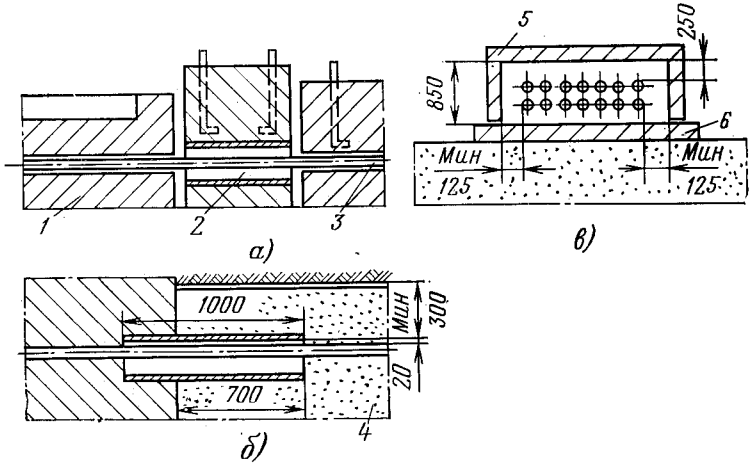


Рис. 38. Защита труб электропроводки от неравномерности осадки фундаментов и грунта.

а — при проходе через осадочные швы фундаментов; *б* — при выходе из фундамента в грунт; *в* — при проходе в местах, где имеются большие нагрузки на пол цеха; *1* — фундамент; *2* — стальная труба (диаметром 100—125 мм); *3* — труба электропроводки; *4* — уплотненный песок; *5* — осадочная обойма; *6* — железобетонная плита.

Для крупных электромашинных помещений высоту подливки принимают равной 300—400 мм из расчета по 100 мм подливки на каждый слой труб. Для уменьшения высоты подливки стремятся к минимальному количеству слоев. При наличии под электротехническим помещением специального подвала для кабелей все кабели прокладывают в этом подвале и надобность в подливке на перекрытии подвала отпадает или ее предусматривают небольшой по высоте только для частей кабелей и проводов (например, для внутренних связей). Во многих случаях трубы для электропроводок прокладывают не скрыто в фундаментах или подливке, а открыто. Такая прокладка труб электропроводок характерна для прокладок по механизмам. В этих случаях на выходе труб из пола устанавливают протяжные ящики, от которых трубы прокладывают открыто по механизмам. Отдельные участки открытых прокладок выполняют в металлорукавах.

При выполнении открытых трубных прокладок необходимо учитывать следующее:

при параллельной прокладке технологических трубопроводов с трубами для электропроводок последние удаляют от холодных технологических труб на расстояние не менее 150 мм;

при горизонтальной прокладке трубы электропроводки располагают под тепловыми трубопроводами; при этом трубы электропроводки защищают на участках совмещенной трассы трубами большего диаметра;

трубы электропроводки в местах пересечения с тепловыми трубопроводами защищают теплоизоляцией на расстоянии 1 м в каждую сторону от места пересечения;

в условиях, когда возможно образование в трубе значительного количества конденсата, трубы электропроводки для самоосушения прокладывают с уклоном (не менее 1 : 100) в сторону протяжных ящиков или колодцев.

Благодаря наличию влагоупорных пластмассовых оболочек на кабелях нет оснований бояться, что кабели, проложенные в трубах отсыреют вследствие конденсации в них влаги. Однако скопление влаги в трубах нежелательно потому, что это приводит к коррозии труб и, следовательно, затруднениям при возможной замене кабелей.

Индустриализация работ по прокладке труб. Прокладку труб в фундаментах цеха и в перекрытиях электротехнических помещений целесообразно выполнять индустриальным методом, при котором монтаж труб сводится к установке и сборке отдельных звеньев трубных ниток или блоков труб, заранее заготовленных в мастерских. В этом случае все работы по заготовке труб не зависят от состояния строительных работ.

Для обеспечения индустриального монтажа труб необходимо соблюдать следующие условия:

применять на изгибах трубных трасс стандартные колена с нормализованными углами поворота, имеющие определенные длины заготовок, размеры плеч и радиусы изгибов.

Колена можно также гнуть из целых труб, при этом сокращается количество стыков и более экономно расходуются трубы и муфты;

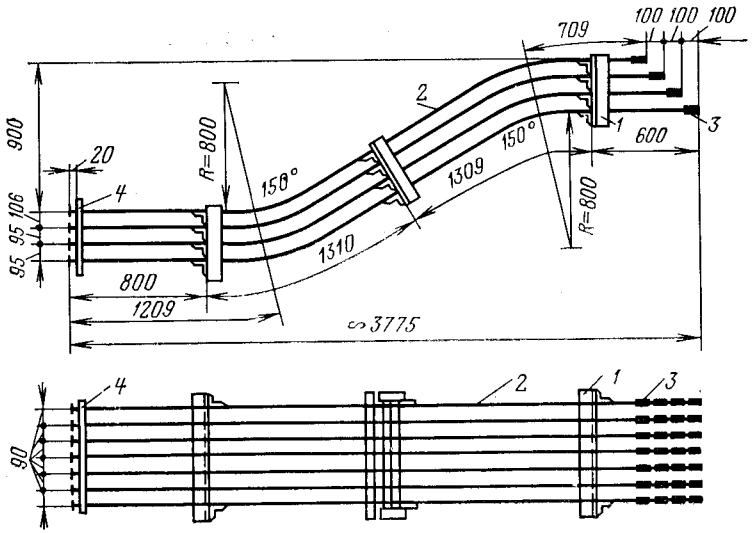


Рис. 39. Блок из стальных труб для электропроводки.
1 — каркас блока; *2* — труба; *3* — соединительная муфта; *4* — стенка протяжного ящика.

преимущественно применять для прямолинейных участков трасс целые трубы любой строительной длины.

Существуют два способа выполнения трубных прокладок: сборка труб из стандартных элементов и сборка труб из блоков.

При первом способе отдельные трубы собирают из заранее заготовленных звеньев, состоящих из стандартных элементов: колен, прямых целых и прямых мерных отрезков труб, а также в редких случаях, при особо сложных трассах из звеньев, изготовленных по индивидуальным эскизам. Этот способ применяется тогда, когда каждая трасса по условиям прокладки разрабатывается и укладывается индивидуально. По этому способу рекомендуется выполнять прокладку труб в фундаментах и в перекрытиях.

По второму способу трубы монтируют блоками, состоящими из одного или нескольких слоев труб (рис. 39). Однослойные пакеты или многослойные блоки из труб заранее изготовляют в мастерских. Этот способ применяется для трубных трасс, прокладываемых открыто по стенам и другим конструкциям зданий.

Блочный способ может применяться в фундаментах цеха только в тех случаях, когда известно, что при армировании фундаментов не будут применять каркасную арматуру. Пакеты применяются в перекрытиях только на отдельных участках, где нет большого пересечения потоков труб. При объединении труб в блоки длину каждого блока принимают, исходя из транспортных возможностей. Максимальную длину блока не следует брать больше 6 м. Расстояние между трубами в блоках должно быть таким, чтобы можно было свободно навинчивать соединительные муфты.

В блоках по возможности следует применять нормализованные углы поворота. Однако в зависимости от расположения блоков по трассе можно применять и нестандартные углы. На поворотах блоков могут быть также установлены протяжные ящики.

При выполнении разводки труб заполняют трубозаготовительную ведомость, содержащую полный перечень и параметры всех труб в виде отдельных составных частей (звеньев) для их предварительной заготовки.

Выполнение трубных разводок из стандартных элементов или из блоков не требует натурных замеров при монтаже. Однако бывают случаи, когда вследствие сложности трассы определение формы и размеров отдельных звеньев трубных ниток представляет известные трудности. На таких участках трасс необходимы предварительные замеры в районе разводки труб и последующее уточнение размеров по этим замерам в трубной ведомости.

Существенной экономии водогазопроводных труб для электропроводок можно добиться шире, применяя тонкостенные трубы, внедряя пластмассовые трубы

и используя кабели с оболочками из материалов, не распространяющих горения, которые можно прокладывать открыто, без труб.

12. ГИБКИЕ КАБЕЛЬНЫЕ ТОКОПОДВОДЫ

Гибкий токоподвод применяют для механизмов, перемещающихся во время работы и особенно в тех случаях, когда путь перемещения механизма невелик или когда устройство неизолированных троллеев трудно осуществить из-за отсутствия места или возможности случайных прикосновений.

Токоподвод выполняют гибким изолированным проводом или кабелем, закрепленным через определенные расстояния на каретках (рис. 40). Каретка представляет собой ходовой ролик, закрепленный между двух щек несущих клицу для крепления проводов. Каретки перемещаются по натянутому стальному тросу вдоль пути передвижения крана или отдельного механизма. Перемещение кареток происходит таким образом, что по мере удаления механизма от места питания каретки расходятся, увлекая за собой и постепенно выпрямляя питающий провод, а по мере приближения — каретки, толкая друг друга, сходятся, образуя из проводов петли.

Конструкция кареток для гибкого токоподвода должна исключать заклинивание при их сближении. Недостатком гибкого токоподвода является сравнительно быстрый износ питающего кабеля из-за его частых изгибов и механических усилий при передвижении.

Чтобы провода не испытывали растягивающих усилий при разъезде кареток, последние соединяют между собой тонкими металлическими тросами, которые по длине несколько меньше, чем длина провода между каретками. Во избежание образования слишком больших петель длина проводов между каждой парой кареток обычно не превышает 6 м. При полном сближении кареток нижний конец свободно свисающей петли находится на расстоянии не менее 2,5 м от пола в местах прохода и не менее 2 м — в малодоступных местах.

При устройстве гибкого токоподвода устанавливают коробку зажимов для перехода с обычного кабеля на гибкий. При выборе места установки этой коробки и на-

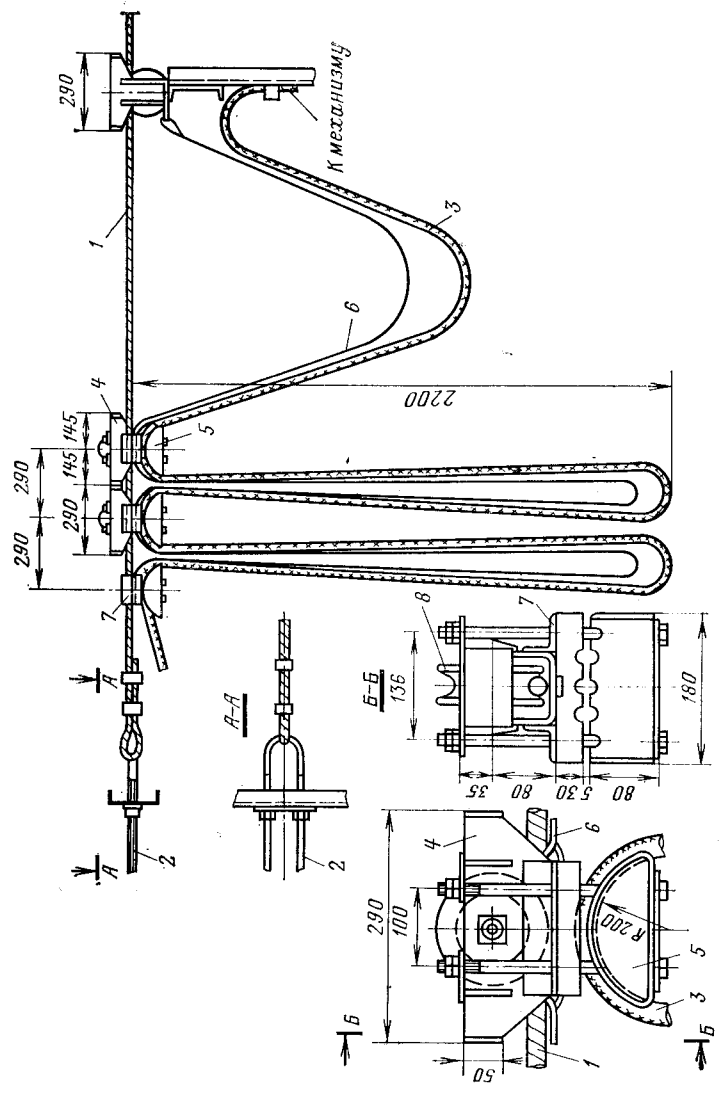


Рис. 40. Гибкий токоподвод на каретках.
1 — трос; *2* — натяжная скоба; *3* — гибкий кабель; *4* — каретка (одноколесная); *5* — клица; *6* — тросик для тяги кареток; *7* — конструкция для крепления тросика; *8* — ролик.

чала гибкого токоподвода необходимо иметь в виду, что все каретки, собранные вместе, не должны создавать дополнительную необслуживаемую зону или ограничивать свободу передвижения механизма.

Это особенно важно для механизмов, которые перемещаются в обоих направлениях по возможности до крайних положений, что позволяет максимально использовать рабочий путь механизма.

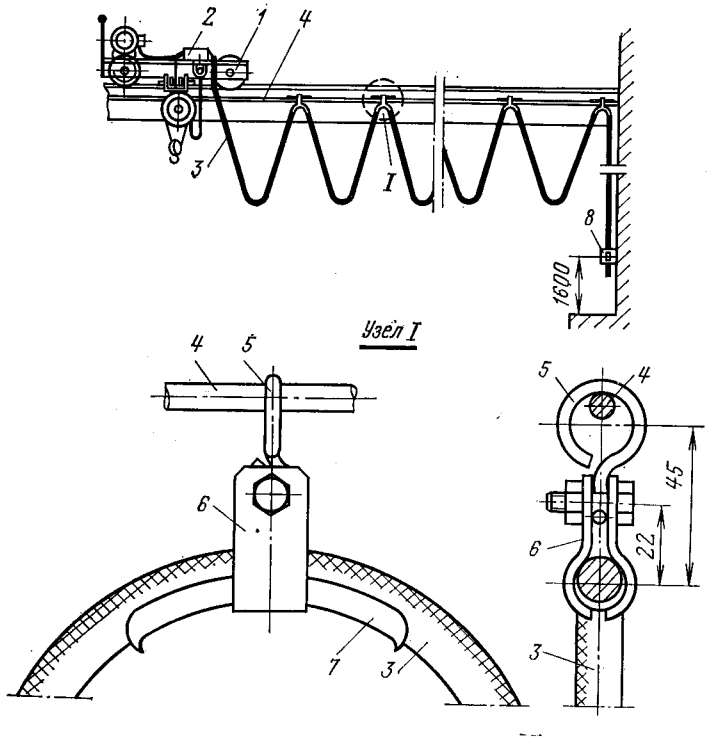


Рис. 41. Гибкий токоподвод на кольцах.

1 — механизм; *2* — разветвительная коробка; *3* — гибкий кабель; *4* — стальной трос; *5* — кольцо; *6* — зажим для кабеля; *7* — подкладка; *8* — коммутационный аппарат.

Иногда при сравнительно длинных путях для перемещения механизма или при путях, имеющих закругление по трассе, вместо троса в качестве направляющей для кареток применяют монорельс из двутавровой стали, проложенный параллельно путям, но это требует изготовления специальных кареток. В этом случае конструкция

получается более тяжелой, но зато и более надежной. Провода гибкого токоподвода небольших механизмов можно закрепить не на каретках, а на кольцах, перемещающихся по натянутому стальному тросу (рис. 41).

Длина троса не должна превышать 30—40 м. При бо́льшей длине увеличивается стрела провеса и появляются затруднения с натяжением троса.

Гибкий токоподвод может быть также применен в пожароопасных и взрывоопасных помещениях, где неизолированные троллеи недопустимы из-за возможности искрения при перемещениях токосъемников на троллеях.

В помещениях с нормальной средой гибкий токоподвод в последнее время заменяют троллейными шинопроводами.

13. МОДУЛЬНЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ СЕТИ

В цеховых силовых распределительных сетях низшего напряжения преимущественное распространение получили распределительные шинопроводы, располагаемые вдоль линий технологического оборудования, и радиальные кабельные сети, выполненные в каналах, а также проводами в трубах, заложенных в полы помещений. Эти способы внутрицехового распределения энергии в цехах с часто перемещаемым технологическим оборудованием, требующим при перестановке изменения электрической сети, и развитым внутрицеховым транспортом для обслуживания станочного оборудования не всегда обеспечивают удобства эксплуатации и требования промышленной эстетики.

Во многих отраслях промышленности (машиностроительной, приборостроительной) прокладки кабелей в каналах или проводов в трубах не обладают необходимой гибкостью при перепланировке технологического оборудования, так как при этом появляется необходимость в прокладках по новым трассам и в дополнительных затратах. В этих случаях можно применять модульные сети, прокладываемые в полу производственных помещений.

Напольная силовая сеть. Модульная сеть состоит из прокладываемых в полу производственных помещений подпольных ответвительных коробок (рис. 42),

связанных между собой магистралями, выполненными проводами, проложенными в стальных трубах. Над коробками устанавливают распределительные колонки, возвышающиеся над полом цеха (рис. 43). Колонки служат для питания потребителей переменным током напряжением 380 В и номинальным током до 60 А. При этом общая нагрузка магистрали до 95 А, а одной распределительной колонки — до 70 А.

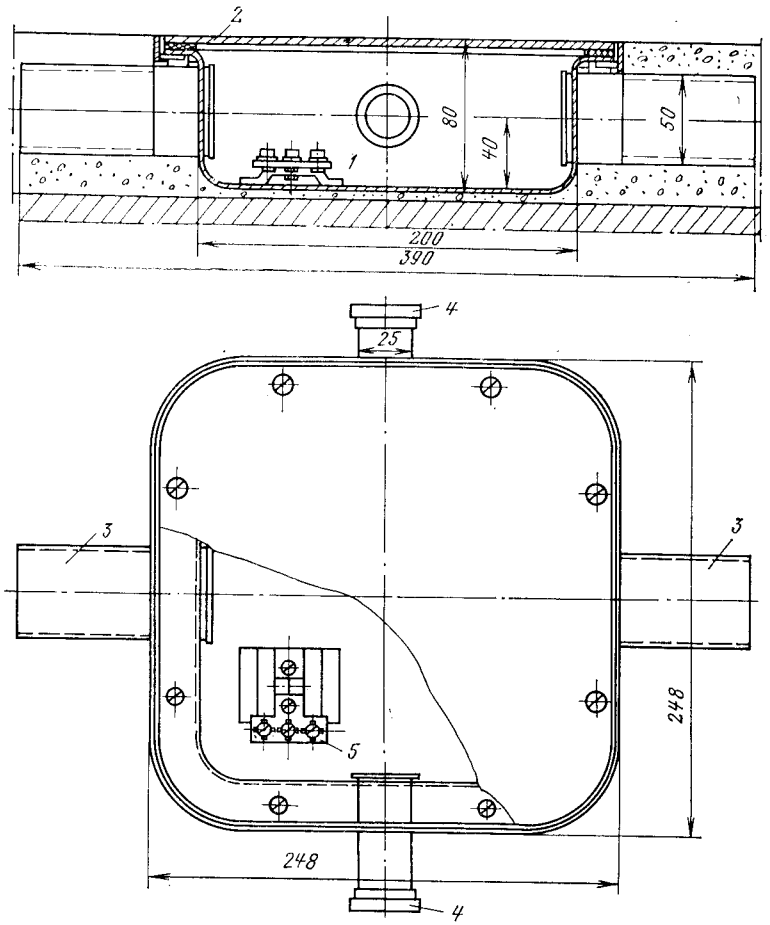


Рис. 42. Модульная коробка.

1 — корпус; *2* — крышка; *3* — патрубок для магистрали; *4* — патрубок для ответвлений; *5* — зажим для заземления.

Для модульных сетей применяют коробки типа КМ-20М в пылеводонепроницаемом исполнении. Для предотвращения проникновения пыли и влаги внутрь коробки ее закрывают крышкой с резиновым уплотнением. В местах наличия распределительных колонок крышку не устанавливают.

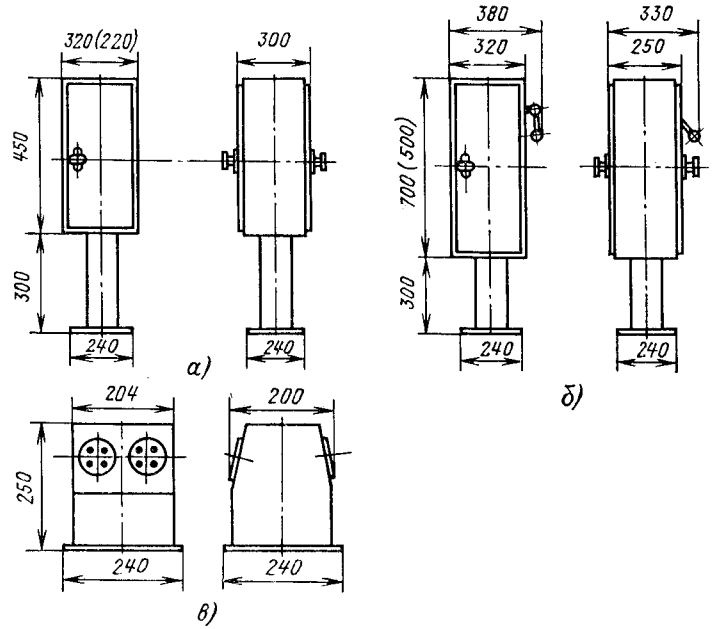


Рис. 43. Распределительные колонки.

а — с автоматами; *б* — с предохранителями; *в* — со штепсельными розетками. Размеры в скобках относятся к колонкам с автоматами или предохранителями на две отходящие линии.

Коробка имеет в боковых стенках четыре отверстия с патрубками (два для магистрали и два для ответвления).

Ответвительные коробки в модульных сетях располагают с шагом (модулем) 2—3 м. В зависимости от планировки, характера производства и размеров технологического оборудования шаг между коробками может быть принят другим. Желательно, чтобы ответвительные коробки имели приспособление для регулировки высоты их установки, что обеспечивает единую отметку чистого пола.

Распределительные колонки изготовляют на две-четыре отходящие линии, защищенные либо предохранителями на 60 А, либо автоматами на 63 А (при предохранителях имеется общий рубильник на 100 А). Имеются также колонки с двумя-четырьмя штепсельными розетками на 25 А для возможности осуществления глухих ответвлений от магистралей.

Колонки изготовляют в защищенном исполнении и сочленяют с ответвительными коробками на болтах с применением уплотняющей прокладки.

Магистрали принимают неразрезными из одножильных проводов (например, марки АПРТО или АПВ). Ответвления снабжают сжимами типа У731 (для магистралей из проводов сечением до 10 мм²) и типа У734 (для магистралей из проводов сечением 16—35 мм²).

Отходящие от колонок линии выполняют проводом или кабелем в гибких металлорукавах или трубах.

Модульные сети сооружают в два этапа: сначала вдоль предполагаемых линий расположения технологического оборудования устанавливают на черном полу цеха ответвительные коробки и прокладывают между ними стальные тонкостенные трубы для электропроводок, а затем затягивают провода в трубы и коробки, устанавливают распределительные колонки и прокладывают отходящие линии от колонок к потребителям.

Напольная осветительная розеточная сеть. Возросшая оснащенность административных зданий средствами оргтехники (счетные машины, приборы связи и т. п.) и желательная возможность свободной планировки оборудования и конторской мебели в помещениях требуют применения системы подачи питания к электроприемникам, обладающей гибкостью и удовлетворяющей требованиям технической эстетики.

Такой системой является напольная осветительная розеточная сеть, обеспечивающая подключение электроприемников практически в любой точке помещения. Эту сеть выполняют самостоятельной в пределах каждого этажа с питанием от этажных групповых осветительных щитков.

Для современных административных помещений, обычно характеризующихся большой площадью и сравнительно частым размещением мест подключения электроприемников, наиболее оптимальной является сетка

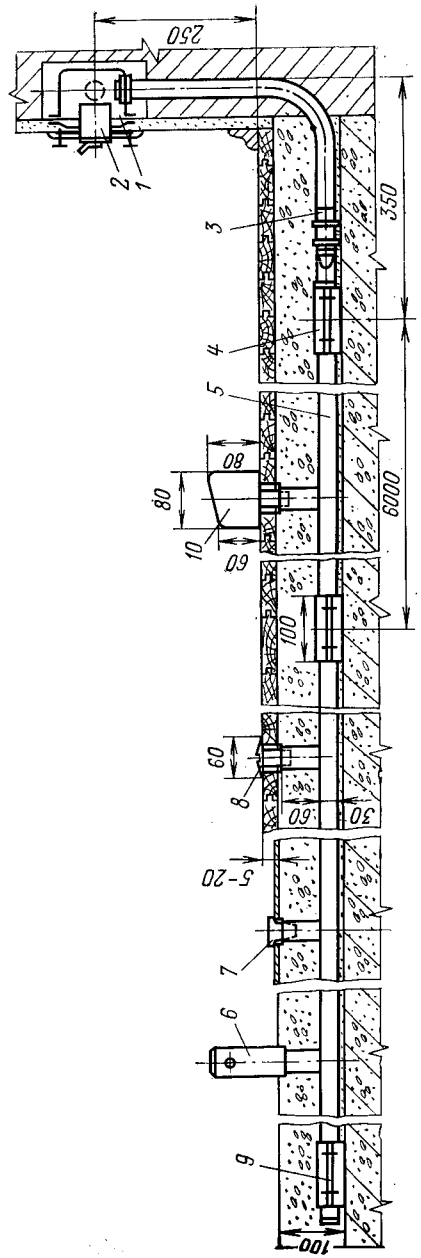


Рис. 44. Линия напольной осветительной розеточной сети.
1 — закладная коробка; *2* — коммутационный аппарат; *3* — переходник угловой; *4* — муфта; *5* — трубная секция; *6* — пробка металлическая; *7* — пробка деревянная; *8* — заглушка декоративная; *9* — заглушка торцевая; *10* — колонка штепсельная.

расположения ответвительных колонок с размерами 1,5×1,5 м.

От напольной осветительной розеточной сети обычно питают однофазные токоприемники (счетные машины, настольные лампы и вентиляторы) в промышленных и административных помещениях со свободной планировкой, например в машиносчетных станциях, конструкторских бюро и т. д. Прокладку проводов осветительных сетей осуществляют в прямоугольных стальных трубах размером 60×30 мм. Подключение различных потребителей выполняют с помощью штепсельных колонок.

Параллельно с линией для питания осветительных токоприемников прокладывается линия связи. Совместную прокладку (рядом в двух коробах) осветительных линий и линий связи согласовывают со связистами.

Прокладку напольных осветительных розеточных линий выполняют в следующей последовательности (рис. 44). Вначале устанавливают и фиксируют на перекрытии (черном полу) напольные розеточные секции длиной 6 м, имеющие по четыре ответвления (патрубка) через каждые 1,5 м. Эти секции с помощью муфт комплектуют в линии. Затем в патрубки завинчивают временные (инвентарные) металлические пробки и заливают пол бетоном. Эти пробки используют многократно, они предохраняют трубы от попадания в них бетона при заливке пола. Для выполнения работ по отделке чистого пола металлические пробки вывертывают (для повторного использования) и в этих местах устанавливают деревянные, тоже временные пробки. После выполнения чистого пола эти пробки вынимают и вместо них устанавливают декоративные заглушки в местах, где не предусмотрена установка штепсельных колонок. В дальнейшем протягивают провода от группового осветительного щитка до настенной закладной коробки, в которой может быть установлен коммутационный аппарат, или ее используют в качестве ответвительной. От коробки провода прокладывают до ближайшей штепсельной колонки и далее цепочкой связывают все колонки каждой линии. Подвод питания к линии может быть осуществлен непосредственно от щитка освещения. В этом случае закладную коробку не устанавливают. После расстановки оборудования (или мебели) устанавливают штепсельные колонки в местах, где отсутствуют декоративные заглушки.

Общая длина напольных розеточных линий может достигать 50 м. Для обеспечения непрерывной электрической цепи заземления трубные секции напольной линии в местах установки муфт соединяют обходными (шунтирующими) перемычками. С обоих концов каждую линию присоединяют к сети заземления. Фактическое количество и места установки штепсельных колонок и декоративных заглушек окончательно определяются проектом или эксплуатацией.

Напольная розеточная сеть может быть также использована для питания мелких (небольшой мощности) потребителей трехфазного тока в различного рода производствах, где предъявляются повышенные требования к промышленной эстетике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Анастасиев П. И. и др.** Электрические сети энергоемких предприятий. М., «Энергия», 1971, 344 с.

2. **Крупович В. И. и др.** Проектирование и монтаж промышленных электрических сетей. М., «Энергия», 1971, 504 с.

3. **Лигерман И. И.** Конструирование электрических установок прокатных цехов. Изд. 2-е. М., «Металлургия», 1964, 368 с.

4. **Лигерман И. И.** Компоновка электрооборудования промышленных предприятий. М., «Энергия», 1966, 168 с.

5. **Справочник** по электроустановкам промышленных предприятий. М., Госэнергоиздат, 1963, 368 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
1. Виды кабельных сетей 5
2. Выбор проводов и кабелей 10
3. Прокладка кабелей на конструкциях 15
4. Прокладка кабелей на лотках 27
5. Прокладка кабелей в коробах 31
6. Прокладка кабелей в каналах 33
7. Прокладка кабелей в туннелях 36
8. Прокладка кабелей в блоках 45
9. Прокладка кабелей в траншеях 55
10. Прокладка кабелей на эстакадах и в галереях . . 60
11. Покладка проводов и кабелей в трубах . . . 67
12. Гибкие кабельные токоподводы 86
13. Модульные кабельные сети 89
Список литературы 95

ИОСИП ИЗРАИЛЕВИЧ ЛИГЕРМАН

Кабельные сети промышленных предприятий

Редактор издательства И. П. Березина
Технический редактор Н. А. Галанчева
Корректор Э. А. Филановская

Сдано в набор 26/II 1975 г. Подписано к печати 7/VIII 1975 г. Т-14330
Формат 84×108¹/₃₂ Бумага типографская № 2 Усл. печ. л. 5,04
Уч.-изд. л. 5,13 Тираж 25 000 экз. Зак. 76 Цена 19 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Цена 19 коп.