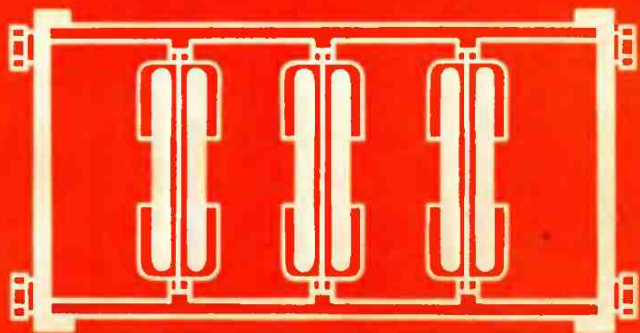


621.3

3-47

**БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА**



**А. И. ЗЕВАКИН  
И. И. ЛИГЕРМАН**

**ШИНОПРОВОДЫ  
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
СЕТЯХ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ**



621.3

ИЭЛ

БИБЛИОТЕКА  
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 485

А. И. ЗЕВАКИН  
И. И. ЛИГЕРМАН

ШИНОПРОВОДЫ  
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
СЕТЯХ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ



Библиотека Г.П.И.  
им. А.А. Жданова



МОСКВА «ЭНЕРГИЯ» 1979

ББК 31.279

З-47

УДК 621.316.35

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Андриевский В. Н., Большам Я. М., Зевакин А. И., Каминский Е. А.,  
Мусаэляи Э. С., Ларионов В. П., Розанов С. П., Семенов В. А.,  
Смирнов А. Д., Устинов П. И.

**Зевакин А. И., Лигерман И. И.**

З-47 **Шинопроводы в электрических сетях промышленных предприятий.** — М.: Энергия, 1979. — 96 с., ил. — (Б-ка электромонтера; Вып. 485).

20 к.

В книге рассматриваются конструкции, области применения, перспективы развития, а также вопросы монтажа и эксплуатации шинопроводов напряжением 1000 В отечественного производства в электрических сетях промышленных предприятий. Рассмотрено применение магистральных, распределительных, осветительных и троллейных шинопроводов.

Книга предназначена для электромонтажников промышленных предприятий и электромонтеров, занятых эксплуатацией электросетей.

З 30313-239 67-79. 2302050000  
051(01)-79

ББК 31.279

6П 2.14

© Издательство «Энергия», 1979 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В современных электрических установках промышленных предприятий электрические сети и, в частности, сети переменного и постоянного тока до 1000 В, выполненные шинопроводами, постепенно вытесняют другие виды электрических сетей, выполненных, например, кабелями или неизолированными шинами, проложенными на изоляторах.

В книге рассмотрены шинопроводы переменного тока для магистральных, распределительных, осветительных и троллейных сетей и постоянного тока для главных цепей крупных двигателей, а также конструкции шинопроводов, определены области применения, намечены перспективы развития и способы монтажа различных шинопроводов, обеспечивающих широкое использование магистральных сетей вместо менее экономичных радиальных.

Повсюду в строительстве наблюдается стремление к сборке сооружения из готовых заводских элементов. В настоящее время этот метод с успехом переносится на электромонтажные работы и, в частности, на сооружение электрических сетей. Электрические сети, собранные полностью из элементов заводского изготовления, называют комплектными. Этому определению в полной мере отвечают сети, выполненные шинопроводами.

Применение шинопроводов в электрических сетях низшего напряжения позволяет создать безопасные в эксплуатации, универсальные электрические сети, форму которых легко изменить при изменении технологического процесса производства. Использование шинопроводов обеспечивает возможность беспрепятственного добавления нагрузок и ответвлений к токоприемникам практически в любом месте при сравнительно коротких соединительных связях.

Шинопроводы отличаются высокой заводской готовностью, эксплуатационной надежностью и удобством обслуживания. Благодаря своим преимуществам шинопроводы занимают все большую долю в сетях низшего напряжения. Чем больше токи установки, тем выгоднее применять шинопроводы.

Равномерное распределение тока по фазам, в линиях, выполненных несколькими кабелями, может представить ббльшие затруднения по сравнению с аналогичной задачей в шинопроводах с симметрично расположенными фазами. Применение шинопроводов позволяет существенно сократить расход кабельной продукции. В настоящее время шинопроводы успешно конкурируют с кабельными прокладками. Диапазон токов от 25 до 6300 А раскрывает широкие возможности для применения шинопроводов в электрических сетях. Применение шинопроводов уменьшает зависимость монтажных работ от готовности строительной части сооружения и позволяет осуществить их прокладку в короткие сроки.

Использование шинопроводов также позволяет значительно повысить степень индустриализации монтажных работ и улучшить эстетику производственного интерьера.

Книга написана на основе многолетнего опыта организаций Главэлектромонтажа (института Тяжпромэлектропроект, трестов Центроэлектромонтаж, Электромонтажконструкция и др.).

Параграфы 1—7 написаны И. И. Лигерманом, а § 8—10 А. И. Зевакиным.

Авторы благодарят рецензента И. И. Людмирского за помощь при подготовке рукописи к изданию.

Пожелания и замечания по книге просьба направлять в адрес издательства «Энергия»: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

*Авторы*

## 1. МАГИСТРАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ

На предприятиях различных отраслей промышленности для внутрицеховой передачи и распределения энергии переменного тока широкое распространение получили магистральные и распределительные сети, выполненные шинопроводами.

Для питающих сетей используют магистральные шинопроводы переменного и постоянного тока.

Для питающих сетей со стороны низшего напряжения комплектных трансформаторных подстанций (КТП) применяют шинопроводы переменного тока серии ШМА на токи 1600, 2500 и 4000 А в зависимости от мощности трансформатора КТП (1000, 1600 и 2500 кВ·А).

Для главных цепей крупных двигателей, например главных приводов прокатных станов, применяют шинопроводы постоянного тока серий ШМАД и ШМАДК на токи до 6300 А. Для создания распределительных сетей переменного тока используют распределительные шинопроводы серии ШРА на точки 250, 400 и 630 А, позволяющие присоединять к ним большое количество электроприемников.

Для групповых сетей освещения применяют осветительные шинопроводы серии ШОС на токи 25 и 63 А.

Троллейные линии для питания кранов, электрических талей и других подъемно-транспортных механизмов выполняют с помощью троллейных шинопроводов серии ШТМ на токи 200 и 400 А. Все виды шинопроводов изготавливаются заводами Главэлектромонтажа.

Электрическая сеть, выполненная шинопроводами, сравнительно легко может быть изменена с полным использованием составляющих ее элементов. Это может потребоваться, например, на действующих предприятиях при реконструкции, когда увеличение производственных мощностей на существующих площадях, как правило, связано с ростом и изменением характера на-

грузок и конфигурации сети. Поэтому возникает необходимость в таком исполнении сети, которое обеспечивает сравнительную простоту внесения изменений в действующую сеть. Этим условиям отвечает сеть, выполненная из шинопроводов.

Большинство электроприемников на промышленных предприятиях получает питание на напряжении до 1000 В, и поэтому питающие и распределительные сети на это напряжение являются наиболее распространенными для большинства предприятий.

Благодаря приближению источников питания к потребителям электроэнергии заметно сократилась протяженность сетей низшего напряжения. Применение их ограничено в основном внутрицеховыми нуждами. Однако увеличение общего количества и мощностей токоприемников обуславливает довольно разветвленные сети низшего напряжения.

Применение шинопроводов позволяет выполнить магистральные сети питания токоприемников, являющиеся более экономичными, чем радиальные сети.

При магистральных сетях повреждение магистрали приводит к одновременному отключению всех питающихся от нее токоприемников, что особенно нежелательно при питании от магистрали отдельных крупных потребителей, не участвующих в едином непрерывном технологическом процессе производства.

Однако это обстоятельство не имеет решающего значения для обеспечения надежности электроснабжения в тех случаях, когда от магистрали питается ряд токоприемников одного технологического агрегата, осуществляющего единый технологический процесс, и прекращение питания одного из токоприемников равносильно остановке всего агрегата. Поэтому для питания таких технологических агрегатов, а также для большого количества мелких электроприемников, не связанных единым технологическим процессом, но расположенных равномерно по площади цеха преимущественно применяются магистральные схемы питания, если эти токоприемники не удалены друг от друга на большие расстояния, когда их питание от магистрали становится нецелесообразным.

Магистральные сети, выполненные шинопроводами, обеспечивают высокую надежность при сравнительно небольших эксплуатационных расходах и универсальность

цеховых сетей. Универсальность таких сетей заключается в том, что при изменении количества, мощности или перемещении нагрузок, как правило, не требуется изменение первоначальной формы сети. Если в связи с существенной перепланировкой (реконструкцией) технологического оборудования требуется изменение конфигурации сети, то благодаря гибкости сети, собранной из отдельных элементов (секций), это достигается меньшими затратами времени и средств, чем при сетях, выполненных другими способами (шинами, кабелями). Некоторые производства характеризуются относительно частым изменением технологического процесса, что связано с перестановкой и добавлением механизмов. При этом сети, выполненные шинопроводами, как правило, не претерпевают серьезных изменений. В крайнем случае отдельные участки сети переносят с одного места на другое.

Сети, выполненные кабелями, при изменении расположения, состава или количества технологического оборудования и связанных с ним токоприемников требуют производства трудоемких работ по перекладке сетей с полной или частичной заменой кабелей. При этом значительная часть оборудования обычно простаивает длительное время, в результате чего сокращается выпуск продукции. Применение шинопроводов благодаря тому, что установка их сводится только к сборке и сочленению отдельных элементов заводского изготовления, значительно ускоряет монтажные работы по электрическим сетям.

В магистральных сетях электроснабжения, выполненных по схеме блок трансформатор — магистраль, широко применяют шинопроводы. Благодаря защищенной конструкции шинопроводов их можно прокладывать открыто, на опорных конструкциях, в производственных и электротехнических помещениях.

При применении схемы блок трансформатор — магистраль отпадает необходимость в громоздком распределительном щите (или увеличенном наборе шкафов низшего напряжения в КТП). Щит заменен магистральным шинопроводом, который при прокладывании вдоль линии размещения токоприемников частично используют также в качестве распределительного.

На рис. 1 показан поперечный разрез по электромашиному помещению, в котором применены все виды шинопроводов.



Магистральные шинопроводы имеют расширенное применение. Их используют для связей между КТП на стороне низшего напряжения, в качестве магистралей для питания распределительных шинопроводов, щитов и шкафов станций управления, распределительных пунк-

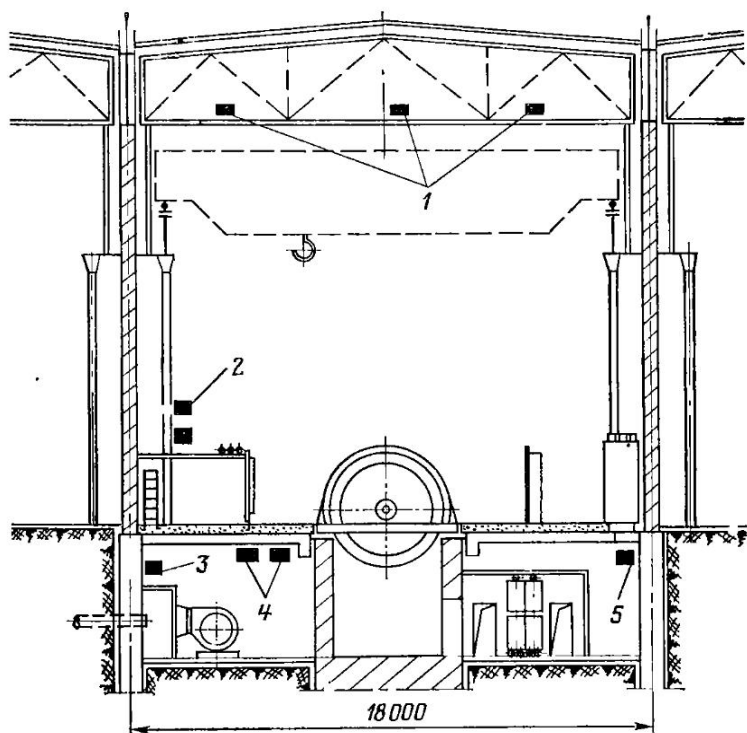


Рис. 1. Расположение шинопроводов в электромашинном помещении.

1 — осветительный шинопровод ШОС; 2 — магистральный шинопровод переменного тока ШМА; 3 — распределительный шинопровод ШРА; 4 — шинопровод постоянного тока ШМАД (для ошиновки главных приводов); 5 — троллейный шинопровод ШТМ.

тов, а также для питания крупных электроприемников и других сосредоточенных нагрузок. Магистральные шинопроводы на большие токи часто используют для питания распределительных штепсельных шинопроводов на меньшие токи. Сети, выполненные таким способом, являются наиболее предпочтительными по условиям экономии кабельной продукции и сокращения сроков ведения

монтажных работ. Однако во многих случаях лучшим решением является сочетание шинопроводов и кабелей.

Шинопроводы достаточно надежны в эксплуатации. Их повреждение крайне редко и происходит в основном из-за нарушения контактных соединений секций в местах установки болтовых сжимов, отсутствия в некоторых случаях изоляции в местах соединения секций, попадания влаги на изоляцию токоведущих шин, вибрации опорных конструкций при работе мостовых кранов, повышенной температуры среды, аварийной работы подъемно-транспортных средств, а также неисправности коммутационной и защитной аппаратуры, установленной в местах ответвлений от шинопровода.

Однако эти недостатки в основном являются следствием недостаточно качественного монтажа или неэффективной эксплуатации и поэтому ни в коей мере не умаляют многочисленных достоинств шинопроводов.

Для использования магистральных и распределительных шинопроводов характерен перерасход цветных металлов, вызванный недостаточно широкой номенклатурой шинопроводов по току, что приводит к сохранению единого сечения шинопровода по всей длине магистрали. Между тем в целях экономии проводникового материала рекомендуется уменьшение сечения шинопровода по длине по мере убывания нагрузок.

Разумеется, что снижение сечения по длине питающей магистрали возможно, если при коротких замыканиях обеспечивается срабатывание аппарата защиты, установленного в начале магистрали, или дополнительного аппарата, установленного в месте перехода магистрали с одного сечения на другое.

Использование шинопроводов позволяет вводить объекты в эксплуатацию по частям (поэтапно) в связи с тем, что линии шинопроводов собирают из отдельных элементов и поэтому они могут быть смонтированы частично, введены в эксплуатацию и затем продолжены (в отличие от кабелей, которые прокладывают сразу по всей трассе). Защищенная конструкция шинопроводов обеспечивает их прокладку на сравнительно небольшой высоте (4—5 м).

Магистрали из шинопроводов собирают из отдельных секций в крупные узлы транспортабельных размеров (9—12 м) и затем сочленяют в монтажной зоне до требуемых общих размеров участка сети.

Современное строительство промышленных предприятий часто характеризуется совмещением производства различных видов работ (строительных, сантехнических, электромонтажных и др.).

При этом некоторая часть оборудования (отопление, вентиляция, освещение, краны и т. п.) должна начать функционировать до полного окончания строительных и технологических работ. Подача питания к этому оборудованию по постоянной схеме от открытых магистралей затруднена в связи с продолжающимися строительными работами (монтаж технологических и вентиляционных трубопроводов, окраска ферм и других металлоконструкций и т. д.). Поэтому приходится сооружать временные малонадежные схемы питания, непроизводительно расходуя при этом средства и материалы. Этого можно избежать, применяя защищенные шинопроводы, прокладываемые с самого начала по постоянной схеме электропитания. Такие шинопроводы, как правило, не мешают совместной работе строителей и монтажников, обеспечивая высокую степень индустриализации монтажных работ и сокращение сроков строительства.

При конвейерном блочном монтаже покрытий цехов, когда все покрытие, включая фермы, предварительно заготавливают на нулевой отметке, а затем полностью оснащенные всеми видами коммуникаций, в том числе шинопроводами, поднимают на проектные отметки, подход к размещению шинопроводов меняется.

В этом случае целесообразно шинопроводы, которые обычно прокладывают ниже ферм, поднять в межферменное пространство (особенно при наличии электротехнических мостиков обслуживания) с тем, чтобы увеличить долю электромонтажных работ, выполняемых на нулевой отметке. При конвейерном способе монтажа покрытия здания значительный объем работ, выполняемый обычно на большой высоте, переносится на соответствующую наземную стоянку конвейера. Поэтому при таком монтаже покрытия следует использовать межферменное пространство блоков покрытия для размещения различных электрических сетей, в том числе шинопроводов, если это не приводит к резкому увеличению длины ответвлений (спусков) от магистралей. В противном случае способ монтажа покрытий здания не должен сильно влиять на выбор места прокладки шинопровода — предпочтение отдается более экономичному варианту.

Шинопроводы выбирают по расчетному току питающей линии и проверяют на потерю напряжения. Количество цветных металлов, расходуемое на шины в шинопроводах, обратно пропорционально потере напряжения. Если потеря напряжения превышает допустимые значения, то следует укоротить общую длину линии либо принять следующий больший по номинальному току шинопровод. В этих случаях помогает также улучшение коэффициента мощности нагрузок  $\cos\varphi$ , поскольку шинопроводы имеют различное падение напряжения на единицу длины в зависимости от коэффициента мощности.

## 2. МАГИСТРАЛЬНЫЕ ШИНОПРОВОДЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Переход во многих случаях от радиальных схем питания к магистральным обусловил широкое применение шинопроводов переменного тока.

Использование магистральных шинопроводов позволяет снизить аварийность электрических сетей и увеличить срок их службы, а также более рационально решать схемы сетей и обеспечивать гибкость их при необходимости изменения формы сети вследствие изменения технологии производства.

Номинальные токи шинопроводов обычно выбирают по значению вторичного номинального тока питающего трансформатора, хотя фактическая нагрузка бывает значительно ниже и поэтому шинопроводы, как правило, недостаточно используются по току (60—70%).

Шкала токов магистральных шинопроводов 1000, 1600, 2500 и 4000 А соответствует номинальным токам на низшей стороне трансформаторов мощностью 630, 1000, 1600 и 2500 кВ·А.

Магистральные шинопроводы в аварийных режимах выдерживают перегрузку, установленную для трансформаторов соответствующей мощности.

Номинальные токи шинопроводов приняты с учетом температуры окружающей среды 40°C (нагрев шин 90°C). При других температурах соответственно меняется допустимый номинальный ток шинопровода (рис. 2).

При меньших температурах имеется возможность повышения нагрузочной способности шинопровода, а при больших температурах номинальный ток шинопровода резко снижается, что приводит к недоиспользованию по

току трансформаторов. Меньшие температуры окружающей среды (менее  $40^{\circ}\text{C}$ ) наблюдаются в вентилируемых с помощью кондиционеров электротехнических помещениях, а более высокие температуры ( $40^{\circ}\text{C}$  и более) в верхних зонах производственных предприятий, например в цехах горячей прокатки металлургических заводов.

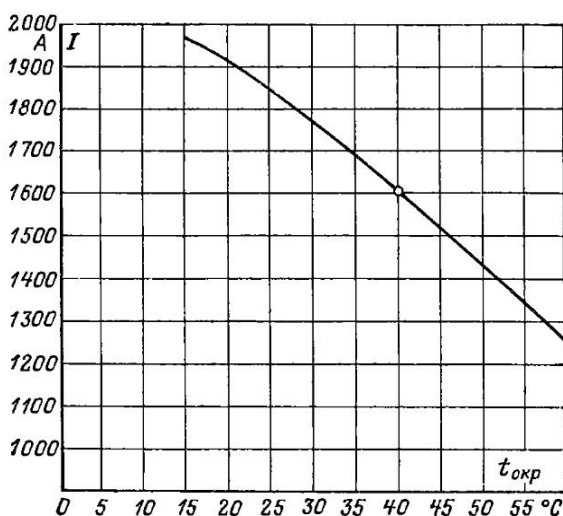


Рис. 2. Кривая зависимости допустимой нагрузки на шинопровод ШМА73 на 1600 А от температуры окружающей среды.

Машиностроительные цехи, в которых применяется значительное количество шинопроводов, характеризуются температурами окружающей среды менее  $40^{\circ}\text{C}$  и это следует учитывать при выборе шинопроводов.

Возможно ступенчатое использование шинопроводов по мере отбора мощности с помощью переходных секций с бóльшего шинопровода на меньший. Однако, имея в виду, что при дальнейшей эксплуатации не исключена вероятность прибавления нагрузок, пропускную способность шинопровода следует рассчитывать на перспективу.

В связи с ростом мощностей отдельные щиты, питаемые от трансформаторов, потребляют иногда почти всю его мощность. При этом появляется возможность отказа от использования магистральных шинопроводов и за-

мены их непосредственным соединением трансформатора со щитом.

Не рекомендуется применение схем распределения энергии, при которых от одного трансформатора отходит несколько магистральных шинопроводов с суммарной пропускной способностью, намного превышающей расчетную нагрузку трансформатора. Такая схема может применяться только при питании от одного трансформатора разных производственных участков или цехов.

С целью применения меньших по току шинопроводов и снижения потерь напряжения питание шинопроводов осуществляют по возможности в середине магистралей. Магистральные шинопроводы переменного тока изготавливают на 1600 А типа ШМА73 и на 2500 и 4000 А типа ШМА68-Н, продолжается частичное изготовление шинопровода на 4000 А типа ШМА59-Н.

Шинопроводы используют в четырехпроводных электрических сетях с глухозаземленной нейтралью (табл. 1).

Все шинопроводы имеют по шесть фазовых изолированных шин, расположенных по схеме спаренных фаз, что обеспечивает относительно низкое индуктивное сопротивление шинопроводов. Применение скомпенсированной системы шин обеспечивает более низкие потери в шинопроводах по сравнению с открытыми магистралями на равноценные токи. Более высокая стоимость шинопровода в этом случае, вызванная сложностью изготовления и необходимостью обеспечения надежной изоляции шин, компенсируется общей экономичностью такого шинопровода.

**Расположение шин.** В магистральных шинопроводах при прохождении тока в шинах вокруг них образуется внешнее магнитное поле. По мере роста тока возрастает магнитный поток и увеличиваются связанные с ним потери энергии. Поэтому для шинопроводов на токи 1000 А и более, т. е. на токи, при которых потери становятся значительными, приходится принимать меры для уменьшения магнитного потока. При токах 1600 А и более фазы выполняют в форме пакетов из нескольких шин. При этом одним из способов уменьшения потока является сближение шин.

В этих условиях изоляция шин позволяет предельно сблизить шины разных фаз, благодаря чему магнитный поток уменьшается. Однако, например, при трех шинах

Технические данные магистральных шинопроводов переменного тока

Данные	Тип шинпровода			
	ШМА73	ШМА68-Н	ШМА59-Н	ШЗМ16
Номинальный ток, А	1600	2500	4000	1600
Номинальное напряжение, В	660	660	660	660
Электродинамическая стойкость ударному току короткого замыкания, кА	70	70	100	70
Сопротивление на фазу, Ом/км:				
активное	0,031	0,027	0,013	0,017
индуктивное	0,017	0,023	0,020	0,020
полное	0,036	0,035	0,024	—
Сопротивление петли фаза — нуль (среднее), Ом/км:				
активное	0,072	—	—	—
индуктивное	0,098	—	—	—
полное	0,123	—	—	0,07
Линейная потеря напряжения, В, на длину 100 м при $\cos \varphi = 0,8$	9,7	15,4	16,4	—
Количество и размеры шин на фазу, мм	2(90×8)	2(120×10)	1(160×12)	2(100×10)
Количество и площадь сечения нулевых проводников, мм <sup>2</sup>	2×710	2×640	2×640	—
Максимальное расстояние между креплениями, мм	6000	3000	3000	6000
Степень защиты оболочки по ГОСТ 14254-69	IP20	IP20	IP20	IP31

Примечания: 1. В табл. 1-5 данные приведены по номенклатуре изделий заводов Главэлектромонтажа, а по шинопроводу ШЗМ16 — табл. 1) — УкрГлавэлектромонтажа.

2. В типах шинопроводов индексы обозначают: Ш — шинопровод; М — магистральный; А — алюминиевые шины; 59, 68, 73 — год разработки; Н — с нулевым проводом (четырёхпроводный).

в пакете ток в крайних шинах составляет 40%, а в средней 20% общего тока фазы. Поэтому в многополосных шинпроводах, имеющих по две и более шин на фазу, принимают меры, обеспечивающие наименьшие индуктивные сопротивления, например, путем спаривания, шихтовки или другого вида переплетения фаз. Заботятся также о наименьших потерях энергии в шинпроводах, например, путем исключения в оболочках замкнутых контуров из магнитных материалов.

В магистральных шинпроводах переменного тока напряжением до 1000 В расположение шин может быть осуществлено по различным схемам чередования фаз (рис. 3).

Схема расщепленных фаз (рис. 3,а) с неизолированными шинами позволяет эффективнее использовать материал шин благодаря увеличению их поверхности охлаждения. Такая схема расположения шин допустима только при двух-трех шинах в пакете. При большем числе шин на фазу

номинальный ток шинпровода увеличивается незначительно и поэтому такая схема расположения фаз является нерациональной. Она применяется в установках напряжением выше 1000 В, когда сближение разных фаз затруднено из-за необходимости изоляции шин.

Схема спаренных фаз (рис. 3,б) позволила создать относительно скомпенсированный шинпровод при несимметричном положении шин в пространстве. В этой схеме при двух шинах на фазу каждая половина одной фазы индуктивно связана с половинами всех остальных фаз и поэтому почти все магнитное поле заключено в пространстве между этими шинами и взаимное положение каждой пары шин относительно другой не имеет значения.

В настоящее время магистральные шинпроводы ШМА73 и ШМА68-Н изготавливаются только по такой шестиполосной схеме с чередованием полуфаз ВА —

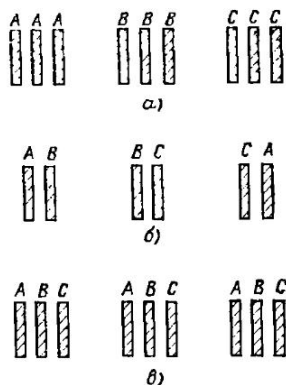


Рис. 3. Схемы расположения фаз в шинпроводах.

а — расщепленные фазы; б — спаренные фазы; в — шихтованные (переплетенные) фазы.



$AC - CB$  (при этом разнесена на края средняя фаза, рис. 4), что дает ряд преимуществ и, в частности, уменьшенное индуктивное сопротивление (0,017—0,023 Ом/км). В этих шинпроводах все шины изолированы, что обеспечивает минимальное расстояние между ними в каждом пакете, определяемое только толщиной изоляции. Пропускная способность шинпровода со спаренными фазами увеличена по сравнению с шинпроводом, где каждая фаза состоит из двух расщепленных шин идентичного сечения.

В этих шинпроводах спаренность фаз осуществляется не по всей длине шинпровода из-за того, что в местах стыка отдельных секций для возможности соединения шин с помощью одиоболтового сжима или сварки их расщепляют, располагая фазы по схеме  $A - B - C$ . В шинпроводах со спаренными фазами доля участков с неспаренными фазами составляет 9—15% в зависимости от средней длины секций в линии.

Исследования, проведенные в последнее время институтом ВНИИпроектэлектромонтаж, показали, что даже при равномерной нагрузке отдельных фаз токи, проходящие в полуфазах, неодинаковы. Это объясняется различным индуктивным сопротивлением шин-полуфаз из-за несимметричного их положения в пакете относительно других шин-полуфаз в шинпроводе со спаренными фазами.

При неравномерных нагрузках на отдельные фазы это явление сказывается в большей мере. Поэтому имеется стремление отказаться от спаренного расположения фаз. Ведутся поиски новых конструкций шинпроводов

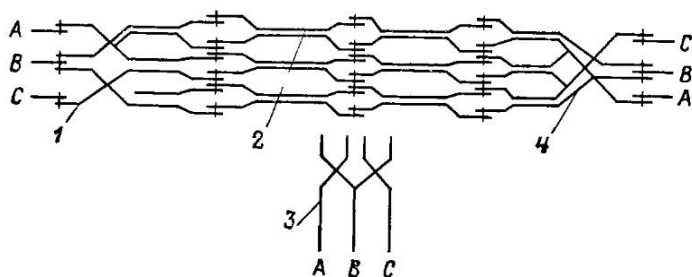


Рис. 4. Схема расположения фаз в шинпроводе со спаренными фазами.

1 — присоединительная секция; 2 — прямая (или угловая) секция; 3 — ответвительная секция; 4 — присоединительная фазировочная секция с обратным чередованием фаз.

с оптимальной схемой расположения фаз в корпусе шинопровода с целью добиться минимальных потерь.

**Схема шихтованных (переплетенных) фаз** с минимальными расстояниями между шинами разноименных фаз (рис. 3,в) имеет лучшие показатели по потерям, и поэтому целесообразна разработка шинопроводов по такой схеме.

В таком шинопроводе все шины разных фаз группируют в отдельные, как правило, плотные пакеты, что повышает электродинамическую стойкость шинопровода к возможным токам короткого замыкания. Расположение шин на близком расстоянии друг от друга способствует достижению относительно низкого индуктивного сопротивления шинопроводов и сокращению их габаритов. При этом отдельные трехфазные пакеты шин могут быть расположены в общей оболочке или в отдельных оболочках с образованием в этом случае самостоятельных модулей, из которых можно набрать шинопровод на требуемый ток.

Возможно, что в дальнейшем предпочтение будет отдано модульным шинопроводам на ограниченную шкалу токов, например до 1600 А, из которых можно собирать шинопроводы практически на любой ток, прокладывая их параллельно. При этом благодаря возможности их ступенчатой по сечению и току прокладки (без переходных секций) по мере отбора мощности обеспечивается более экономный расход шинопроводов при значительном сокращении общего количества моделей шинопроводов. Однако условия присоединения и поворотов трасс у таких наборных шинопроводов весьма затруднены.

В шинопроводе ШЗМ16, разработанном институтом ВНИИпроектэлектромонтаж, осуществлена «гибридная» схема расположения фаз, являющаяся разновидностью схем со спаренными и шихтованными фазами, но с последовательным чередованием полуфаз ( $AB - CA - BC$ ) и неравномерными расстояниями между шинами разных фаз. В этом шинопроводе шины фаз имеют сплошную изоляцию и сжаты оболочкой, используемой в качестве нулевого проводника. Такая конструкция обеспечивает непрерывное крепление шин, что повышает электродинамическую стойкость шинопровода. Этот шинопровод по потерям имеет средние показатели между шинопроводами, выполненными со спаренным и шихтованным расположением фаз.

Сравнение различных конструкций шинопроводов лишь по разовому расходу материалов и простоте изготовления является недостаточным. При создании лучшей конструкции прежде всего следует учитывать электрические параметры шинопровода и, в частности, потери энергии, имеющие постоянный характер.

**Конструкция шинопровода.** Магистральные шинопроводы переменного тока состоят из набора различных секций, комбинируя которые сооружают сети необходимой формы. Шинопровод ШМА73 на 1600 А представляет собой три пакета изолированных алюминиевых шин, собранных по схеме спаренных фаз и заключенных в кожух. Пакеты шин в кожухе стягиваются с помощью изоляторов и шпилек.

Кожух состоит из двух жестких двутавровых алюминиевых боковин и стальных перфорированных крышек (сверху и снизу). Шины и боковины кожуха выполнены из алюминиевого сплава АД31Т1. Боковины кожуха используют в качестве нулевых проводников. Их общее сечение равно сечению фазных шин, что обеспечивает присоединение однофазных нагрузок и уверенную работу защиты при однофазных коротких замыканиях в точках, удаленных от источника питания. Эти нулевые проводники используют также в качестве защитного заземления. При этом непрерывная цепь заземления обеспечивается имеющимися на боковинах накладками, соединяющими с помощью болтов стыки секций.

В шинопроводах ШМА68-Н в качестве нулевых проводников используют алюминиевые опорные уголки кожуха шинопровода. Их суммарная проводимость приблизительно равна 50% проводимости фазных шин, что в большинстве случаев является достаточным условием для присоединения нагрузок промышленных предприятий. Оба опорных уголка соединены между собой на концах каждой секции.

Конструкция магистральных шинопроводов является самонесущей, где основным элементом, определяющим жесткость секций, являются шины, расположенные на ребро, а кожух предназначен лишь для защиты от механических повреждений и прикосновений к изолированным шинам. Шины скреплены между собой через каждые 750 мм, что в сочетании с жестким кожухом (у шинопровода ШМА73) обеспечивает возможность крепления шинопровода с пролетом до 6 м (это соответствует общеприня-

тому строительному модулю; шинопровод ШМА68-Н крепят через 3 м).

Перфорация в крышках и вертикальное расположение шин обеспечивают более легкое рассеяние тепла и создают лучшие условия для интенсивного охлаждения шинопровода. Для лучшего охлаждения оболочкам шинопроводов иногда придают более развитую поверхность.

В вентилируемых шинопроводах расход проводниковых материалов в среднем на 25% ниже по сравнению с невентилируемыми шинопроводами. Поэтому изготовление шинопроводов в сплошном кожухе и с изолированными шинами представляется нецелесообразным, если при этом не достигаются лучшие показатели.

Электродинамическая стойкость шинопроводов характеризуется ударным током короткого замыкания, при прохождении которого шинопроводы (шины, изоляторы) не должны разрушаться от возникающих при этом механических усилий. Электродинамическая стойкость магистральных шинопроводов переменного тока на 1600 и 2500 А составляет 70 кА, а на 4000 А — 100 кА, что соответствует ГОСТ 8615-70.

За счет особенностей конструкции шинопровода могут быть достигнуты и большие значения электродинамической стойкости, например, в конструкции, где вместо отдельных изоляторов, расставленных с определенным шагом, применено так называемое непрерывное крепление шин с помощью плотно прилегающего кожуха (шинопровод ШЗМ16). Однако в большинстве случаев большая электродинамическая стойкость, как правило, свидетельствует о перерасходе материалов. Зарубежные фирмы иногда указывают достигнутые при испытаниях шинопроводов более высокие значения электродинамической стойкости, что не является признаком необходимости повышения электродинамической стойкости отечественных шинопроводов, за исключением случаев, когда это подтверждается расчетом.

**Материал шин.** С целью снижения расхода проводниковых материалов важно повышение плотности токовых нагрузок на шины. Этого можно добиться, например, применяя более нагревостойкие изоляционные материалы, эффективную вентиляцию, а также более рациональным подбором числа шин на фазу и их геометрических размеров, обеспечивающих снижение потерь.

Применение алюминия в кабельной промышленности с успехом распространено на шинопроводы, в которых преимущественно применяют алюминиевые шины. Использование алюминия в качестве проводникового материала вместо меди благоприятно сказалось на массе и стоимости равноценных по нагрузке шинопроводов, изготовленных целиком из алюминия (включая корпус).

Проводимость алюминия, отнесенная к массе металла, в 1,5—2 раза выше, чем у меди.

Алюминий легко обрабатывается, сваривается, он достаточно стоек против коррозии благодаря наличию защитной оксидной пленки. Наряду с этим алюминий обладает существенными недостатками: незначительной механической прочностью, малым пределом текучести, что особенно важно в местах болтовых контактных соединений, имеет непроводящую оксидную пленку, образующуюся даже в тех случаях, когда воздух имел доступ к контактным соединениям в течение очень короткого времени. Эта пленка, являясь защитной для металла, значительно ухудшает состояние контактных соединений. Устранение некоторых из этих недостатков обеспечивается применением алюминиевого твердого сплава марки АД31Т1. Механическая прочность сплава  $200 \text{ Н/мм}^2$ , т. е. почти в 3 раза больше, чем у обычного алюминия  $70 \text{ Н/мм}^2$  [1 Н (ньютон) приблизительно соответствует 0,1 кгс]. Поэтому в шинопроводах, как правило, применяют шины из сплава алюминия, благодаря чему повышается надежность болтовых контактных соединений. Несколько большее электрическое сопротивление сплава по сравнению с алюминием ( $\rho=0,0325 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ ) не имеет решающего значения для большинства шинопроводов.

**Изоляция шин.** В шинопроводах со спаренными фазами изоляция шин обязательна, потому что шины разных фаз расположены рядом. Она повышает электрическую прочность и позволяет создать сравнительно компактную конструкцию шинопровода по сравнению с конструкцией, в которой шины не изолированы. Нулевые шины в четырехпроводных магистральных шинопроводах, используемых в сетях с глухозаземленной нейтралью, будучи проложенными внутри корпуса шинопровода, могут быть неизолированными (в отличие от спаренных фазных шин), но для возможности применения шинопровода как в системах с глухозаземленной, так и изо-

лированной нейтралью пулевые шины должны быть изолированы только от кожуха шинопровода.

Для изоляции шин применяют стеклолакоткань, накладываемую на шину в два и более слоя, что является весьма трудоемкой операцией, и поэтому ведутся поиски по ее замене на другие изоляционные покрытия (термосадочные шланги, напыление изоляции и лаки).

Для повышения надежности изоляции полуфазы разных фаз в пакете дополнительно разделены сплошной перегородкой из изоляционного материала. Изоляция шин имеет недостаточную механическую прочность и может быть сравнительно легко повреждена, поэтому к установке шинопровода, например, ШМА73, имеющего перфорированный кожух, по условиям окружающей среды предъявляются более строгие требования, чем к установке шинопровода в закрытом исполнении, например, ШЗМ16.

Для изоляции и защиты мест соединений шин отдельных секций шинопровода используют комплекты изоляционных разъемных кожухов, соединяемых между собой с помощью замковых элементов. Такие кожухи имеются как для защиты сварных соединений, так и для случаев, когда соединения секций выполнены с помощью одноболтовых сжимов. В эти комплекты входят также материалы, необходимые для изоляции самих шин в местах стыка секций.

**Оболочка шинопровода.** Для защиты неизолированных (или недостаточно изолированных) шин от возможных прикосновений к токоведущим частям и механических повреждений шинопроводы имеют перфорированные (дырчатые) или сплошные оболочки. Эти оболочки благодаря наличию отверстий или развитой поверхности помогают вентилировать шинопровод. Отверстия в оболочке также препятствуют значительному скоплению пыли внутри шинопровода, что благоприятно сказывается на его эксплуатации (уменьшаются периоды между чистками). Шины, изолированные, например, лаками или другими подобными изоляционными материалами, в соответствии с ГОСТ 14254-69 считаются недостаточно изолированными по условиям прикосновения и возможности механических повреждений. Следует иметь в виду, что наличие изоляции в этом случае на шинах шинопровода не влияет на определение степени защиты его оболочки.

Степень защиты оболочки в соответствии с ГОСТ 14254-69 зависит от возможности проникновения внутрь этой оболочки твердых тел и воды, а также прикосновения к токоведущим частям, что характеризуется наличием и размерами отверстий в оболочке, т. е. степенью ее уплотнения. Однако изоляция шин в шинпроводе, имеющем оболочку с перфорацией, может служить дополнительным фактором при определении области при-

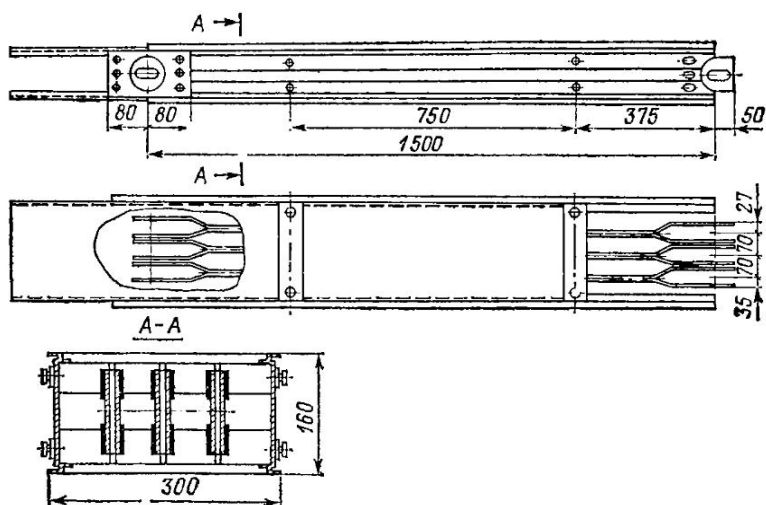


Рис. 5. Прямая секция шинпровода ШМА73 на 1600 А.

менения шинпровода; например, такой шинпровод лучше противостоит относительно запыленной среде, чем шинпровод в такой же оболочке, но с неизолированными шинами.

**Прямые секции** (рис. 5). Длины прямых секций шинпроводов унифицированы с определенным шагом, кратным 750 мм, что облегчает их комплектацию в линии любой длины.

По условиям монтажа и сокращения количества разновидностей секций линии шинпроводов обычно комплектуют из прямых секций наибольшей длины (6 м). Однако в связи с тем, что ответвления на магистральных шинпроводах можно осуществлять только в местах стыка отдельных секций, приходится при часто расположенных ответвлениях использовать прямые секции меньшей длины (0,75; 1,5; 3,0 и 4,5 м). Прямые секции не-

большой длины необходимы также для образования прямых участков сетей, не кратных 6 м. Поскольку протяженность отдельных участков шинпровода, входящих в линию, predeterminedена взаимной расстановкой оборудования, то предъявляются более жесткие требования к точности установки этого оборудования, для связей которого предусмотрены шинпроводы.

**Угловые секции** используют для поворотов трасс на  $90^\circ$  в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Под углом  $90^\circ$  могут быть также соединены прямые секции, однако при этом на углах таких соединений устанавливаются специальные комплекты угловых крышек, закрывающие выступающие концы шин прямых секций. Для разветвления шинпровода на три направления имеются тройниковые горизонтальные и вертикальные секции.

Линии шинпроводов собирают из отдельных секций, сочленяемых в мастерских электромонтажных заготовок в блоки длиной до 9—12 м или других транспортабельных размеров, что сокращает работы в монтажной зоне.

**Подгоночные секции** — это доборные секции, применяя которые можно добиться практически любой длины прямых участков шинпроводов. Это достигается возможностью регулировки этих секций по длине в пределах от 300 до 1050 мм, что обеспечивается обрезкой кожуха и всех прямых концов шин секции и последующей сдвижкой их до требуемых размеров, определяемых по натурным замерам.

Подгоночные секции применяют в основном тогда, когда с помощью прямых, угловых и других секций не удается создать линию необходимой длины, или на участках, длина которых predeterminedена, например, точной привязкой оборудования и не может быть составлена из целого числа прямых секций.

Подгоночные секции применяют в местах подвода к оборудованию при необходимости выхода на определенную горизонтальную отметку, на которой прокладывается шинпровод. Подгоночные секции применяют также в местах прохода через стены и перекрытия помещений. При этом, как правило, требуется разделение как помещений, так и самого шинпровода в целях исключения температурных и других воздействий со стороны одного помещения на другое через щели в местах прохода и неплотности шинпровода, имеющего перфорированную оболочку. В этих случаях подгоночные



секции, не имеющие «спаренных фаз» (т. е. разных фаз в одном пакете шин), лучшим образом обеспечивают даже при нарушениях целостности изоляции шин надежность узла перехода шин через разделительную плиту.

При вертикальном проходе шинопровода через перекрытие также требуется герметизация места прохода, исключающего возникновение тяги через кожух шинопровода и, кроме того, обеспечивающего крепление шин на вертикальных участках (через каждые 15 м). Фиксированное крепление шин достигается использованием однопольного сжима в качестве осевой опоры, выдерживающей силу тяжести вертикального участка шинопровода. В этом узле шины сваривают и поэтому тарельчатые шайбы не устанавливают. С помощью опорных креплений через каждые 15 м может быть увеличена общая высота прокладки шинопровода на вертикальных участках. Подгоночные секции могут также потребоваться при осуществлении монтажа магистрали одновременно с двух сторон цеха, когда неизбежные отступления в строительной части сооружения приводят к образованию в середине магистрали участка, не кратного размеру целой прямой секции.

Массовое применение подгоночных секций ограничивают в связи с необходимостью их обрезки на монтаже и, следовательно, увеличенными отходами цветных металлов. При правильной комплектации питающих магистралей переменного тока, имеющих в основном протяженную прямолинейную форму, количество подгоночных секций обычно не превышает 5% общего числа секций.

**Присоединительные секции** применяют для соединения вводных шкафов низшего напряжения комплектных трансформаторных подстанций с шинопроводами. Эти секции бывают нормальные и фазировочные (с обратным чередованием фаз), предназначенные для соблюдения фазировки шин. Фазировочную секцию применяют при необходимости сфазирования шинных выводов двух КТП, расположенных на концах одной магистрали.

Оба вида этих секций (нормальные и фазировочные) имеют два исполнения, отличающиеся положением шин относительно выводов КТП и позволяющие выполнить ответвление вдоль или поперек продольной оси КТП, что позволяет осуществить вывод шинопроводами практически при любом положении КТП относительно расположения магистрали.

Имеются также разновидности присоединительных секций в зависимости от конструкции вводных шкафов. Например, одни заводы изготовляют шкафы с выводами шин, расположенными внутри шкафа, а другие — с выводами шин, расположенными снаружи шкафа. Это неоправданно увеличивает номенклатуру присоединительных секций и является, по-видимому, временным явлением, до унификации моделей КТП, изготавливаемых различными заводами. Например, шкафы различных заводов, но с автоматами «Электрон» имеют одинаковые исполнения шинных выводов.

**Гибкие секции** выполнены из большого количества одножильных изолированных проводов марки АПВ сечением 95—120 мм<sup>2</sup> (12 на фазу) и применяются для обхода различного рода строительных и технологических препятствий, когда это трудно выполнить с помощью жестких угловых секций. Гибкую секцию устанавливают также в местах температурных и осадочных швов здания для компенсации возможных смещений отдельных элементов сооружения. Гибкая секция может быть изогнута под углом 90—180°.

В местах, где требуется защита гибкой части секции от механических повреждений, провода защищают жестким или гибким коробом. Присоединительные части гибкой секции, стыкуемые с другими секциями шинопровода, имеют аналогичные с ними концевые участки шин, что позволяет сохранить принятый способ соединения секций.

**Компенсационные секции.** На магистральных шинопроводах для устранения механических усилий в шинах, возникающих при их температурном удлинении, необходима установка компенсаторов. В секции с компенсатором участок шин заменен изолированными проводами (аналогично гибкой секции), выполняющими роль компенсатора. Эти провода защищены крышками телескопической конструкции, что позволяет компенсировать температурные изменения шин по длине в пределах  $\pm 50$  мм. Секции с компенсатором могут быть установлены в местах пересечения трассы шинопровода с температурными швами здания.

Заметное удлинение шинопроводов вследствие увеличения температуры окружающей среды наблюдается только на очень протяженных трассах, где и необходимо предусматривать компенсацию этих удлинений.

**Ответвительные секции** шинпровода имеются в двух исполнениях: для непосредственного (глухого) присоединения к шинпроводу и для присоединения с помощью разъединителя (рубильника) на 630 А.

При этом секции для глухого присоединения к шинпроводу выполнены в двух модификациях: с нижним или боковым выводом проводов, что обеспечивает лучшие возможности для присоединения к потребителям.

Ответвительные секции, предназначенные для глухого присоединения к шинпроводу, применяют при небольших расстояниях до вводного шкафа токоприемника (не более 3—6 м). Увеличение этого расстояния до 30 м возможно при условии выбора сечения ответвительных проводов на ток не менее 10% пропускной способности шинпровода. В других случаях необходима установка в месте ответвления защитного аппарата (автомата или предохранителей). Ответвительную секцию с разъединителем устанавливают в случаях, когда необходим коммутационный аппарат в головной части ответвления. Это может потребоваться в случаях, когда такой аппарат отсутствует в вводном шкафу токоприемника.

Ответвительные секции выполнены в виде коробок со встроенными шинами, рассчитанными на присоединение к каждой из них не более четырех проводов сечением до 120—150 мм<sup>2</sup>. Эти секции могут быть установлены только в местах стыка двух секций шинпровода. Ответвительная секция с разъединителем на 630 А предназначена для нечастых коммутаций при снятой нагрузке. Ответвительные секции с непосредственным присоединением проводов (без коммутационных аппаратов) могут устанавливаться как под шинпроводом, так и над шинпроводом. Все ответвительные секции устанавливают в местах, доступных для обслуживания.

**Соединение секций.** Конструкция магистральных шинпроводов переменного тока позволяет все соединения (стыки) между секциями выполнять с помощью одноболтовых сжимов или сваркой. Одноболтовой сжим соединяет сразу 12 концов шин смежных секций. Затяжка одним болтом и применение пружинных (тарельчатых) шайб обеспечивают необходимое и одинаковое давление на все контактные поверхности стыкуемых шин, а также создают возможность одновременного регулирования давления во всех контактах одного соединения.

Использование одиоболтовых сжимов обеспечивает возможность создания разъемных контактов. Разъемные (разборные) контакты нужны, например: при подводе шинпровода к электрооборудованию для возможности его замены; в малодоступных местах, где трудно осуществить сварку (например, требуется выполнение потолочного шва); когда ожидается перепланировка технологического оборудования и питающих электрических сетей и, следовательно, необходимы разъемные участки этих сетей для создания большей гибкости при демонтаже шинпроводов; в местах ошиновок, где по эксплуатационным условиям (например, отсоединение ошиновок для производства замеров изоляции) могут потребоваться разъемные контакты.

При наличии совокупности перечисленных неблагоприятных условий может потребоваться до 5% одиоболтовых сжимов.

**Переходная секция** с одного шинпровода на другой применяется при необходимости построения сети, ступенчатой по току. Имеются секции для перехода с шинпровода 2500 А на шинпровод 1600 А, отличающиеся от обычных прямых секций разными контактными частями по концам секций, рассчитанными на различные номинальные токи.

Переходные секции с шинпровода на многоамперный кабель марки АсВВ применяют в случаях сооружения смешанных (комбинированных) сетей, когда наряду с шинпроводами на отдельных участках магистралей применяют одножильные кабели марки АсВВ [4]. Кабельные наконечники для этих целей заказывают отдельно.

**Прокладка шинпроводов.** Шинпроводы прокладывают по стенам, колоннам, на стойках, часто под перекрытием, реже на фермах и по подкрановым балкам со стороны, где отсутствуют крановые троллеи (рис. 6). Иногда шинпроводы прокладывают в туннелях и на специальных электротехнических мостиках, если эти мостики в основном предусмотрены для других нужд, например для обслуживания светильников. Сооружение специальных мостиков для обслуживания только шинпроводов нецелесообразно по причине повышенного расхода металла на их сооружение.

Шинпроводы ШМА73 и ШМА68-Н, имеющие степень защиты оболочки IP20, прокладывают в производствен-

ных помещениях на высоте 2,5 м. В электротехнических помещениях высота прокладки этих шинопроводов не нормируется.

При прокладке шинопроводов на фермах создаются дополнительные нагрузки на фермы, в некоторых случаях не учтенные при выборе этих ферм. Поэтому электри-

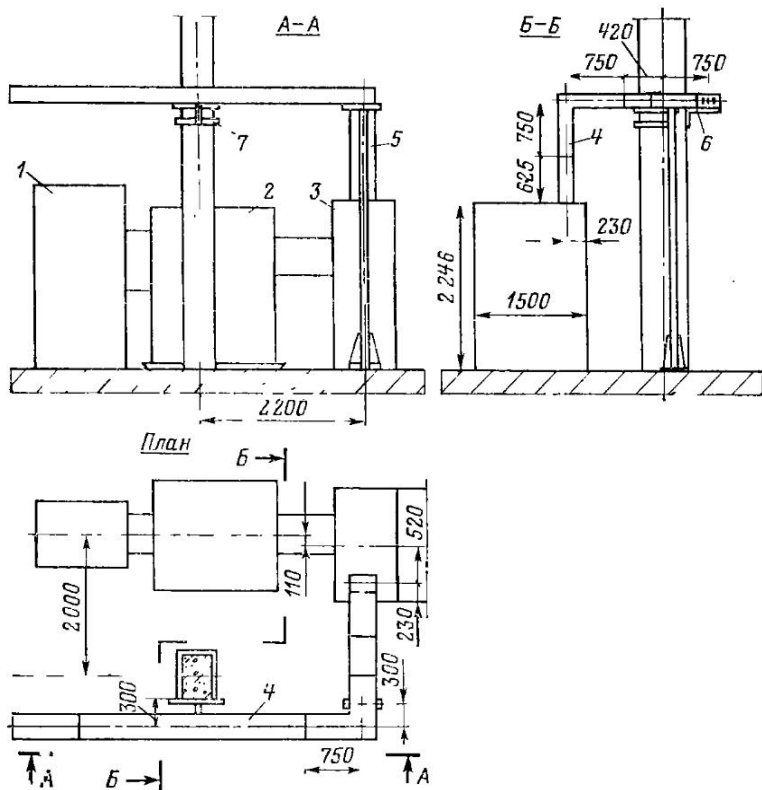


Рис. 6. Подвод шинопровода ШМА73 на 1600 А к комплектной трансформаторной подстанции.

1 — шкаф высшего напряжения; 2 — трансформатор; 3 — шкаф низшего напряжения; 4 — шинопровод; 5 — стойка; 6 — кроштейн; 7 — обхват.

ки обычно задают строителям ожидаемые нагрузки на фермы от шинопроводов, указывая при этом точки приложения, направления и значения нагрузок. Во избежание повреждения шинопроводов прокладка их вдоль колонн, под краном может быть осуществлена только в мертвой зоне крана.

При выборе трасс прокладки магистральных шинопроводов следует стремиться к тому, чтобы шинопроводы имели минимальное количество поворотов в горизонтальных и вертикальных плоскостях, что сократит применение сложных угловых секций.

На горизонтальных и вертикальных участках шинопроводы крепят через 3—6 м. Горизонтальные и вертикальные расстояния между шинопроводами определяют по условиям обеспечения снятия крышек и удобства сварки, а также монтажа и эксплуатации шинопроводов.

### 3. ШИНОПРОВОДЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Ошиновки главных приводов обычно характеризуются значительной протяженностью, большими номинальными токами (до 12 000 А) и возможными токами коротких замыканий до 100 кА и более.

Шинопроводы постоянного тока находят широкое применение в ошиновках мощных преобразовательных агрегатов и двигателей при токах 1600 А и выше. Номинальный ток шинопроводов серий ШМАД и ШМАДК 1600, 2500, 4000 и 6300 А часто оказывается недостаточным. В этих случаях прибегают к спариванию пакетов шин одного шинопровода, превращая его в однополюсный и увеличивая при этом его номинальную нагрузку вдвое (табл. 2).

Таблица 2

Технические данные магистральных шинопроводов постоянного тока серий ШМАД и ШМАДК

Номинальный ток, А	Электродинамическая стой- кость, кА	Размеры сечения алюминиевых шин на полюс, мм
1600	60	2(80×8)
2500	80	3(80×8)
4000	110	3(120×10)
6300	125	3(160×12)

Испытательное напряжение шинопроводов серий ШМАД и ШМАДК составляет 5000 В, поэтому их можно использовать также в цепях преобразовательных агрегатов, где возможны перенапряжения и требуется повышенное испытательное напряжение шинопровода.

Магистральные двухполюсные шинопроводы постоянного тока серий ШМАД и ШМАДК предназначены в основном для связи источников питания (машинных или статических преобразователей) с двигателями главных приводов прокатных станков. Эти шинопроводы могут использоваться в сетях напряжением до 1200 В, например, для питания мощных кранов постоянного тока.

В качестве сетевых для питания приводов постоянного тока отдельных механизмов эти шинопроводы применяют очень редко в связи с тем, что механизмы, оснащенные приводами постоянного тока, как правило, питаются не от сети неизменного напряжения, а от индивидуальных преобразователей. Шинопроводы собирают из отдельных секций. Секции шинопроводов состоят из неизолированных пакетов алюминиевых шин, проложенных в изоляторах-клинцах и скрепленных обоймами, расположенными с шагом 750 мм. Обоймы соединены опорными уголками, которые используют для крепления и заземления шинопроводов.

Шинопроводы серии ШМАД изготавливают в открытом исполнении (без крышек), что соответствует степени защиты IP00. Такие шинопроводы прокладывают только в электротехнических помещениях в местах, не требующих защиты от механических повреждений. Шинопроводы серии ШМАДК изготавливают в защищенном исполнении (с крышками). Степень защиты оболочки таких шинопроводов — IP20. Эти шинопроводы прокладывают в электротехнических помещениях в тех случаях, когда необходима их защита от возможных прикосновений и механических повреждений по всей трассе или на отдельных ее участках. В производственных помещениях, как правило, применяют шинопроводы, защищенные крышками. При пересечениях с технологическими коммуникациями шинопроводы защищают крышками только в местах пересечений.

Шины соседних секций соединяют сваркой, при этом образуются блоки транспортабельной длины (до 12 м). Прямые секции (рис. 7) изготавливают различной длины (750, 1500, 3000 и 4500 мм), сочетая эти секции, можно получить трассу необходимой протяженности. Угловые секции изготавливают в двух исполнениях: с изгибом шин на ребро для поворотов в вертикальной плоскости и с изгибом шин на плоскость для поворотов в горизонтальной плоскости.

Шинопроводы прокладывают по стенам, колоннам, под перекрытием. На шинопроводах возможна установка компенсаторов в местах перехода через температурные и осадочные швы здания и в местах подвода шинопроводов к оборудованию.

На шинопроводах имеется также возможность установки шунтов для измерительных целей. Секции с шунтами по условиям удобства обслуживания нежелательно устанавливать над оборудованием, а по условиям охлаждения — вертикально.

Шинопроводы можно прокладывать как горизонтально, так и вертикально. При этом на вертикальных участках прокладка ограничивается 15 м.

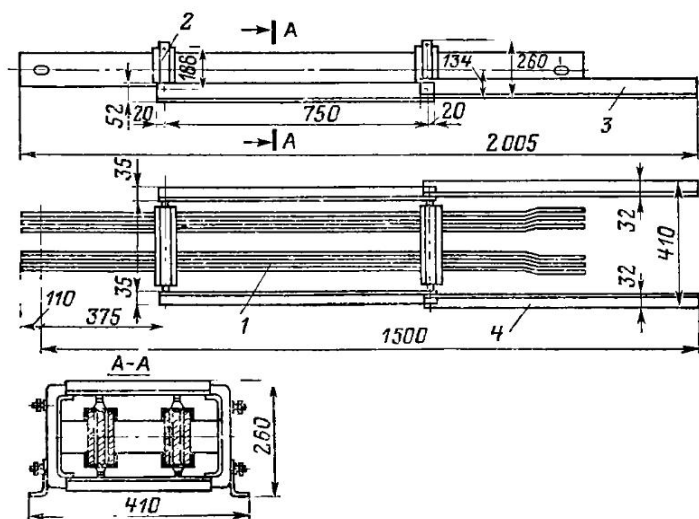


Рис. 7. Прямая секция шинопровода ШМАД70 на 6300 А.  
1 — шины; 2 — ярмо; 3 — опорный уголок; 4 — соединительный уголок.

Шинопроводы крепят через 3 м. Высота прокладки для открытых шинопроводов ШМАД — 2500 мм, а для защищенных ШМАДК — 1900 мм, если их прокладывают в электротехнических помещениях, и 2500 мм — в производственных помещениях.

Шинопровод является самонесущим, поэтому его рабочее положение соответствует расположению шин на ребро. На рис. 8 показана прокладка шинопровода к двигателю прокатного стана.



Шинопроводы часто прокладывают в стесненных условиях подвалов электромашинных помещений, когда трассы их обусловлены выступающими фундаментами оборудования, технологическими коммуникациями и т. п.

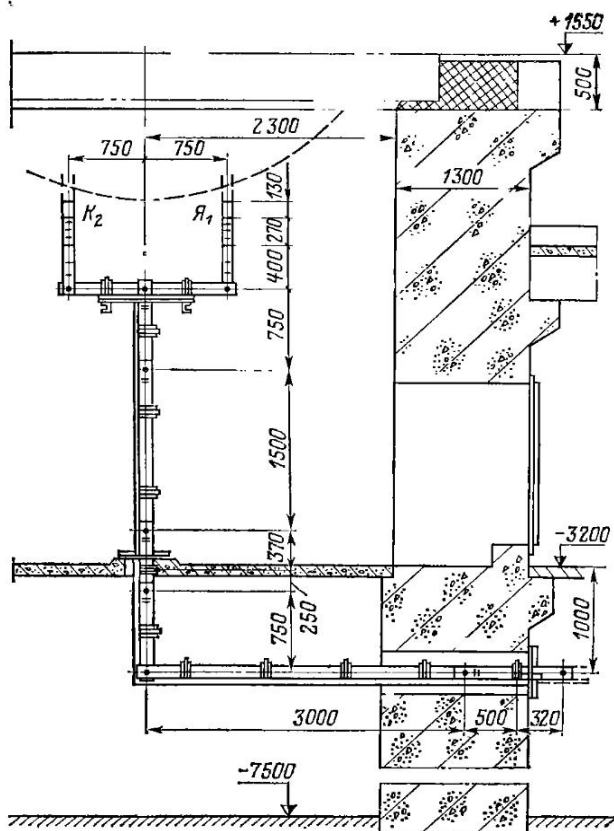


Рис. 8. Подвод шинпровода ШМАДК70 на 6300 А к двигателю прокатного стана.

При этом используют подгоночные секции, применяемые как доборные по трассе шинпроводов в тех случаях, когда требуется соблюдение определенных длин отдельных участков шинпровода. Подгоночные секции имеют регулируемую длину 400—1150 мм.

В связи с имеющими место отступлениями от проекта в строительной части здания обрезку подгоночных секций во всех случаях следует производить в соответствии с натурными замерами в монтажной зоне, что приводит к повышенным отходам. Поэтому применение подгоночных секций оправдано только в случаях, когда длины отдельных прямолинейных участков шинопроводов predeterminedены точной привязкой оборудования или строительными препятствиями, встречающимися на пути прокладки шинопроводов, а также в местах подвода шинопроводов к оборудованию.

Ответвления от открытых шинопроводов серии ШМАД выполняют непосредственно шинами в любом месте без применения ответвительных секций. Ответвления от защищенных шинопроводов серии ШМАДК осуществляют с помощью специальных ответвительных секций. Эти ответвительные секции устанавливают только в местах стыка секций. При этом ответвления могут быть выполнены шинами, проводами или кабелями.

#### **4. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ШИНОПРОВОДЫ**

Широкое применение распределительных шинопроводов в основном объясняется тем, что они в большей мере, чем любые другие виды распределительных сетей, отвечают современным требованиям в отношении быстроты выполнения сетей и ни с чем не сравнимы в отношении их мобильности при перестройке технологического процесса производства. Распределительные шинопроводы представляют собой как бы «растянутые» в длину распределительные устройства низшего напряжения с почти неограниченными возможностями по выбору места и количества ответвлений.

Шинопроводы обеспечивают наличие постоянных точек для присоединения ответвлений на различные номинальные токи по всей трассе шинопроводов. Это достигается наличием штепсельных присоединений, что не требует специальной подготовки мест присоединения и может быть выполнено без снятия напряжения с шинопровода.

Распределительные шинопроводы применяют на последних ступенях распределения электроэнергии и особенно в случаях, когда ожидается изменение технологического процесса, связанное с перестановкой техно-

логического и, следовательно, электрического оборудования, а также при перспективе добавления нагрузок, что является характерным для цехов машиностроительной промышленности со станочным оборудованием.

Применение штепсельных распределительных шинопроводов всегда допускает расширение и изменение компоновки технологического оборудования, а также возможность беспрепятственного добавления дополнительных ответвлений с помощью простого подключения ответвительной коробки, что является большим преимуществом штепсельных шинопроводов.

Достоинство штепсельных шинопроводов состоит также в том, что они допускают сравнительно большое количество ответвлений (два на 1 м). Такое количество ответвлений обеспечивает подвод питания к большому количеству электроприемников, сосредоточенных на небольших производственных площадях. При небольшом количестве ответвлений, например менее двух-трех на 6 м длины шинопровода, следует рассматривать целесообразность применения радиальных электрических сетей.

Распределительные шинопроводы преимущественно применяют в производственных помещениях с частым расположением электроприемников, размещенных рядом (металлообрабатывающие, сборочные цехи и т. п.). Расположение распределительных сетей в цехе тесно связано с размещением электроприемников, и поэтому эти сети предельно приближают к ним.

К распределительным шинопроводам в основном присоединяют вводные шкафы электроприемников. При этом в связи с тем, что шинопроводы, как правило, проложены в непосредственной близости от электроприемников, длина ответвлений к ним обычно не превышает 3—6 м. В этих случаях отсутствует необходимость в установке защитных аппаратов на головных участках ответвительных линий при условии, что такие аппараты установлены в вводных шкафах технологического оборудования. Этого преимущества трудно добиться при применении радиальной схемы питания с распределительными пунктами в связи с различной и значительной длиной большинства ответвлений.

Наличие ответвительных коробок с автоматами, предохранителями и разъединителями позволяет принять различные решения по защите и отключению потреби-

телей. Ответвления от шинопровода к токоприемникам обычно выполняют проводами по поддерживающим конструкциям, а на участках, подверженных возможным механическим повреждениям, — в металлорукавах и ре-же в трубах.

Распределительные шинопроводы ШРА73 предназна-чены для передачи и распределения электрической энер-гии переменного тока напряжением 380/220 В внутри помещений в четырехпроводных системах с глухозазем-ленной нейтралью (табл. 3).

Таблица 3  
Технические данные распределительного шинопровода ШРА73

Данные	Номинальный ток шинопровода, А		
	250	400	630
Номинальное напряжение, В	380/220	380/220	380/220
Электродинамическая стойкость удар-ному току короткого замыкания, кА	15	25	35
Размеры шин, мм	35×5	50×5	80×5
Активное сопротивление на фазу, Ом/км	0,2	0,13	0,085
Индуктивное сопротивление на фазу, Ом/км	0,1	0,1	0,075
Полное сопротивление на фазу, Ом/км	0,24	0,16	0,11
Линейная потеря напряжения, В, на длине 100 м при $\cos \varphi = 0,8$	9,5	11,5	12,5
Число ответвлений, шт/м	2	2	2
Максимальное расстояние между креплениями, мм	3000	3000	3000
Степень защиты оболочки (по ГОСТ 14254-69)	IP32	IP32	IP32

Шинопровод состоит из набора нормализованных секций и ответвительных коробок. Имеются также раз-личные конструкции для крепления шинопроводов. В кожухе шинопровода на изоляторах, расставленных через 500 мм, закреплены три фазовые и нулевая неизо-лированные шины. Все шины одинакового сечения, что имеет большое значение в установках, где преобладают однофазные нагрузки, например освещение. Изолятор служит камерой для втычного (штепсельного) присоеди-нения ответвительных коробок (рис. 9).

На обеих боковых сторонах шинопровода через каж-дые 1000 мм предусмотрены окна для присоединения ответвлений. Эти окна автоматически закрываются с по-

мощью шторок после отключения ответвления (разобщения штепсельных контактов). При отключении ответвительной коробки происходит двойное последовательное отключение коммутационного устройства: вначале в коробке, а затем в шинопроводе (на шинах). При такой конструкции ответвительной коробки неприятности при отключении, если они возникнут, приведут к повреждению в первую очередь коробки, а не шинопровода. Включение происходит в обратном порядке, что обеспечивает большую безопасность при эксплуатации этого

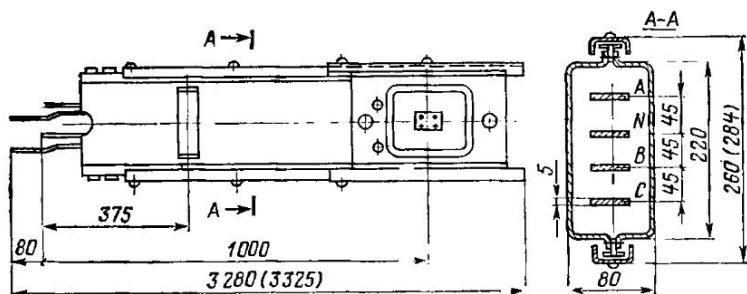


Рис. 9. Прямая секция распределительного шинопровода ШРА73 на 250, 400 и 630 А (в скобках указаны размеры для шинопроводов на 400 и 630 А).

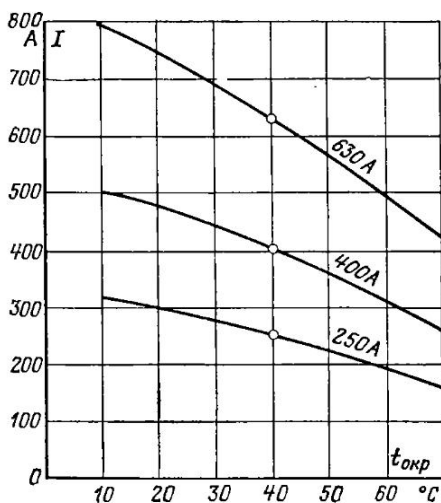
шинопровода и, в частности, при присоединении ответвительных коробок к шинопроводу, находящемуся под напряжением. При этом процесс присоединения разделен на установку коробки и включение контактов коммутационного устройства. Благодаря специальным механическим блокировкам доступ к аппаратуре, установленной в ответвительных коробках (автоматам, предохранителям, разъединителям), возможен только при предварительном размыкании штепсельных контактов с шинами шинопровода.

Включение штепсельных контактов возможно только при закрытых коробках. При установке ответвительной коробки на шинопровод обеспечивается надежная металлическая связь между корпусом коробки и заземленной оболочкой шинопровода до соприкосновения штепсельных фазовых контактов с шинами, что обеспечивает безопасное присоединение коробок к шинопроводу. Соединение шин отдельных секций болтовое.

Подвод питания к шинопроводу может быть осуществлен как в конце, так и в середине линии с соответствующей установкой вводной секции. Для этого вводная секция рассчитывается на двойной номинальный ток шинопровода.

На рис. 10 приведены кривые зависимости нагрузки на шинопровод от температуры окружающей среды. При температурах окружающей среды, отличных от  $40^{\circ}\text{C}$ , следует корректировать допустимые нагрузки на шинопроводы.

Рис. 10. Кривые зависимости допускаемой нагрузки на шинопровод ШРА73 на 250, 400 и 630 А от температуры окружающей среды.



Распределительные шинопроводы в зависимости от расположения технологического оборудования прокладывают по стенам — на кронштейнах, под перекрытием — на подвесах и на полу, в средней части пролета цеха — на стойках. Стойки, применяемые для прокладки шинопроводов, обычно устанавливают с шагом 3 м вдоль каждого ряда оборудования, что загромождает производственное помещение, ограничивает маневренность внутрицехового транспорта, а также сильно ухудшает внешний вид производственного помещения и в некоторых случаях затемняет его. Поэтому технологи часто возражают против такой прокладки распределительных шинопроводов. Однако при прокладке шинопроводов на стойках они приближаются к электроприемникам,

что сокращает длину ответвлений, и находятся в лучших условиях для обслуживания. Распределительные шинопроводы ШРА73, имеющие достаточно высокую степень защиты оболочки (IP32), обеспечивающую безопасность обслуживания, могут быть проложены на ненормируемой высоте, например на стойках небольшой высоты (0,5 м). Шинопроводы, проложенные на таких стойках между рядами оборудования, менее заметны, позволяют полнее использовать подъемно-транспортные средства, а также в большей мере сокращают длину ответвлений к токоприемникам и становятся еще более доступными для обслуживания.

Распределительные шинопроводы с более высокой степенью защиты оболочки могут прокладываться непосредственно по технологическому оборудованию, например вдоль непрерывных технологических линий.

## **5. ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ШИНОПРОВОДЫ**

Применение осветительных шинопроводов обеспечивает почти полную индустриализацию монтажа (групповых) осветительных сетей, а также возможность подключения дополнительных светильников благодаря наличию свободных штепсельных разъемов.

Шинопроводы ШОС67 на 25 А, ШОС73А на 63 А и ШОС73 на 100 А (табл. 4) используют при выполнении осветительных групповых сетей в производственных и электротехнических помещениях. Применение этих шинопроводов обеспечивает безопасное присоединение светильников под напряжением с помощью штепсельных разъемов. Возможно также присоединение к этим шинопроводам электрифицированного ручного инструмента и других электроприемников небольшой мощности.

Шинопроводы серии ШОС являются четырехпроводными и выполнены на 25 А на основе медных проводов, на 63 А на основе плакированных алюминиевых шин, а на 100 А на основе медных шин, проложенных на изоляторах. Осветительные шинопроводы изготавливают в виде отдельных секций (прямых, угловых, вводных, гибких и т. п.). Наличие штепсельных присоединений светильников к шинопроводу позволяет отключать и снимать любой светильник для чистки, ремонта или замены без отключения всей группы. Электрическое соединение отдельных секций между собой также преду-

смотрено штепсельное. При этом один конец секции имеет розетку, а другой —вилку. Механическое соединение смежных секций выполняют с помощью соединительных муфт. Прямые секции снабжены штепсельными окнами —розетками для присоединения светильников. В эти окна, расположенные через каждые 1000 мм, попеременно выведены разные фазы шинпровода (А, В, С) и нулевой провод. Это позволяет равномерно нагружать отдельные фазы шинпровода.

Таблица 4

Технические данные осветительных шинпроводов

Данные	Тип шинпровода		
	ШОС67	ШОС73А	ШОС73
Номинальный ток, А	25	63	100
Номинальное напряжение, В	380/220	380/220	380/220
Электродинамическая стойкость ударному току короткого замыкания, кА	—	5	5
Номинальный ток штепселя, А	10	10	10
Высота и ширина сечения короба, мм	35×45	70×80	70×80
Допустимая нагрузка, кН/м	0,12	0,2	0,2
Максимальное расстояние между креплениями, мм	2000	3000	3000
Степень защиты оболочки (по ГОСТ 14254-69)	IP32	IP32	IP32

Примечание. Шинпровод ШОС67 выполнен на проводах с медными жилами сечением 6 мм<sup>2</sup>, ШОС73А — на плакированных алюминиевых шинах размером 3,5×11,6 мм, ШОС73 — на медных шинах размером 3,5×11,6 мм.

Свободные штепсельные окна закрыты крышками. При извлечении штепсельных вилок из окон эти крышки автоматически закрываются. На вилке имеется приспособление для фиксации ее на шинпроводе.

Номинальный ток ответвительной штепсельной вилки 10 А. Шинпровод обладает достаточной несущей способностью, позволяющей подвешивать непосредственно к нему светильники массой не более 20 кг на 1 м (при шаге крепления шинпровода 3 м).

Максимальные расстояния между местами крепления шинпровода ШОС67 — 2 м, а ШОС73 — 3 м. Для подвода питания к шинпроводу имеются вводные секции с зажимами для присоединения проводов сечением до 50 мм<sup>2</sup>. Такая секция может быть установлена как в середине, так и в конце линии. Гибкая секция для всех



осветительных шинопроводов выполнена с применением проводов, заключенных в гибкий металлорукав. Ее устанавливают в местах температурных швов здания и при необходимости обхода различных препятствий.

Поворот трассы шинопроводов ШОС73 выполняют в горизонтальной плоскости с помощью угловых секций, а в вертикальной плоскости — с помощью гибкой секции.

Оболочка каждой секции шинопровода соединена с нулевым проводником, благодаря чему обеспечивается заземление всей линии. Осветительные шинопроводы (рис. 11) прокладывают под перекрытием на подвесах, по стенам на кронштейнах, на колоннах с помощью обхватов, на стойках и по нижнему поясу ферм на закрепах.

Целесообразным устройством для прокладки осветительных сетей, установки светильников и особенно их полноценного обслуживания (чистка, замена) являются специальные электротехнические мостики, сооружаемые в высоких цехах в пределах стропильных ферм. Использование в этих случаях кранов или специальных устройств для обслуживания светильников не всегда возможно по условиям технологии производства. Однако использование мостиков только для целей освещения часто бывает нецелесообразным по экономическим соображениям, а также в связи с большим расходом металла на их сооружение.

Поэтому при использовании этих мостиков также и для других целей, например в качестве пешеходных или для прокладки других электрических сетей (шинопроводов, кабелей), легче обосновать необходимость их применения.

Следует разработать осветительные шинопроводы на небольшие токи 16—25 А в хорошем декоративном оформлении с возможностью подключения в любом месте по трассе, что обеспечит его универсальность при применении как для стационарных, так и для перемещающихся светильников. Перемещение светильников или других потребителей может потребоваться, например, при оборудовании различных административных и общественных зданий с меняющимися планировкой помещений и расположением точек отбора мощности.

В зарубежной практике для распределения энергии по этажам высотных административных и производственных зданий, а также жилых зданий повышенной

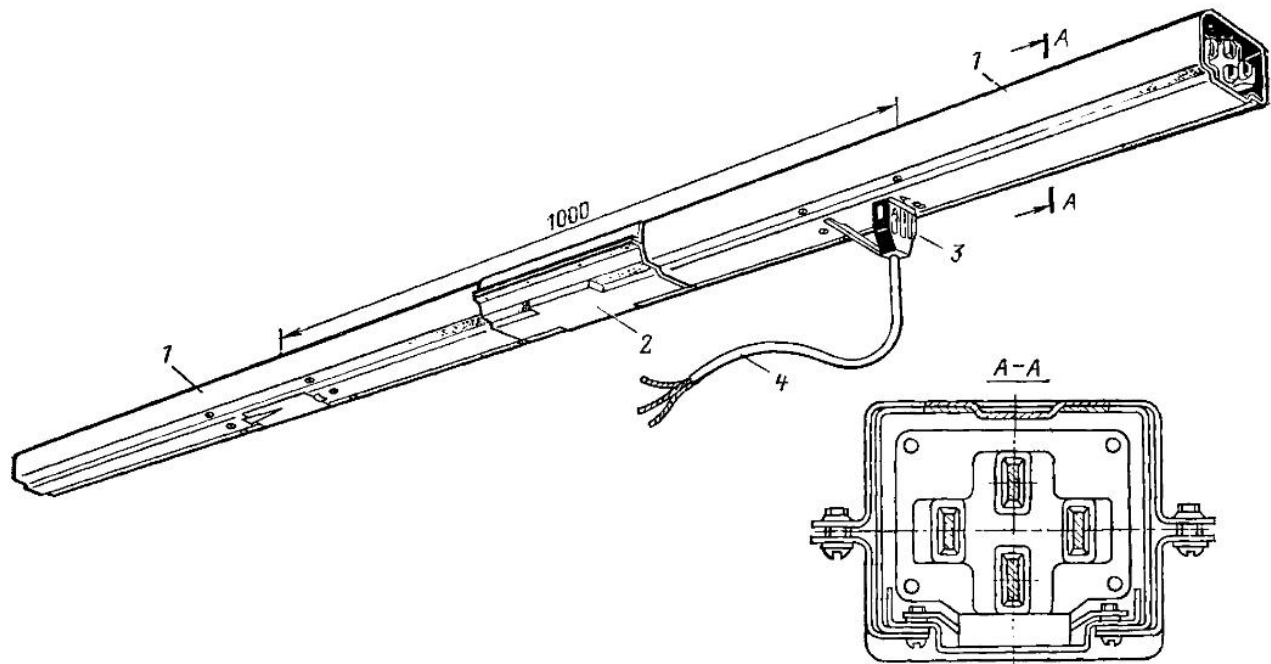


Рис. 11. Осветительный шинопровод ШОС73 на 100 А.

1 — прямая секция; 2 — соединительная муфта; 3 — ответвительный штепсель; 4 — провод к светильнику.

этажности (8—12 этажей) широко применяют шинопроводы в качестве стояков, используя для этого специальные вертикальные шинопроводы с отпайками на каждом этаже.

По мере увеличения этажности (до 25 этажей и выше), а также в связи с ростом в них установленной мощности электроприемников квартир в качестве стояков стали применять обычные распределительные и даже магистральные шинопроводы на токи до 3000 А с некоторой модернизацией, позволяющей приспособить эти шинопроводы к условиям вертикальной прокладки. Шахты для прокладки таких шинопроводов получаются меньших размеров, чем это потребовалось бы для прокладки равноценных по нагрузке кабелей.

Применение шинопроводов на вертикальных участках позволяет монтировать их поэтажно одновременно с сооружением каждого этажа здания, что невозможно выполнить при кабельных прокладках.

На каждом этаже на шинопроводе установлена ответвительная коробка, от которой запитывается учетно-распределительный щиток. С помощью таких шинопроводов-стояков обеспечивают питание рабочего и аварийного освещения, а также освещения лестничных клеток и других нагрузок.

## **6. ТРОЛЛЕЙНЫЕ ШИНОПРОВОДЫ**

Появление в 1970—1972 гг. троллейных шинопроводов на 200 и 400 А привело к замене ими в ряде случаев неизолированных главных крановых троллеев, прокладываемых открыто на изоляторах по подкрановым балкам для подачи питания к мостовым кранам и другим подъемно-транспортным механизмам.

Такие крановые троллеи, выполненные обычно из стальных профилей и часто снабженные алюминиевыми подпиточными шинами, характеризуются большими междуфазными расстояниями (250—450 мм) и значительной металлоемкостью поддерживающих конструкций. Эти троллеи занимают много места и являются небезопасными в эксплуатации, поскольку они проложены открыто и имеется опасность прикосновения к ним, а также возможность их повреждения. Троллейные шинопроводы (табл. 5) имеют более компактную конструк-

цию. В троллейных шинопроводах троллеи выполнены медными с небольшими междофазными расстояниями (22—50 мм) без подпиточных шин.

Таблица 5

Технические данные троллейных шинопроводов

Данные	Тип шинопровода	
	ШТМ-70	ШТМ-72
Номинальный ток, А	200	400
Номинальное напряжение, В	600/380	660
Частота, Гц	50 и 200	50
Электродинамическая стойкость ударному току короткого замыкания, кА	10	25
Номинальный ток токоъемной каретки, А	25	100
Номинальный ток двух спаренных кареток	50	200
Сопrotивление на фазу при частоте 50 Гц (200 Гц), Ом/км:		
активное	0,315 (0,32)	0,197
индуктивное	0,164 (0,71)	0,12
полное	0,355 (0,77)	0,23
Максимальное расстояние между креплениями, мм	3000	3000
Степень защиты оболочки (по ГОСТ 14254 69)	IP12	IP12

Троллеи заключены в плотный кожух, имеющий в нижней части продольную сплошную щель для передвижения свободно ведомой токоъемной каретки. Троллейные шинопроводы характеризуются более экономичными троллеями из цветных металлов, занимают мало места и являются более безопасными в обслуживании, чем открыто проложенные троллеи. Троллейные шинопроводы могут применяться для питания подъемно-транспортных механизмов, с проверкой по пропускной способности и потерям напряжения.

Троллейные шинопроводы ШТМ-72 на 400 А, 600 В. Эти шинопроводы являются трехпроводными и предназначены для питания мостовых кранов. Их прокладывают по подкрановым балкам со стороны, противоположной кабице крана, а также со стороны кабины в случаях, когда при выходе из кабины на посадочную площадку обеспечивается расстояние от пола площадки до троллейного шинопровода более 1800 мм.

Троллейный шинопровод представляет собой стальной кожух, который одновременно служит направляющими для перемещения токоъемной каретки. В кожух

вмонтированы три медных троллея с междуфазным расстоянием 50 мм в осях (рис. 12). Троллеи имеют коробчатый профиль, что позволяет крепить их в пазах изоляторов без применения метизов. Такой способ крепления обеспечивает перемещение троллеев при темпера-

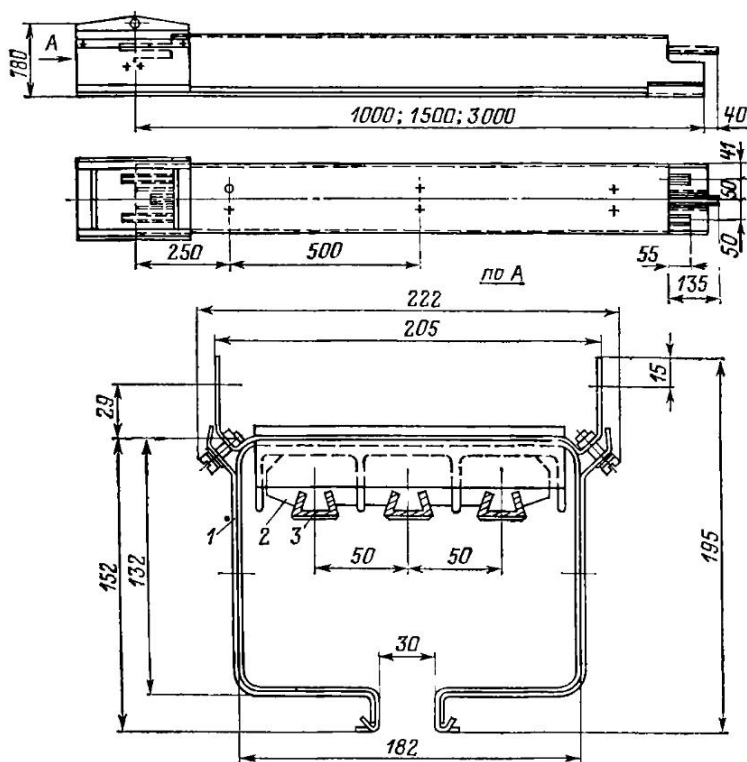


Рис. 12. Прямая секция троллейного шинпровода ШТМ72 на 400 А.  
1 — кожух; 2 — изолятор; 3 — троллей.

турных расширениях только в определенной мере и на непротяженных линиях. Для обеспечения сохранности троллейного шинпровода на протяженных участках необходима установка компенсаторов (желательно в виде специальной компенсационной секции) с пределами компенсации, принятыми с учетом возможного удлинения приблизительно в 1 мм на 1 м длины троллея

(при медных троллеях и стальном кожухе). При этом имеется в виду, что температурный перепад на шинах с учетом их нагрева током составляет  $100^{\circ}\text{C}$ , а коробка  $50^{\circ}\text{C}$ . Желательно предусматривать жесткое крепление троллеев в середине рабочих участков троллейной линии с тем, чтобы удлинение не накапливалось с одной стороны.

Шинопровод выпускается в виде прямых секций длиной 3 м. Имеются также доборные секции длиной 1,5 и 1 м для возможности сооружения троллейных линий и ремонтных участков любой длины, кратной 1 м. Длину ремонтных участков принимают не менее ширины моста крана плюс 2 м для крайних участков и плюс 4 м для средних участков. На каждой секции, включая ремонтные участки, устанавливают светофоры наличия напряжения [5]. Кожухи отдельных секций троллейного шинопровода соединяют между собой муфтами, а троллеи — соединительными зажимами. Троллейный шинопровод крепят через каждые 3 м.

Для секционирования троллейной линии и возможности отключения отдельного участка линии служит разъединительная секция, в середине которой троллеи имеют разрыв 60 мм, перекрытый изоляционной вставкой, для свободного перемещения токосъемной каретки. Для возможности подключения к ней коммутационного аппарата эта секция имеет присоединительные зажимы.

Токосъем осуществляется при помощи колесной каретки, перемещающейся внутри кожуха. Каретки снабжены медно-графитовыми щетками (по две на фазу).

Номинальный ток одной каретки 100 А, а двух спаренных 200 А. Для ввода токосъемной каретки в кожух троллейного шинопровода предусмотрена специальная секция.

**Троллейные шинопроводы ШТМ-70** на 200 А, 660/380 В. Эти шинопроводы предназначены для выполнения четырехпроводных троллейных линий переменного тока частотой 50 и 200 Гц, питающих трехфазные и однофазные передвижные электроприемники.

Троллейный шинопровод ШТМ-70 применяют в основном для питания электрифицированного инструмента (дрелей, шлифовальных машинок и т. п.).

Троллейный шинопровод имеет четыре медных троллея Т-образного профиля (три фазных и один нулевой) с междуфазным расстоянием 22 мм, смонтированных

в стальной кожух (рис. 13). Троллей в кожухе закреплены в изоляторах (клипсах) через 300 мм с возможностью свободного перемещения в продольном направлении при температурных удлинениях.

Кожух имеет в нижней части сквозную щель для возможности перемещения токосъемной каретки. Номинальный ток одной каретки 25 А, а двух спаренных 50 А.

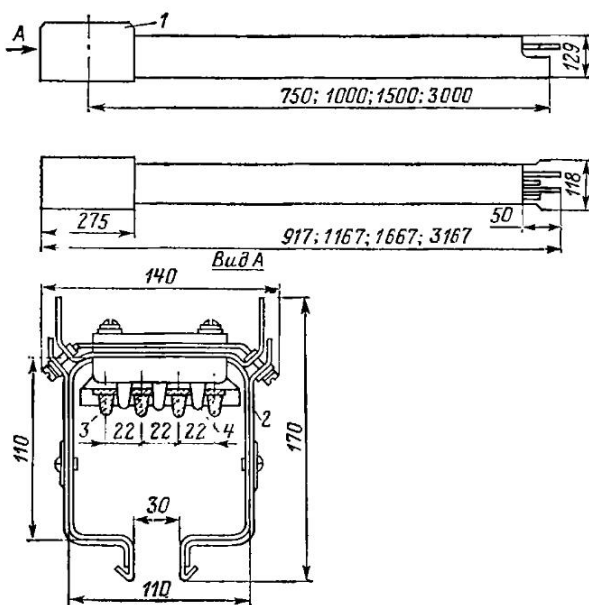


Рис. 13. Прямая секция троллейного шинопровода ШТМ-70 на 200 А.

1 — соединительная муфта; 2 — кожух; 3 — троллей; 4 — изолятор.

Соединение троллеев осуществляется при помощи соединительных зажимов, а кожухов при помощи муфт. Для образования закруглений по трассе имеются угловые секции. Для питания троллейной линии предусмотрены присоединительные зажимы, которые устанавливаются на любом стыке секций в соединительной муфте. Для секционирования троллейной линии и возможности отключения участка линии служит разъединительная секция, где троллей имеют разрыв (изолированный стык) 70 мм, перекрытый изоляционной вставкой. Для возможности подключения коммутационного аппарата

секция снабжена присоединительными зажимами. Для ввода токоъемной каретки в кожухе троллейного шинопровода имеется специальная секция для ввода кареток.

В собранном троллейном шинопроводе обеспечивается непрерывность электрической цепи для защитного заземления. Кожух троллейного шинопровода с обоих концов соединяют с внешним заземляющим устройством. Для этого на концевых секциях имеются специальные зажимы.

Минимальная высота прокладки троллейного шинопровода 3,5 м. Троллейный шинопровод, применяемый для питания электрических талей, прокладывают по трассе, параллельной однорельсовому пути (двухтавровая балка), по которому перемещается таль. Кривизна однорельсовых путей для электрических талей весьма разнообразна и не поддается унификации, поскольку она диктуется расположением оборудования, обслуживаемого этими таями. Однако наличие в номенклатуре восьми угловых секций с различными радиусами и углами поворота позволяет удовлетворить обычно встречающуюся кривизну путей. Несколько расширить эти возможности позволяет гибкое (свободное) сцепление токоъемной каретки троллейного шинопровода и тали, когда в небольших пределах (на 50—100 мм) радиус изгиба однорельсовых путей отличается от радиуса угловой секции. Кроме того, каждая из угловых секций может быть использована для прокладки как с внутренней стороны балки, так и с внешней ее стороны. С учетом всех этих факторов получается, что с помощью имеющихся угловых секций надежно обслуживаются электрические тали, перемещающиеся по однорельсовым путям, имеющим радиусы закругления в пределах 900—2100 мм с шагом 200 мм.

## **7. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ШИНОПРОВОДОВ**

Современный уровень развития магистральных шинопроводов переменного тока, являющихся наиболее сложными по своей конструкции и техническим требованиям, предъявляемым к ним, немыслим без учета параметров, достигнутых ведущими иностранными фирмами в области производства шинопроводов. Здесь приведены основные особенности конструкций зарубежных шинопроводов и перспективы развития отечественных шинопроводов.



Потери электроэнергии в шинпроводах составляют значительную величину общих потерь электроэнергии в сетях 0,4 кВ промышленных предприятий (приблизительно 5%).

Снижения этих потерь в магистральных шинпроводах можно добиться за счет применения шин оптимальной формы и сечения, их числа на фазу, более рационального их взаимного расположения в кожухе, лучших условий охлаждения и других факторов, определяющих конструкцию шинпровода в целом.

Рассмотрение материалов ряда зарубежных стран (Франция, США, Япония и др.) позволило установить следующее.

Шинпроводы предназначают для работы в сетях с изолированной или заземленной нейтралью. Номинальный ток этих шинпроводов колеблется в широком диапазоне от 600 до 6000 А с небольшим шагом по шкале токов (200—300 А для шинпроводов до 1600 А и выше для более мощных шинпроводов). Тесная шкала токов позволяет лучше использовать шинпроводы по току. При этом схема расположения шин в шинпроводах весьма разнообразная. В европейских странах, например, французская фирма «Каналис» и фирма ФРГ «Клэкер-Мюллер» применяют преимущественно многополосные пакеты шихтованных шин (рис. 14, а) с прямым или обратным чередованием фаз (*ABCN ABCN* или *ABCN NCBA*).

В США и Японии, например, фирмы «Вестингауз» и «Мацусита» начали применять однополосные шины, сжатые в трехфазные пакеты — модульные шинпроводы (рис. 14, б).

В шихтованных магистральных шинпроводах переменного тока на каждую фазу используют несколько шин, например в шинпроводах на ток до 5000 А до четырех-пяти шин.

Шинпроводы с несколькими шинами на одну фазу имеют преимущества по общему сечению проводникового материала. При большом числе шин на фазу легче создать шинпровод с большей электродинамической стойкостью. Кроме того, такой шинпровод обладает повышенной общей теплоотдающей поверхностью шин, что благоприятно влияет на охлаждение шинпровода. Отличительной особенностью шинпроводов с шихтованными шинами является их относительно низкое полное со-

противление, обусловленное близким расположением шин разных фаз друг от друга.

К недостаткам шинопроводов с большим количеством шин на фазу следует отнести увеличение габаритов таких шинопроводов и, следовательно, необходимость в более металлоемких кожухах. Однако меньшее количество дорогостоящих проводниковых материалов несколько компенсирует повышение стоимости защитных оболочек.

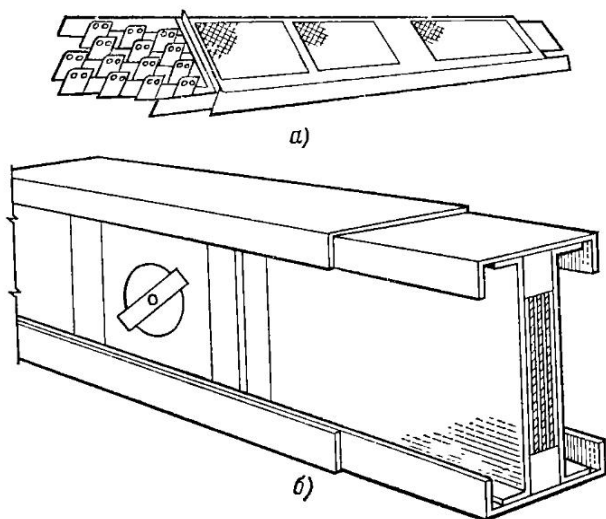


Рис. 14. Конструкции перспективных шинопроводов.

*a* — шинопровод с шихтованными фазами; *b* — модульный (пакетный) шинопровод.

Недостатком многополосных шинопроводов является также большее количество соединений при стыковке отдельных секций шинопроводов (60—70 болтов на один стык). При большом количестве шин на фазу каждая из них тоньше, что облегчает их соединение. Однако большее количество соединений на стыках секций и ответвлениях влияет на общую стоимость шинопровода больше, чем любой другой фактор.

Шинопроводы традиционных конструкций и в том числе с шихтованными шинами постепенно уступают место модульным шинопроводам со схемой расположения

шин в виде пакетов в связи с их относительно улучшенными параметрами (низким коэффициентом добавочных потерь, низкой индуктивностью, высокой электродинамической стойкостью и простотой конструкции). В таком шинопроводе кожух плотно соприкасается с изолированными шинами, т. е. получается как бы непрерывное крепление шин по всей длине (а не только в местах установки изоляторов). Поэтому практически не существует особой разности температур между наружной поверхностью шинопровода и шинами. Следовательно, кожух и шины, если они выполнены из одинаковых материалов, расширяются под воздействием температуры почти одинаково, что может не потребовать устройства компенсаторов. Проникновение пыли в такой шинопровод затруднено.

Шинопроводы выпускают в двух исполнениях: традиционном — четырехпроводном, т. е. три фазы и нулевой проводник, служащий одновременно в качестве защитного, и новом — пятипроводном, где отдельно используют изолированный от земли нулевой проводник и неизолированный защитный. Достоинством второго исполнения является возможность удобного контроля изоляции всех проводников относительно земли и отсутствие опасности переноса напряжения с нулевого проводника, возникающего в результате асимметрии нагрузок и причиняющего вред некоторым установкам. В некоторых случаях в качестве защитного (заземляющего) проводника используется оболочка шинопровода. По заказу потребителя шинопроводы могут быть поставлены с любым сочетанием нулевых и заземляющих проводников.

Проводниковым материалом для шин по соображениям прочности обычно служит алюминиевый сплав (для сечения шин примерно до  $700 \text{ мм}^2$ ) и медь для шин большего сечения. Медные шины применяют также в случаях, когда необходимы частые штепсельные присоединения токоприемников. При этом отношение высоты шины к ее толщине обычно не менее 10, что позволяет использовать большие плотности тока. Отношение массы проводниковых материалов к массе всего шинопровода составляет 0,3—0,4.

Сечение нулевых проводников принимают 0,25—0,75 сечения фазной шины. Магистральные шинопроводы изготавливают, как правило, с изолированными шинами и чаще в вентилируемом исполнении.

Для изоляции шин от земли чаще всего применяют высокопрочные изоляторы из полимерных материалов, обеспечивающих высокую электродинамическую стойкость шинопроводов к токам короткого замыкания, а для межполосной изоляции применяют пластикат. Изоляция шин выполняется сплошной, в основном для этого используют пластмассу, иногда поливинилхлорид или эпоксидную смолу, очень редко изоляционную ленту. Имеются случаи применения для изоляции шин кремнийорганической изоляции. Воздушная изоляция почти не применяется. В последнее время для изоляции шин применяют термоусадочные полиэтиленовые шланги, обеспечивающие высокий уровень изоляции шинопроводов. Широко применяют перфорированные оболочки для защиты шинопроводов. Материалом обычно служат дырчатые стальные листы или сетки. Такие оболочки создают благоприятные условия для охлаждения шин, но не обеспечивают достаточно высокой степени защиты шинопровода. При отсутствии перфорации допустимая нагрузка шинопроводов снижается примерно на 20—25%.

В целях экономии цветных металлов оболочки из алюминия применяют редко. Степень защиты оболочки принимается IP20 при применении шинопроводов в относительно чистых электротехнических помещениях и выше при использовании их в производственных помещениях. Защита от проникновения воды в шинопроводы, как правило, не применяется в связи с малой вероятностью попадания воды в шинопровод при прокладке внутри помещений.

Соединение отдельных секций шинопровода производят болтами (сварку для этих целей за рубежом не применяют). В зависимости от конструкции шин применяют либо одноболтовые сжимы (для спаренных фаз), либо многоболтовые соединения (для шихтованных модульных шинопроводов). При этом одноболтовые сжимы благодаря вырезам в шинах не требуют сборки из отдельных деталей. Собранные в комплект детали одноболтового соединения через вырезы устанавливаются на шинах и затем сжимают.

Существует также способ соединения шин при стыковке отдельных секций с помощью специальной соединительной арматуры (клиновых обойм). В большинстве случаев шины целиком или по крайней мере их контактные части имеют облагороженную посредством серебре-

ния или лужения поверхность, что обеспечивает высокую надежность контактных соединений. Для этих целей применяют также плакирование (например, омеднение), горячую металлизацию (в ваннах, пульверизационную, электролитическую).

Номинальный ток шинопровода определяют для температуры окружающей среды 35—40°C. При других значениях температуры номинальный ток шинопровода соответственно корректируется. Допустимый нагрев шин находится в пределах 95—100°C (на 5—15°C выше наших норм). Перегрев шин определяется классом изоляции.

Электродинамическая стойкость, оцениваемая отношением значения ударного тока короткого замыкания к номинальному току шинопровода, — 60—75 кА и более (например, для шинопровода на 4000 А получается электродинамическая стойкость 300 кА). Такие высокие значения электродинамической стойкости вряд ли являются необходимыми по условиям характеристики сети. Возможно, что столь высокие показатели достигнуты в результате соблюдения других важных показателей шинопровода.

Компенсация температурных удлинений шинопровода осуществляется компенсаторами, имеющимися в каждой прямой секции максимальной длины (шины изогнуты внутри секции), либо с помощью специальных компенсационных секций. Последнее, вероятно, является более предпочтительным, так как упрощает конструкцию преимущественно применяемых прямых секций. Присоединение ответвлений предусматривается в местах стыка секций либо с помощью специальных ответвительных коробок, устанавливаемых в пределах прямых секций. Это позволяет использовать магистральные шинопроводы также в качестве распределительных.

В последнее время постепенно сближаются понятия магистральный и распределительный шинопроводы в пользу совокупного понятия магистрально-распределительный шинопровод, что в большей мере обеспечивает нужды потребителей. В самом деле, трудно разграничить шинопроводы на передающие и распределяющие энергию. Любой из этих шинопроводов одновременно осуществляет обе функции, и если шинопровод сконструирован с возможностью частых ответвлений, то он является магистрально-распределительным.

Основные принципы конструирования, заложенные в современные магистральные шинопроводы — это, как правило, изолированные шины, болтовые соединения (вместо сварных соединений), меньший интервал в шкале номинальных токов (200—300 А), большая электродинамическая стойкость (до 300 кА), схемы с шихтованным расположением фаз (вместо спаренных), а в последнее время шинопроводы в виде отдельных модульных пакетов, из набора которых можно составить шинопровод на нужный ток. При конструировании новых моделей шинопроводов трудно судить в отдельности о целесообразных значениях таких производных показателей, как, например, коэффициент добавочных потерь, сечение шин, соотношение индуктивных и активных сопротивлений и т. п.

По-видимому, возможны различные сочетания этих величин, при которых получаются одинаковые и приемлемые для потребителя основные конечные результаты — потери напряжения и мощности при данной нагрузке. Задачей разработчика является создание такой конструкции шинопровода, которая по своим параметрам совокупно не уступала лучшим известным образцам и по крайней мере по затратам окупала себя в установленные сроки.

Дальнейшее развитие отечественных шинопроводов предполагается в следующих направлениях: по магистральным шинопроводам переменного тока — возможный переход на шинопроводы с шихтованными фазами, а также создание шинопровода на 1000 А; по распределительным шинопроводам — создание шинопровода на 100 А и возможные разработки распределительных шинопроводов с полностью изолированными шинами с целью их большей компактности; по осветительным шинопроводам — создание шинопроводов на 16—25 А с возможностью подключения потребителей в любом месте и вертикальных шинопроводов (стояков) для применения в высотных зданиях; по троллейным шинопроводам — создание трехпроводных шинопроводов на 250 А, переход с медных на алюминиевые шины, создание шинопровода на 100 А, а также четырехпроводных шинопроводов для подъемно-транспортных механизмов, управляемых дистанционно с автоматическим адресованием и стрелками для перевода механизмов с одних путей на другие в различных плоскостях.

## 8. МОНТАЖ ШИНОПРОВОДОВ

Шинопроводы поставляются заводами-изготовителями комплектно в соответствии с заявочной спецификацией, составленной по рабочим чертежам проекта. В состав комплекта входят прямые и фигурные секции, опорные конструкции, детали для крепления секций к опорным конструкциям, детали для соединения секций между собой, материалы для изоляции стыков шин секций и пр.

Секции транспортируют в деревянной таре. Автотранспортная доставка допускается без тары при условии применения транспортных стеллажей-контейнеров, а также если выступающие за кожухи контактные части шин силовых шинопроводов (магистральных и распределительных) смазаны техническим вазелином и обернуты мешковиной либо рубероидом для консервации и предохранения от повреждений при транспортировке и складировании.

Хранение допускается в горизонтальном положении в сухом отапливаемом или неотапливаемом помещении. Бестарное штабелирование разрешается не более 5—6 рядов с деревянными прокладками одинаковой толщины. При хранении следят за сохранностью консервации оголенных концов шин секций. Расконсервация допускается непосредственно перед монтажом.

Штабелирование рекомендуется по типам секций: не только раздельно магистральных, распределительных и т. п., но и раздельно по видам секций (прямые, угловые, ответвительные).

Шинопроводы могут устанавливаться в прямые или ломаные линии (как по горизонтали, так и по вертикали). Повороты линий вправо, влево, вверх, вниз под углом  $90^\circ$  осуществляются за счет соответствующих угловых секций. Кроме того (для магистральных шинопроводов), выпускаются гибкие секции для обхода всякого рода препятствий по трассе, а также в качестве подгонных элементов при подходе к месту подключения линии и т. п. Монтаж секций в таких узлах обладает своими особенностями и требует своей подготовки.

В рабочих чертежах проекта дается точная привязка линий шинопроводов с расстановкой секций по их типам с разметкой опорных конструкций. Однако, несмотря на это, в большинстве случаев появляется необходимость до

монтажа линий разрабатывать проект электромонтажных работ (ППЭР) с увязками по месту линий и опорных конструкций.

**Основное назначение и задачи ППЭР.** Сокращение трудозатрат на монтаж осуществляют за счет переноса подготовительных операций с монтажного объекта в мастерские, оборудованные специальными стендовыми сборочными установками.

В чертежах ППЭР наносится разметка для установки опорных конструкций с замерами по месту. При сложных условиях прокладок даются сборочные чертежи трасс в аксонометрическом (пространственном) изображении. При этом исходят из следующих основных положений. Расстояние от опорной конструкции до перекрытия по условиям монтажа и обслуживания должно быть не менее 700 мм. Допускаются местные сближения к балкам перекрытия и другим конструкциям до 350 мм при условии, что это сближение не приходится на сварной стык шин. В этом случае выдерживают расстояние не менее 450 мм для условий работы с кондуктором по сварке стыков шин и для периодических осмотров их в процессе эксплуатации.

Руководящим материалом для подготовки ППЭР и самого монтажа являются рабочие чертежи проекта, альбомы рабочих типовых чертежей ГПИ Тяжпромэлектропроект (табл. 6) и соответствующие инструкции.

**Монтаж магистральных шинопроводов.** Магистральные шинопроводы в зависимости от принятого проектного решения прокладываются по стойкам, фермам здания, колоннам, стенам. Трассы их могут быть смешанными с переходами от одного вида прокладки на другие. Опорные конструкции в зависимости от заказа обеспечиваются в комплекте заводами-поставщиками (табл. 7). Трассы и способы прокладки определяются рабочими чертежами проекта. В большинстве случаев они нуждаются в доработке в процессе подготовки производства для увязки по месту и для заготовки укрупненных узлов и блоков. В связи с тем, что заводские конструкции не предусмотрены для широкого разнообразия строительных особенностей отдельных участков и производственных помещений, иногда приходится эти конструкции частично переделывать или же изготовлять новые. К последним относятся охватные хомуты для прокладки шинопроводов по колоннам, в некоторых



случаях — по трубопроводам, коробам и т. п. Типовые опорные конструкции изготавливаются из перфорированных гнутых профилей. Они обладают достаточной прочностью и удобны в монтаже, имея высечки, пригодные для болтового крепления с любым шагом. Нетиповые конструкции рекомендуется изготавливать до начала мон-

Таблица 6

Перечень действующих альбомов рабочих типовых чертежей деталей и узлов по монтажу комплектных шинопроводов

Шифр по архиву ГИИ Тяж-промэлектрпроект	Наименование	Год выпуска	Номер типового проекта Центрального института типового проектирования
A26A	Прокладка магистральных шинопроводов серии ШМА68-Н на 1600 А	1969	4.407-54
A86A	Прокладка магистральных шинопроводов серии ШМА73 на 1600 А	1973	4.407-171
A378A	Прокладка магистральных шинопроводов серии ШЗМ16 на 1600 А	1974	4.407-180
A106A	Прокладка магистральных шинопроводов серии ШМА68-Н на 2500 А	1974	—
A55	Прокладка магистральных шинопроводов серии ШМА59-Н на 2500 А	1970	4.407-98
A104A	Прокладка распределительных шинопроводов серии ШРА73	1974	4.407-189
A84A	Прокладка шинопроводов постоянного тока серий ШМАД70 и ШМАДК70 на 1600 А	1973	4.407-169
A79A	Прокладка шинопроводов постоянного тока серий ШМАД70 и ШМАДК70 на 2500 А	1972	4.407-142
A80A	Прокладка шинопроводов постоянного тока серий ШМАД70 и ШМАДК70 на 4000 А	1972	4.407-143
A85A	Прокладка шинопроводов постоянного тока серий ШМАД70 и ШМАДК70 на 6300 А	1972	4.407-170

тажа шинопроводов, следует изучить трассу прокладки линии. При этом определяют места установки опорных конструкций с таким расчетом, чтобы использовать, как правило, типовые конструкции без их переделок или без изготовления новых — нетиповых. Изучаются также пути доставки секций к местам установки, а также потребность в необходимых транспортно-подъемных меха-

низмах, вышках и тому подобных средствах механизации монтажа.

В настоящее время способ электросварки считается наилучшим соединением секций между собой. Сварное соединение при наличии обученного сварщика технологически проще и менее трудоемко. В эксплуатации оно

Таблица 7

**Типовые опорные конструкции для установки магистральных шинопроводов**

Вид прокладки	Наименование и тип опорной конструкции	Масса, кг
По стенам и колоннам	Кронштейн настенный К881	4
На полу на высоте 3000 мм	Стойка напольная К882	37
По нижнему поясу железобетонных ферм параллельно им	Кронштейн К883	7,2
По нижнему поясу металлических ферм параллельно им	Кронштейн К884	5,2
По нижнему поясу металлических ферм перпендикулярно им	Стойка К885	4,4
На тросах или струнах	Подвес тросовый К886	4,3

надежнее и практически не требует надзора за контактными соединениями. Так, проведенные обследования контактных соединений дали следующие увеличения переходных сопротивлений, мкОм, болтовых соединений шин за 850 сут эксплуатации:

Алюминий — алюминий . . . . .	От 5 до 105
Медь — алюминий . . . . .	От 8 до 200
Медь — медь . . . . .	От 2 до 5
Сварное соединение алюминий — алюминий	1—2 неизменно, чем обеспечивается высокая надежность его

По трудозатратам сварное соединение также экономичнее болтового соединения. Ранее считалось, что сварное соединение лишает шинопроводы их легкой разборности. Исходя из этого, в комплекте шинопроводов полагалось поставлять 25% одноболтовых сжимов, затем эта норма была снижена до 20, 15, 10% и, нако-

нец, до 2-3%. Сейчас болтовое соединение применяется лишь в исключительных случаях, например при невозможности выполнить сварочные работы из-за стесненности или же в местах преднамеренного разъема линии в эксплуатационных целях.

В случае необходимости разборки сварного соединения шин это легко выполнить с помощью простого механизма. Он представляет собой фрезу на валу электросверлилки (дрели). Механизм собран на металлической раме с передвижной по вертикали и горизонтали фрезой.

#### Основные технические данные

Тип электросверлилки . . . . .	C-480 или др.
Частота вращения, об/мин . . . . .	680
Максимальная длина резания, мм . . . . .	130
Скорость резания, м/мин . . . . .	0,05
Максимальная глубина резания, мм . . . . .	10—12
Основные размеры (длина, ширина, высота), мм . . . . .	500×700×270
Масса, кг . . . . .	27

Для работы раму механизма закрепляют над сварным соединением шин. Фрезу устанавливают точно на сварной шов, включают электросверлилку и по мере резания фрезу подают вручную вдоль сварного шва, при этом следят, чтоб не были срезаны плоскости и ребра шин.

Как было сказано выше, монтаж шинопроводов ведут укрупненными блоками. Для этого в мастерских электромонтажных заготовок обычно оборудуют специальный стенд-кантователь, соответствующие подъемно-транспортные приспособления, рольганги для подачи секций на стенд и со стенда в контейнер-накопитель. Вообще секции шинопроводов и укрупненные их блоки рекомендуется хранить в специально изготовленных контейнерах, предназначенных для хранения и транспортировки их в зону монтажа. Контейнеры изготовляют из угловой стали или швеллера. Блоки заготовок обычно делают длиной 12 м.

Бывает, что по условиям транспортировки (загроможденность проходов) затруднена доставка блоков в монтажную зону. Тогда стендовая заготовка организуется непосредственно у линии монтажа шинопровода. Для этого стенд-кантователь вместе со сварочным постом и необходимой монтажной оснасткой устанавливается в начале магистрали, и по мере монтажа установ-

ки передвигают с помощью лебедки или других средств такелажа. Такой стэнд обычно делают на роликах для удобства передвижения.

Из широкого разнообразия конструкций стэндов, разработанных рационализаторами Главэлектромонтажа, наиболее производительным является четырехсекционный поворотный стэнд. Он представляет собой сварную крестообразную конструкцию из угловой стали с осью, поворачиваемой в концевых подшипниках. В рабочем положении стэнда (когда стеллажи крестовины находятся в горизонтальном положении и поворотная часть его застопорена) на обе его рабочие (горизонтальные) поверхности закладывают стыкуемые секции; соединения шин стягивают болтами-кондукторами. Ими могут быть одноболтовые сжимы У1304 или их модели. Секции прикрепляют к раме стэнда прижимами (струбцинами) за опорные уголки секций, следя за прямолинейностью собранного блока.

В зависимости от принятой технологии стэнд может быть на два или четыре рабочих отсека. В первом случае две рабочие противоположные плоскости крестовины оборудуются крепежными деталями для блока секций, во втором же — все четыре.

Сборку блоков для последующей сварки шва выполняют, когда рабочая плоскость поворотной крестовины закреплена в горизонтальном рабочем положении. После прикрепления собранного блока к поворотной раме стэнда она может быть повернута на  $90^\circ$  и зафиксирована, а последующая сборка нового блока может выполняться на другой поверхности крестовины, вставшей в рабочее (горизонтальное) положение. Таким образом, заполнив все четыре отсека стэнда, можно поочередно обваривать стыки шин как по верхней части их, так и по нижней. Если в левой части стэнда блок находится в опорном положении, т. е. верхние ребра шин обращены вверх, то после поворота стэнда вокруг оси на  $180^\circ$  (в правое положение) блок окажется в перевернутом положении, т. е. теперь нижние ребра шин будут обращены вверх. Таким образом, выполняется горизонтальная сварка шин по обоим ребрам их. В результате за оборот крестовины стэнда все стыки шин четырех блоков обваривают с обеих сторон. Для простоты можно ограничиваться стэндом лишь на двухрядное расположение блоков.

Ниже приводится рекомендация по оборудованию стендовой линии в мастерской электромонтажных заготовок.

При значительных количествах монтируемых шинопроводов такие технологические линии целесообразно иметь в мастерских электромонтажных заготовок (МЭЗ).

На стенде свариваются прямые секции, фигурные (угловые и ответвительные), а также и опорные накладки (перемычки) кожухов, хотя они могут крепиться и болтами, входящими в комплектную поставку завода.

В заготовленных блоках изолируют стыки шин, маркируют секции и складывают в транспортно-монтажные контейнеры.

Изолирование соединений шин секций (как с ответвлениями, так и без ответвлений), а также свободных концов шин крайних секций выполняется накладными (с защелкой) кожухами из пластмассы либо наборными комплектами У1569. Они входят в поставку завода. В состав комплекта У1569 входит стеклолакоткань ЛСЭ-0,15 и клей № 88. Один комплект рассчитан на изоляцию сварных стыков шин шинопроводов ШМА68-Н на 2500 А.

Лакоткань, раскроенная на ленты необходимого размера, смазывают клеем № 88. Сварное соединение без ответвления по всему оголенному участку плотно обматывают стеклолакотканью в два слоя.

Сварное соединение шин секций с ответвлением изолируют последовательным наклеиванием на каждую группу шин двух полотен стеклоткани. Кромки полотен, выходящие за пределы шин, склеиваются между собой. В тройниковых секциях изолируются также поверхности между шинами ответвлений. Изолирование концов шин (концевых секций) выполняется аналогичным способом. Места примыкания нанесенной изоляции с существующей (заводской) обматываются лентой, которая перекрывает обе изоляции не менее чем на 15 мм с последующим покрытием эпоксидной смолой. Должное качество приклеивания обеспечивается лишь по сухой обезжиренной поверхности при положительной температуре.

При работе с клеем надо иметь в виду, что он пожароопасен, а при попадании на кожу может вызвать травмы. Смыть его надо тампоном, смоченным в бензине.

Стендовая линия для блочной заготовки шинопроводов оборудуется в следующем виде:

Наименование оборудования	Технологическая характеристика
Стенд блочной заготовки шинопроводов (кантователь)	Кантователь в виде верстака-стеллажа, оборудованный сварочным постом, необходимыми механизмами и приспособлениями
Траверса для транспортирования блоков в зоне сборки	Конструкция траверсы определяется способом транспортирования секций и блоков при сборке (монорельс, рольганги, толкатели и т. п.)
Стенд окончательной сборки блоков шинопроводов	Верстак-стеллаж, на котором выполняются все сборочные операции после сварки стыков секций (проверка, зачистка сварочных швов, изолировка, маркировка, проверка изоляции и пр.)
Контейнер-накопитель для транспортирования блоков к месту монтажа	Сварная конструкция из угловой стали, пригодная для транспортирования грузовым транспортом к месту монтажа. Для шинопроводов ШОС и ШТМ контейнеры делаются из более легких профилей металла

При соединении секций между собой стыкуют и закрепляют на стенде их так, чтобы совпали отверстия шин и соединительных накладных уголков на кожухах. Правильность стыков проверяют по положению изгибов концов шин секций. Внутренняя поверхность крайней шины с большим изгибом одной секции должна прилегать к наружной поверхности конца шины с малым изгибом другой секции. Шины подгоночных секций ШМА68-Н обрезают с концов, не имеющих изгибов, т. е. вразбежку.

Стыкованные секции фиксируют шпилькой или сквозным болтом кондуктора и сжимают, после чего приступают к сварке шин по ребрам их соприкосновения. Для сварки применяют кондукторы.

Существует множество конструкций кондукторов. Все они основаны на принципе сжатия пакета шин с одновременной центровкой с помощью шкворня (через отверстия на концах шин).

Наиболее удачным считается кондуктор с эксцентриковым зажимом и формирующими графитированными брусками (рис. 15).

Аргонодуговую сварку шин с помощью аппарата ПРМ-4М при должной квалификации сварщика можно выполнять без формирующих брусков. Этот кондуктор легко изготовить в условиях МЭЗ. Он пригоден для двусторонней сварки шин без перестановки его.

Для работы на высоте (при проложенных линиях шинопроводов) существует еще более облегченный кондуктор для пофазной сварки шин (рис. 16). Кондуктор накладывают до упора на один пакет стыкованных шин, при этом рукоятки эксцентриковых сжимов находятся в вертикальном положении. Затем поворотом рукояток вниз пакет шин сжимают валиком сжима как сверху, так и по бокам. Стальные планки и щеки кондуктора

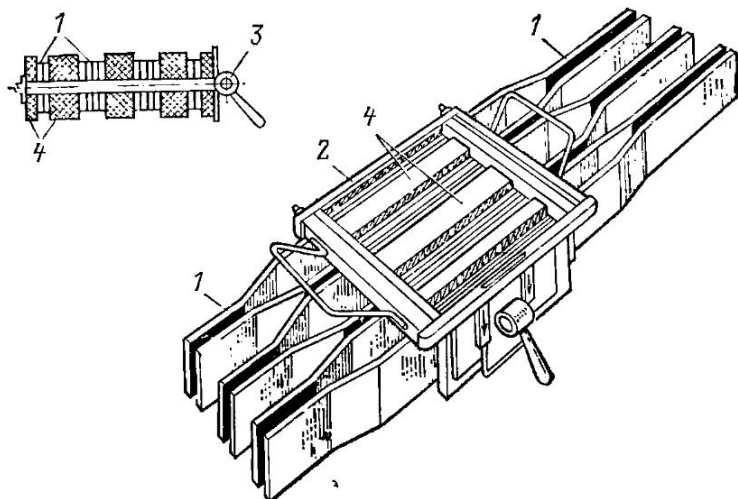


Рис. 15. Кондуктор для сварки шин магистральных шинопроводов.  
1 — пакет шин; 2 — каркас кондуктора; 3 — центрующий шкворень с зажимным эксцентриком; 4 — графитовые центрирующие бруски.

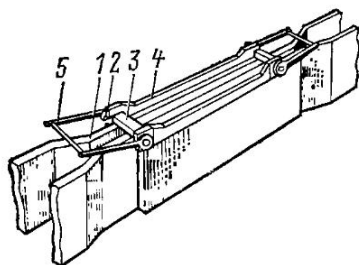


Рис. 16. Кондуктор для пофазной сварки стыков секций магистральных шинопроводов.

1 — свариваемые шины; 2 — зажимные эксцентрики; 3 — ограничительная планка; 4 — стальные щеки; 5 — рукоятка.

предотвращают растекание металла. Кондуктор настолько прост и легок, что сварщик даже на высоте может обходиться без подручного.

Сварка шин является ответственной операцией. К ней допускаются электромонтажники не ниже 5-го разряда, прошедшие специальную подготовку, имеющие удостоверение на производство этих работ. При обучении и выполнении работ руководствуются «Инструкцией по электродуговой сварке шин из меди, алюминия и его сплавов»  $\frac{\text{МСН 162-67}}{\text{ММСС СССР}}$ .

Для отработки приемов и подбора наилучшего значения тока рекомендуется перед сваркой стыков шин и накладных уголков провести ряд тренировочных сварок на алюминиевых отрезках металла с данными электродами, которыми будет производиться сварка.

Сварка шин шинопроводов характеризуется тем, что при этом нельзя допускать затяжного процесса, иначе изоляция шин может быть повреждена и даже изменится структура металла в местах сварки. Продолжительность сварки шва не должна превышать 1 мин. Если почему либо за это время сварщик не уложился, лучше перейти на следующий шов, дать остыть первому и затем закончить его. Вообще допускается односторонняя сварка шин по верхней линии соприкосновения их. Однако при стендовой сборке блоков применяют двухстороннюю сварку (с кантованием).

Сварка уже смонтированных в линию блоков, как правило, выполняется односторонней (по верхней кромке стыка). Качество сварки контролируется по толщине наплавленного шва. Она должна быть не менее толщины шины и по длине не менее ширины шины. Правильный шов имеет чешуйчатую поверхность без ноздреватости и зашлакованности. В сварном контакте должен быть обеспечен плавный переход от расплавленного к основному металлу. Наилучшая глубина провара считается 5 мм. Не допускаются трещины и непровары. При неудачных швах допускаются непровары до 10% шва, а незаплавленные кратеры и подрезы — глубиной менее 0,1 толщины свариваемых шин. Примеры правильно выполненных сварок шин показаны на рис.17.

Наилучшая сварка получается при полуавтоматическом способе в среде аргона с применением полуавтомата ПРМ-4М. Работа с ним высокопроизводительна. Опытные сварщики обеспечивают высокое качество потолочных и вертикальных швов, что особенно ценно для сварки швов на смонтированных линиях шинопроводов.



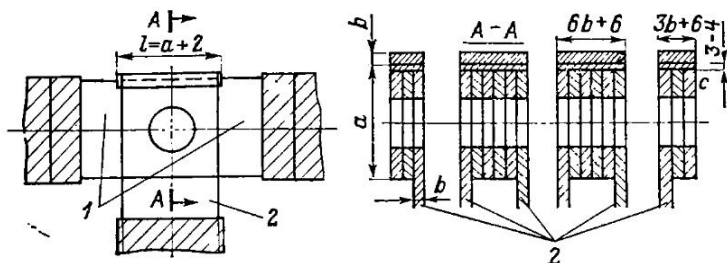


Рис. 17. Сварное соединение алюминиевых шин магистральных шинных проводов.

1 — шины свариваемых секций; 2 — шины ответвительных или тройниковых секций;  $a$  — ширина шин;  $b$  — толщина шин;  $c$  — глубина проварки;  $l$  — длина сварного шва.

При этом избегают применения дефицитных и трудоемких болтовых соединений.

При отсутствии полуавтомата ПРМ-4М (или дефицитного аргона) применяют электродуговую сварку с алюминиевыми электродами. Но ее по возможности надо заменять на сварку постоянным током с угольным электродом, поскольку флюс, внесенный в сварочный шов при сварке алюминиевыми электродами, вызывает последующую коррозию металла от воздействия влаги. При сварке постоянным током (от преобразователей ПС500, ПСО500 или других аппаратов на ток 400—500 А) соблюдается схема прямой полярности, т. е. минус источника тока подключается к электроду, а плюс — к свариваемой детали. Для этого применяют обычные сварочные агрегаты. Можно сваривать и на переменном токе обычными сварочными трансформаторами (например, СТЭ-34). При этой сварке рекомендуется применение осциллятора. Сварочный ток поддерживается в пределах 350—500 А.

До начала сварки заготавливают необходимые материалы и приспособления, электроды, присадочные алюминиевые прутки, флюс ВАМИ, кондуктор. При сварке углем применяют электроды из графитированного угля. В случае отсутствия их изготавливают из отходов графитированных электродов марки А или Б, применяемых в электроплавильных печах. Для сварки шин используются круглые электроды диаметром 18 мм и длиной 150 мм или прямоугольного сечения 18×18 мм той же длины. Рабочий конец электрода делается конусообразным.

Присадочные прутки из алюминиевой проволоки диаметром 10 мм и длиной 500 мм смазаны флюсом ВАМИ. Состав его: хлористый кальций 50%, хлористый натрий 30%, криолит 20%. Составляющие материалы должны храниться в герметически закрытой стеклянной таре. За полчаса до использования перемешанную порошкообразную смесь разводят в воде: на одну часть порошка половину части воды (по массе). В флюсы или обмазки не допускается вводить составляющие, содержащие литий, так как после сварки алюминий подвергается усиленной коррозии. При отсутствии специальных присадочных электродов их можно изготовить из алюминиевой проволоки марок АЛ, А, или же нарезать полоски из алюминиевых шин. Обмазка для них составляется из 65% флюса марки АФ-4А и криолита 35% (по массе). Флюс с криолитом тщательно перемешивают и разводят в воде в соотношении: на 100 г смеси 30—40 г воды. Прутки до обмазки обезжиривают погружением на 1 мин в 5%-ный раствор едкого натра и после промывки водой просушивают. Потом прутки дважды погружают в раствор обмазки. Толщина обмазки должна быть 1,2—1,3 мм. Обмазанные прутки сушат при комнатной температуре в течение суток, затем в течение 4 ч прокаливают в сушильном шкафу при температуре 150°C. Прутки хранят в сухом помещении. Увлажненные прутки перед употреблением повторно прокаливают.

Ток для сварки алюминиевых шин при четырех полах в сварном шве составляет:

Сечение шины, мм . . . . .	100×8	100×10	160×12
Сварочный ток, А . . . . .	350	450	500

Режим сварки соответствует данным, приведенным в табл.8.

Таблица 8

Режим сварки угольным электродом алюминиевых шин, установленных на ребро

Сечение шин, мм	Размеры угольного электрода, мм		Диаметр присадочного прутка, мм	Предельное время сварки одного соединения, с
	Диаметр	Длина		
100×8	18	130	10	60
120×10	20	150	12	60
160×12	20	150	12	60

При сварке и после сварки шин (а также несущих уголков) блоки нельзя подвергать вибрации или перемещению до полного остывания сварочного шва во избежание нарушения его качества. После остывания швы зачищают щеткой, протирают чистым материалом, пропитанным ацетоном или бензином (но не водой), и изолируют стыки.

Как сказано выше, соединение шин секций между собой надо выполнять сваркой. Однако в некоторых случаях приходится применять и болтовое соединение. К таким случаям относятся, например, места преднамеренного разъема магистрали по эксплуатационным соображениям, невозможность сварки соединения на высоте из-за стесненности и др. Во всех случаях стараются свести до минимума применение болтового соединения, заменяя его сваркой.

Сжим представляет собой стальной болт в комплекте с изолирующими деталями, гайками и специальными пружинящими тарельчатыми шайбами. В боковых стенках кожухов секций, а соответственно и на концах шин имеются специальные отверстия для прохода сжима.

Изолирующие детали, расположенные концентрически на болте, обеспечивают жесткую фиксацию шин в месте стыкования секций, а гайки в комплекте с пружинящими шайбами — необходимое для контакта сжатие.

На рис. 18 показан одноболтовой сжим в сборе. Соединение секций шинопроводов с помощью одноболтового сжима выполняют в следующем порядке. Зачищают контактные поверхности соединяемых шин. Для этого сначала удаляют заводскую консервирующую смазку тряпкой, смоченной ацетоном или бензином, затем зачищают концы шин стальной щеткой или крупным плоским напильником, освобождая их от оксидной пленки, и покрывают новым слоем технического вазелина. Совмещают стыкуемые шины с помощью направляющего конусного стержня. Вставляют в отверстия двух крайних шин трубчатый изолятор (для прохода болта), а в просвет между двумя крайними шинами и следующей группой шин помещают два круглых изолятора и шайбы. Продвигая вперед трубчатый изолятор через отверстия шин и всех изолирующих деталей доводят его до последней группы. На концы трубчатого изолятора надевают гетинаксовые прокладки и изоляторы с шайбами, на стальную шпильку с навернутой и раскерненной

гайкой надевают ушко для заземления и шайбу опорную, после чего продвигают шпильку до упора сквозь трубчатый изолятор. На свободный конец шпильки надевают вторую опорную шайбу. Наконец, установив тарельчатую шайбу 2 на свободный конец шпильки, затягивают ее.

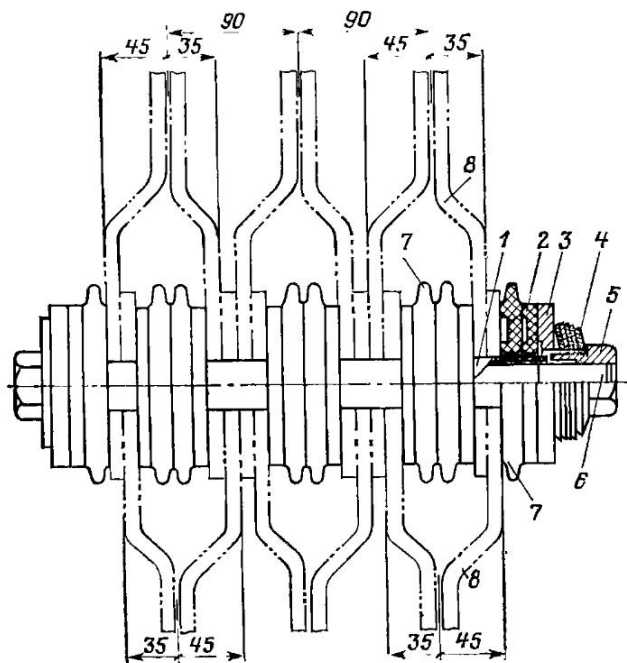


Рис. 18. Одноболтовой сжим.

1 — трубчатый изолятор; 2 — дистанционная шайба; 3 — опорная шайба; 4 — тарельчатая пружинящая шайба; 5 — специальная гайка; 6 — шпилька; 7 — круглый изолятор; 8 — шины стыкуемых секций.

Тарельчатая шайба предназначена для обеспечения заданного стабильного контактного давления. По мере ввертывания шпильки 3 в большую гайку происходит затяжка контактных поверхностей шин. Необходимая степень сжатия контролируется мерительной скобой (рис. 19). Затяжку сжима доводят до такого состояния, когда между пружинящей шайбой и мерительной скобой, накладываемой на сжим, не будет зазора (рис. 19,б)

или в крайнем случае не более 0,15 мм. Отрегулированный зазор следует зафиксировать, раскернив малую гайку в трех местах.

Заготовленные блоки маркируют в соответствии с монтажной картой, испытывают напряжением по соответствующим нормам, проверяют кожух на непрерывность металлической связи и складывают на стеллажи-накопители или же в контейнеры. Все перемещения блоков как в заготовительной, так и в монтажной зоне выполняют только с помощью траверс (или по рольгангам). Непосредственно перед укладкой блоков по трассе проверяют состояние опорных конструкций.

Магистральные шинопроводы прокладывают как горизонтально, так и вертикально по специальным опорным конструкциям.

Расстояние от незащищенного шинопровода до различных трубопроводов принимают не менее 1000 мм, а до технологического оборудования не менее 1500 мм. Аналогичные расстояния от защищенных шинопроводов, имеющих сплошную оболочку, не нормируются. При пересечениях шинопроводов с технологическими трубопроводами не следует шинопроводы располагать рядом с соединительными фланцами, муфтами и задвижками, имеющимися на трубопроводах.

При прокладке шинопровода поблизости от теплопровода во избежание неблагоприятных температурных воздействий от теплопровода следует либо принять увеличенное расстояние между ним и шинопроводом, в местах пересечения, или параллельной прокладки, либо снабдить теплопровод дополнительной теплоизоляцией.

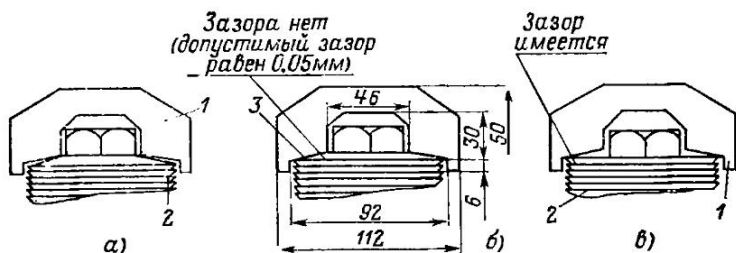


Рис. 19. Регулировка затяжки болтового сжима.

*а* — неправильная затяжка (сжим перетянут); *б* — правильная затяжка (зазоры отсутствуют); *в* — неправильная затяжка (сжим недотянут); *1* — контрольная скоба; *2* — большая гайка; *3* — тарельчатые пружины.

Опорные конструкции изготовлены из облегченных гнутых перфорированных швеллеров. Они обеспечены соответствующими прижимами как для крепления их к строительному основанию зданий и металлоконструкций, так и для крепления к этим опорным конструкциям шинопроводов.

Горизонтальная прокладка выполняется по стойкам на полу или по стенам и колоннам (рис. 20) на кронштейнах, прикрепляемых к строительному основанию дюбелями с распорной гайкой, а также по фермам. Нормальная длина полки кронштейна 574 мм. При необходимости ее увеличения, например, если трасса вдоль стены пересекает выступающие колонны, трубопроводы и т. п., кронштейны устанавливаются с удлинителями. Они представляют собой прямоугольную раму из гнутого перфорированного швеллера, прикрепляемую к стене, а к раме крепится болтами стойка кронштейна.

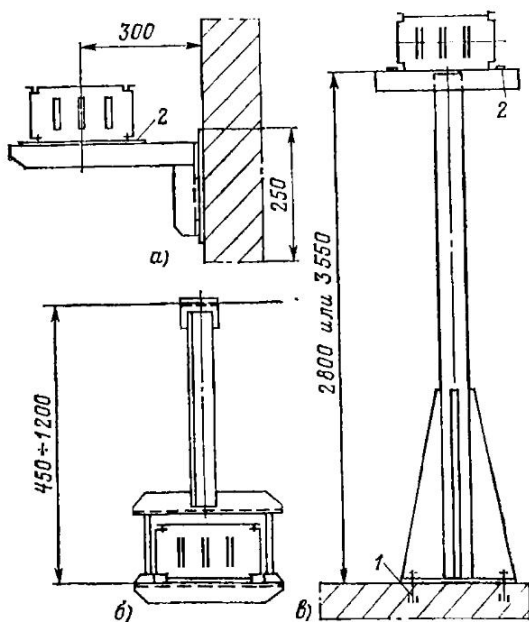


Рис. 20. Горизонтальная прокладка магистральных шинопроводов. а — на кронштейнах; б — на подвесах; в — на стойках; 1 — крепление стоек к полу; 2 — крепление секций шинопровода к опорной конструкции.

Часто крепление кронштейна непосредственно к телу колонн затруднено. В этих случаях изготавливаются обхватные конструкции (хомуты), с помощью которых устанавливаются кронштейны. В пролетах между опорными конструкциями при необходимости применяют тросовые подвесы с подвесками У886. Подвесы могут быть в виде вертикальных спусков, прикрепленных к перекрытию, фермам, балкам и т. п., либо в виде оттяжек, прикрепляемых лучеобразно к колоннам и другим опорно-строительным частям здания. Тросовые подвески применяют лишь как подсобные при расстояниях между опорными конструкциями, превышающих длину секций. Тросовые прокладки линий шинопроводов большой протяженности, как правило, не применяются, так как они при этом раскачиваются и контактные соединения нарушаются.

При пересечении температурного шва здания устанавливают секцию с компенсатором либо гибкую секцию. Эти секции устанавливают обязательно на смежных опорных конструкциях, расположенных симметрично по обе стороны гибкой части.

В проходе через стену или перекрытия устанавливается асбоцементная разъемная проходная плита. Узел прохода выполняется по типовому чертежу ГПИ Тяжпромэлектропроект. Линия шинопровода устанавливается так, чтобы стык секций не приходился на проходную плиту.

Установка шинопроводов на полу осуществляется по стойкам К882 высотой 3000 мм (рис. 20, в). К достоинствам этих прокладок относится экономия шинопроводов за счет приближения к источникам питания и к электроприемникам при лучших условиях обслуживания. Однако при этом затеняется свет, загромождается рабочее пространство производственного помещения и создаются препятствия для внутрицехового транспорта. Для обхода препятствий или изменения трассы применяют угловые секции горизонтального (вправо и влево) и вертикального поворота (вверх и вниз). Секция с компенсатором размещается возможно ближе к стойке (не далее 1,5 м). Секционный рубильник (разъединитель) устанавливается обязательно на оси стойки.

Параллельная прокладка двух линий шинопроводов выполняется на отдельных, рядом расположенных стойках. При этом они для усиления связываются между собой сварными перемычками.

Закладные болты для крепления основания стойки (четыре болта М16) устанавливаются по шаблону до заливки чернового пола. Применяется также закладная рама из полосы с приваренными к ней болтами. По чистовому полу допустимо применение дюбелей с распорной гайкой. Все закладные болты выверяют по нивелиру с учетом чистого пола.

**Установка шинопроводов на подкрановых балках** выполняется также на кронштейнах К881. Для этого к швеллеру соответствующей длины приваривается стойка кронштейна К881 с отверстиями для шпилек крепления ее к подкрановой балке.

Расстояния между отверстиями по вертикали у железобетонных балок бывают 288, 300, 400 мм (необходима предварительная проверка). Стойки берутся несколько большей длины; так, стойку с расстоянием между отверстиями 400 мм берут длиной 500 мм. Для усиления прочности стойки внутри ее привертывают или приваривают (между боковыми ребрами) две распорки, не совпадающие с отверстиями для шпилек. Шпильки для балок как стальных, так и железобетонных берут длиной 400 мм и диаметром 20 мм. Швеллер приваривается к стойке кронштейна (можно крепить болтами) и крепится шпильками к подкрановой балке.

По металлической подкрановой балке применяют также швеллер с кронштейном длиной 800 мм. При этом шинопровод отстоит от балки на 500 мм. К нижнему ребру балки приварка запрещена.

Прокладка шинопроводов по фермам выполняется с применением кронштейнов: К883—вдоль нижнего пояса железобетонных ферм, К884—вдоль металлических ферм, К885—поперек металлических ферм.

При прокладке вдоль ферм концы кронштейнов дополнительно прикрепляются оттяжками (например, из проволоки ПСО-4) к верхнему поясу фермы или к перекрытию.

**Вертикальная прокладка шинопроводов** может осуществляться по стенам, колоннам либо в свободном пространстве цеха. На рис. 21 показана прокладка блока из сдвоенной линии с креплением на кронштейнах К881. При небольших блоках допустима прокладка по профилю К235, закрепляемому на стене дюбелями с распорной гайкой. К перфорированному профилю секции крепятся за их опорные уголки.



Одиночные линии прокладываются аналогично, но кронштейны К881 устанавливаются по горизонтали на расстоянии 0,6 м. При небольших вертикальных блоках допустима прокладка на поперечинах из профиля К235, закрепляемых с помощью дюбелей с распорной гайкой непосредственно на стене (без кронштейнов К881). Расстояние между поперечинами в обоих случаях 3—4 м.

При вертикальных трассах более двух — трех секций крепление за их опорные уголки недостаточно, так как шины под собственной массой могут проскользнуть и разрушить изоляторы. В этих случаях блоки шинопро-

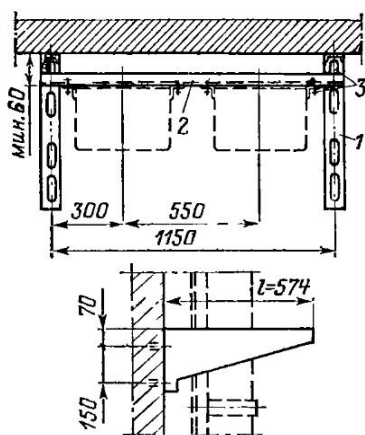


Рис. 21. Вертикальная прокладка магистральных шинопроводов по кронштейнам (на малую высоту).

1 — кронштейн К881; 2 — профиль К235; 3 — болт крепления (М10).

водов устанавливают подвесным или опорно-подвесным способом с пролетом между креплениями не более 15 м (рис. 22).

Опорно-подвесная установка делается на креплении с использованием одноболтового сжима. При переходе шинопровода на межэтажном перекрытии делается опорная конструкция — тумба, разъемная плита или рама из угловой стали с таким расчетом, чтобы выступающие концы сжимного болта опирались на эту конструкцию.

Таким образом, шины верхней части магистрали опираются на конструкцию через болтовой сжим, а нижней части магистрали — висят на ней. При значительной высоте стойка верхний конец его через такой же сжим подвешивается к строительным конструкциям (балкам, фермам) с помощью одноболтового сжима. В этих слу-

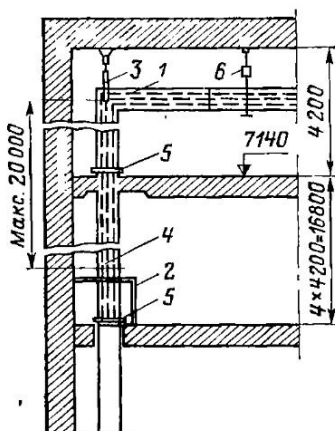
чаях последний не может нести контактные функции, а лишь механические. Контакт обеспечивается сваркой. Тарельчатые шайбы на болт не устанавливают.

**Монтаж магистральных шинопроводов постоянного тока.** Многоамперные шинопроводы постоянного тока применяются двух типов: ШМАД — незащищенного исполнения и ШМАДК — защищенные от прикосновения кожухами. Монтаж их практически не отличается.

Шинопроводы этой серии являются самонесущими, т. е. сами шины обеспечивают необходимую жесткость конструкции.

Рис. 22. Вертикальная опорно-подвесная прокладка магистральных шинопроводов (на большую высоту).

1 — шинопровод; 2 — опорно-подвесная конструкция; 3 — подвесное крепление; 4 — стяжной болт; 5 — проходная плита; 6 — подвес тросовый.



Исходя из условий лучшего охлаждения, их располагают так, чтобы пакеты шин находились в вертикальном положении. Секции предназначены для расположения вертикально, горизонтально и под любым углом. Способы их прокладки аналогичны прокладке шинопроводов ШМА. Секции закрепляют на горизонтальных участках не более чем через 3000 мм. Параллельно линии обычно располагают одну над другой. Расстояние между ними для удобства работ соблюдают не менее 800 мм. При последовательности работ снизу вверх сначала заканчивается нижняя линия. При вертикальной прокладке двух параллельных линий расстояние между их осями берут не менее 500 мм.

Переход шинопроводов из помещения в помещение осуществляется через проходные плиты. Их изготавливают из двух текстолитовых плит марки Б размером 105 × 15 мм. Для прохода шин в плитах вырезаются соот-

ветствующим пазам. Подуплиты вместе с секцией монтируются в проеме стены размером 700×500 мм; для двойной линии проем делается 1200×500 мм с расстоянием между осями секций 500 мм.

Основные затруднения в монтаже шинопроводов серии ШМАД встречаются при переходе препятствий и при подходах к аппаратам и оборудованию. В этих случаях требуется глубокая предварительная проработка таких узлов. Иногда приходится делать отдельные узлы ошиновки на изоляторах ОБ-6.

При пересечении препятствий, поворотах и т. п. пользуются подгоночными секциями У1344, У1354. Однако подгонка их связана с большими трудозатратами, поэтому при выборе и подготовке трассы стараются комбинацией прямых секций разной длины доводить до минимума применение подгоночных секций.

Все соединения секций шинопровода делают сваркой с таким расчетом, чтобы наплавленный шов выходил за края пакета на 1 мм по обе стороны.

Поскольку контактные выводы на оборудовании и аппаратах, к которым присоединяется шинопровод, делаются медными, а при больших токах допускается контакт только меди с медью (или алюминия с алюминием), то этот вопрос тоже требует специальной проработки. Обычно присоединение к медным контактам делают с применением привариваемых медно-алюминиевых переходных пластин. Алюминиевая часть приваривается к концам шин, а медная часть предназначена для болтового (иногда сварного) подсоединения к оборудованию. Подгонку пластин по месту можно делать только до приварки. При этом не допускается изгиб или другие механические напряжения на месте сварки. Обрезать алюминиевую часть пластины нельзя, а медную часть можно обрезать не более чем на 50 мм.

При болтовом присоединении руководствуются «Инструкцией по монтажу болтовых соединений шин и присоединений их к контактным выводам аппаратов».

Иногда проектом предусматривается сварное присоединение шинопровода к электроустановке. При этом работа должна производиться с особой осторожностью, по особо разработанной технологии, предотвращающей перегрев аппаратов. При этом предусматривается возможность демонтажа присоединения с помощью сварки и ножовки без нарушения контактной части аппарата.

**Кабель-токопроводы** в магистральных линиях шинопроводов за последнее время стали занимать заметное место. С появлением кабелей больших сечений выявилась целесообразность применения их в комбинации с секциями магистральных шинопроводов.

Так, на участках подхода к аппаратуре, а также в условиях стесненности, сложных изгибов и т. п. становится удобнее заменять секции шинопровода кабельными вставками соответствующего сечения. При необходимости теперь магистраль может выходить за пределы помещения (шинопроводы для наружной установки непригодны).

Монтаж и присоединение кабельных токопроводов марки АСВВ сечением 1000—1500 мм<sup>2</sup> с использованием пропано-кислородной и термитной сварки разработаны ВНИИПЭМ. Для монтажа выпускается соответствующий набор инструментов и приспособлений.

Присоединение жил кабелей выполняется по следующей технологии: резка и подготовка к сварке концов жил; установка охладителей, защитных экранов и сварочных форм; разогрев горелкой сварочных форм и расплавление концов жил; заполнение форм присадкой; охлаждение присоединения, снятие формы, очистка от флюса; охлаждение соединения и нанесение на него изоляции.

Термитная сварка выполняется специальными патронами марки А. Они выпускаются серийно для жил сечением от 16 до 240 мм<sup>2</sup>, для жил сечением 300 мм<sup>2</sup> и выше выпускаются только по специальному заказу.

Технология соединения алюминиевых жил следующая: нанесение флюса на подготовленные концы жил и сконцевание их алюминиевыми стаканчиками; установка термитного патрона в кокиль, смазанный изнутри меловой пастой, уплотнение кокиля по жиле асбестовым шнуром; установка охладителей и поджог специальными спичками термитного патрона, внесение присадки; после остывания металла — удаление кокиля, зачистка прибыли и огарков, нанесение изоляции.

Для кабелей сечением жил 1000 и 1500 мм<sup>2</sup> выпускаются специальные литые наконечники с лапкой из твердого алюминиевого сплава, обладающие стабильностью контактной части.

**Механизмы и приспособления.** Механизация, применяемая при монтаже линий шинопроводов, в основном предназначена для изготовления укрупненных блоков и

установки последних на трассе. Наиболее трудоемким и нуждающимся в механовооруженности является монтаж линий на высоте. Естественно, что наилучшим устройством для этих целей являются леса. Специальное сооружение их для этой цели обычно не оправдано, но имеющиеся, безусловно, надо использовать. Для подъема секций блоками пригодны практически любые подъемные средства: автогидроподъемники, автовышки, передвижные эстакады и т. п. Очень удачны самоходные подмости ПВС-8 и ПВС-12 с высотой подъема до 12 м. Грузоподъемность платформы 600 кгс; размеры ее 5×2,5×3,3 м. При наличии дополнительного крана-укосины грузоподъемностью 100 кг создаются большие удобства при монтаже шинопроводов в широком диапазоне высот монтажа. Это машина на гусеничном ходу; обладает хорошей проходимостью, маневренностью и устойчивостью, проста в управлении. Скорость ее перемещения 11 м/мин.

Для подъема одиночных секций или блоков из них пользуются траверсами (рис. 23).

При монтаже шинопроводов вдоль подкрановых путей, если нельзя использовать мостовой кран, применяют кронштейн с лебедкой или другим подъемным механизмом. Кронштейн прикрепляется к подкрановым путям (рис. 24).

**Монтаж распределительных шинопроводов.** Распределительные шинопроводы, как правило, монтируют в два этапа: 1) установка опорных конструкций, 2) прокладка секций шинопроводов.

Распределительные шинопроводы располагаются обычно вдоль рядов электроприемников с максимально возможным приближением к ним как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Подобно магистральным шинопроводам распределительные шинопроводы устанавливаются на стойках типа У2082 с нормальной высотой 2500 мм; на стенах и колоннах их устанавливают на кронштейнах типов У2081, У2082 и на подвесах У2080.

В альбоме Тяжпромэлектропроекта разработаны типовые комплектные узлы установки шинопроводов и подвода питания от них к электроприемникам (всего 25 типовых узлов).

Основной опорной конструкцией является гнутая скоба из корытообразного профиля. Она является универ-

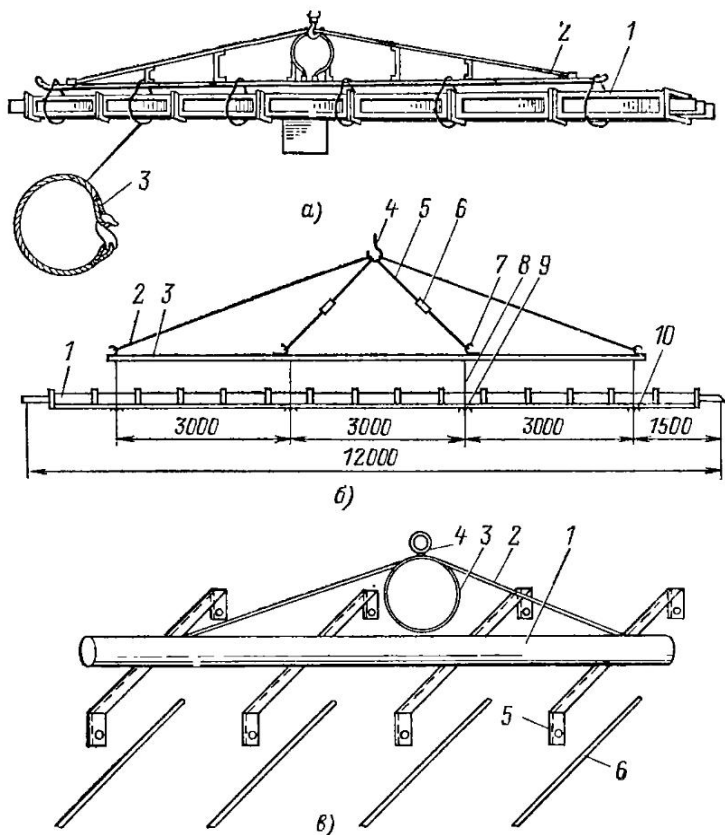


Рис. 23. Травесы для блоков магистральных шинопроводов.

*а* — сварная травеса с жесткими растяжками: 1 — блок шинопровода; 2 — сварная травеса; 3 — строп; *б* — травеса с тросовыми растяжками: 1 — шинопровод; 2 — растяжка (сталь круглая  $\varnothing 6$  мм); 3 — штанга (труба водогазопроводная  $\varnothing 80$  мм); 4 — крюк крана; 5 — растяжка разгрузочная (сталь круглая  $\varnothing 6$  мм); 6 — муфта натяжная типа НМ-100; 7 — крюк (сталь круглая  $\varnothing 12$  мм); 8 — строп-подвеска (канат стальной  $\varnothing 6$  мм); 9 — захват; 10 — профиль монтажный типа К257; *в* — травеса бесстроповая (кассетного типа): 1 — штанга (труба водогазопроводная  $\varnothing 80$  мм); 2 — растяжка жесткая (сталь круглая  $\varnothing 10$  мм); 3 — кольцо жесткости; 4 — кольцо для крюка крана; 5 — скоба из профиля К257 или из угловой стали  $40 \times 40$ ; 6 — шкворень (труба стальная  $\varnothing 12$  мм).

сальной для всех видов прокладок распределительных шинопроводов — опорным основанием для стоек У1451, для кронштейна У1458, для тросового подвеса У1439 (рис. 25).

Настенный кронштейн У1458 закрепляется на стене в вертикальном положении дюбелями К438, при этом расстояние до оси шинпровода получается 170 мм. При

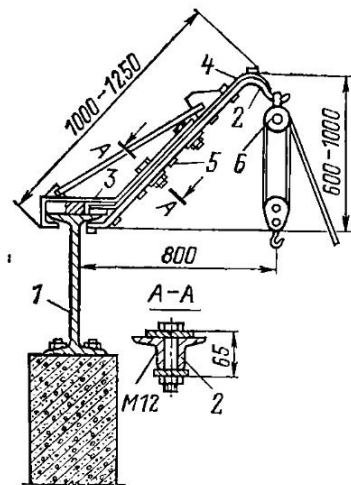
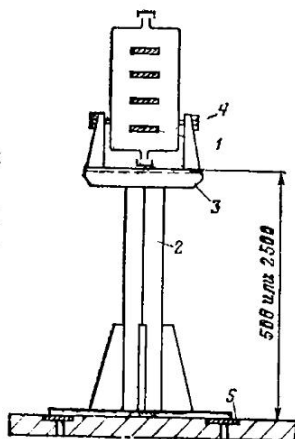


Рис. 24. Подъем блоков магистральных шинпроводов с применением кронштейна, закрепляемого на подкрановых путях.

1 — подкрановая полка; 2 — кронштейн для подъема; 3 — узел захвата за подкрановый путь (сталь 100×10 мм); 4 — стрела кронштейна (сталь угловая 50×50×6 мм); 5 — крепление накладки; 6 — блок, полиспаст, таль.

Рис. 25. Прокладка распределительных шинпроводов на полу по стойкам.

1 — шинпровод; 2 — стойка; 3 — опорное основание; 4 — стопорный болт, крепления шинпровода к опорному основанию; 5 — крепление стойки к полу.



наличии по трассе выступающих конструкций (колонны, трубы и т. п.) применяются кронштейны с удлинителями в виде четырехугольной рамы (по аналогии с конструкциями для магистральных шинпроводов). В проле-

тах между колоннами через каждые 3 м дается дополнительное крепление тросовыми подвесами У1459 (однолучевая или двухлучевая подвески). В качестве оттяжек применяется стальная проволока диаметром 6 мм.

Перед установкой секций на опорные конструкции проверяют отсутствие внешних дефектов, чистоту контактных концов шин, укомплектованность их болтами и т. п. Легким встряхиванием прослушивают отсутствие посторонних предметов в кожухе и целостность внутренних частей, так как при небрежной транспортировке могут быть поломаны изоляторы. Концы шин протирают бензином, затем смазывают тонким слоем вазелина. Секции укладывают на опорных конструкциях так, чтобы надпись на кожухе «нуль» находилась сверху. Шины стягиваются болтами (головкой вверх), входящими в поставку завода. Следует иметь в виду, что шины внутри кожуха могут несколько перемещаться, поэтому концы шин смежных секций должны выступать из кожухов одинаково.

Первую затяжку шин болтами доводят до максимального усилия руки (40 кг) ключом нормальной длины. Затем, ослабив, доводят до усилия 15—20 кг. При этом обеспечивается стабильный контакт. Затем кожухи соединяемых секций скрепляются винтами и соединительными планками. Надо иметь в виду, что заземление (зануление) секций и коробок ответвлений (металлическая связь) обеспечивается через эти планки и лапки, приваренные к концам коробов, поэтому затяжка винтов должна быть надежной.

Питание линии шинопровода осуществляется через вводную секцию типов У2021, У2057, У2077 на токи соответственно 250, 400, 600 А. Коробки могут устанавливаться в любом месте линии: в конце либо в любом стыке секций. В случае установки в середине нагрузки через вводную коробку может проходить двойной ток шинопровода.

Подводки от ответвительной коробки шинопровода до электроприемника выполняют в стальных трубах, металлорукавах или других видах защищенной проводки (рис. 26). Кабельные проводки могут прокладываться по стальным конструкциям из уголка, полосы, круглого сечения. Эти металлоконструкции выполняются в соответствии с требованиями, обеспечивающими металлическую связь электроприемника с кожухами линии шинопроводов.



**Монтаж троллейных шинопроводов.** Сочетанием прямых и угловых секций шинопроводов этой серии можно собрать троллейную линию практически любой трассы. Секции рассчитаны на горизонтальное расположение с креплением через каждые 3 м в местах установки со-

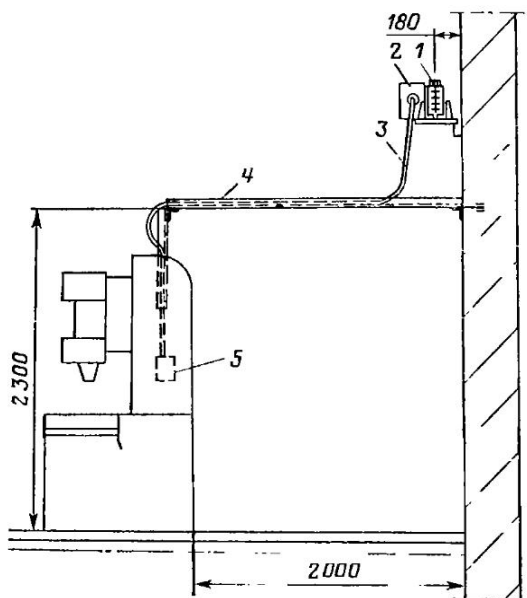


Рис. 26. Подвод питания к электроприемнику от распределительного шинопровода.

1 — шинопровод; 2 — ответвительная коробка; 3 — кабель или провод (для прокладки в трубе); 4 — конструкция для проводки к электроприемнику; 5 — пусковой аппарат.

единительных муфт и на поворотах. Шины секций, изготовленные из профильной меди, соединяются между собой зажимами, а кожухи — накладными муфтами на винтах.

В зависимости от расположения трассы шинопроводы устанавливают на полу по стойкам, на стене по кронштейнам, под перекрытием, на металлических, железобетонных или подкрановых балках, в каналах для передаточных тележек (рис. 27, 28).

На стойках К778 троллейные линии прокладываются по оголовнику в виде траверсы из профильной стали. Обычно траверса несет на себе две линии по обе сторо-

ны стойки с расстоянием между осями их 1500 мм, а расстояние между стойками обычно берут 6 м. В качестве несущей балки для шинпровода рекомендуется прямоугольная труба сечением 30×60 мм, прикрепляемая к траверсам. Шинпровод через каждые 3 м прикрепляют

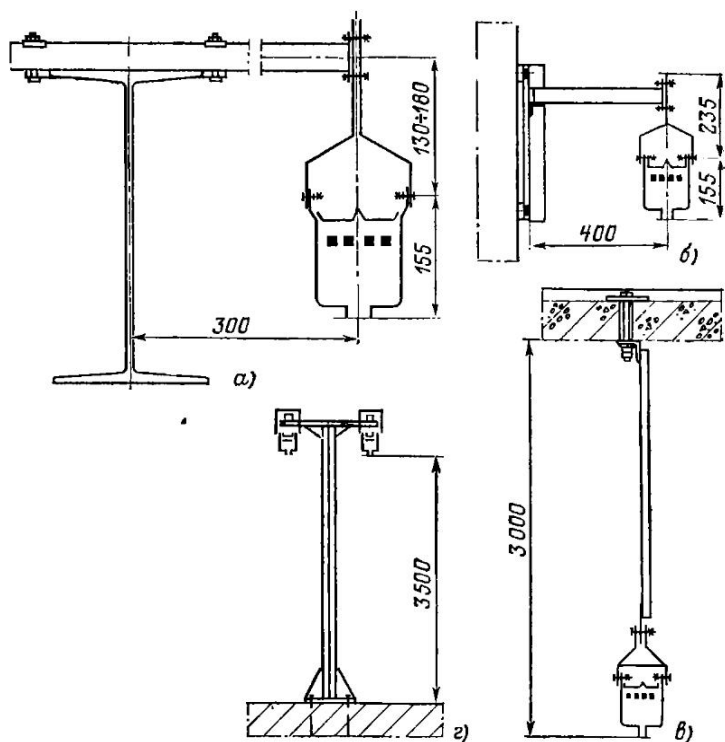


Рис. 27. Прокладка троллейных шинпроводов.

*а* — на монорельсе; *б* — на стене по кронштейнам; *в* — под перекрытием на штангах; *г* — на стойках.

к трубе скобой из перфорированной полосы К106. Изготовленные таким способом в МЭЗ блоки шинпроводов доставляются к месту установки.

На стенах прямые секции устанавливают на кронштейнах К776, которые закрепляются на строительном основании дюбелями с распорной гайкой либо вмазными штырями. Обычно шинпровод располагают на расстоянии 200 мм от стены при длине кронштейна 270 мм. При

угловом повороте трассы вдоль стены угловая секция закрепляется кронштейном длиной 730 мм с подхватом промежуточной подвеской К780.

Под перекрытием троллейные шинопроводы устанавливают на П-образных конструкциях из корытообразных перфорированных профилей К347. Конструкция своим основанием прикрепляется к перекрытию, а к ее направленным вниз стойкам — шинопровод. Длина стоек опре-

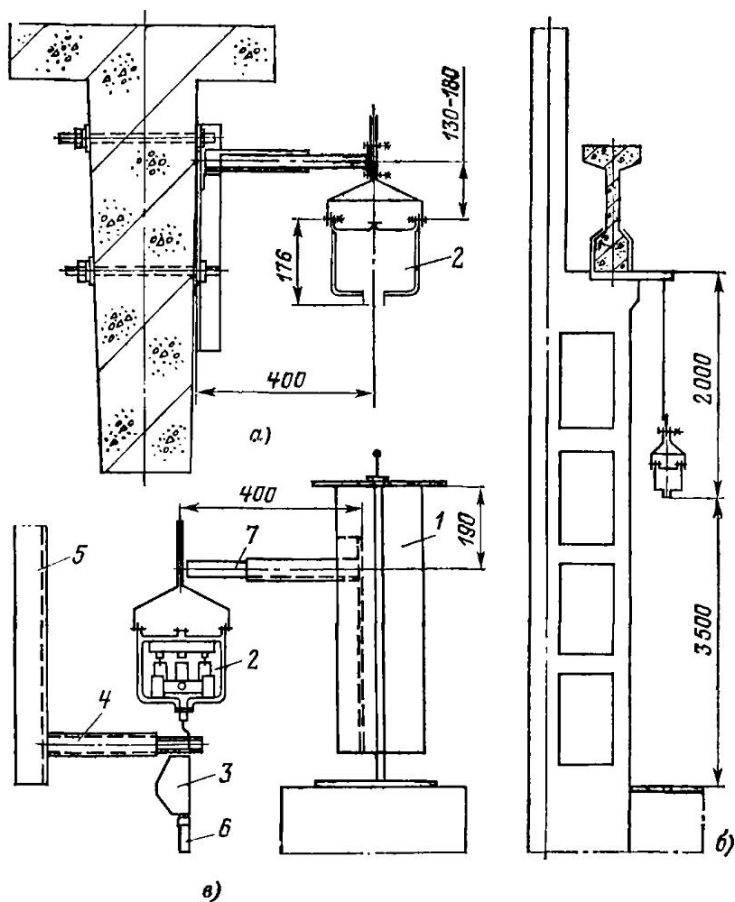


Рис. 28. Установка троллейного шинопровода ШТМ72.

а — на железобетонной подкрановой балке; б — по колоннам; в — на металлической подкрановой балке; 1 — подкрановая балка; 2 — шинопровод; 3 — токосъемная каретка; 4 — ведущая скоба; 5 — траверса механизма; 6 — питающий кабель; 7 — кронштейн.

деляется высотой установки троллейной линии и находится в пределах 500—2000 мм. Большие размеры не рекомендуются из-за возможной вибрации.

Установка по двутавровой балке производится на кронштейнах К781, привариваемых к верхнему тавру. Расстояние между осями двутавра и шинопровода 300 мм. Угловые секции с изгибом радиусом 800 или 1200 мм (под углом 90°) прикрепляют к кронштейнам с применением подвески К780.

На металлической подкрановой балке шинопровод прокладывают по кронштейнам К776. Они прикрепляются к ребрам жесткости балки сваркой или болтами. На железобетонной подкрановой балке применяются те же кронштейны, прикрепляемые шпильками через отверстия балки. К кронштейнам предварительно приваривают накладки из угловой стали 50×50×5 мм длиной 400 мм с двумя отверстиями для шпилек К386.

За последнее время троллейные шинопроводы стали применяться для напольных электротележек. Секции шинопроводов прокладывают по стенкам специальных каналов глубиной 400 мм. На стене канала на расстоянии 50 мм от перекрытия устанавливают кронштейны К776 для линии шинопроводов.

Специальный бугель, передвигающийся по щели канала, связан с кареткой токосъема, чем и осуществляется питание электропривода тележки. Ход бугеля ограничивается конечными выключателями.

**Монтаж осветительных шинопроводов.** Осветительные шинопроводы серии ШОС кроме освещения нашли применение для питания мелких, часто расположенных электроприемников. Простота сборки, разборки и переноса дает возможность все более широкого применения их в цехах с насыщенным оборудованием и высокой освещенностью. Они особенно целесообразны для так называемых световых линий со сплошным расположением светильников. Но их не следует применять в линиях, где светильники расположены на фермах с расстоянием между ними 6—8 м.

Монтаж линий ШОС (табл. 9) осуществляется в две стадии: первая стадия—установка несущих опорных конструкций; вторая—установка шинопровода с подключением светильников. Если светильники по состоянию строительной части не могут быть установлены одновременно, то их вынуждены монтировать и подклю-

чать в третью стадию. Соответственно этому из МЭЗ поступают в монтаж комплекты заготовок. Обычно на монтаже по мере готовности трасс доставляются в контейнерах блоки секций, установленных на несущей конструкции. В качестве такой конструкции применяется стальная труба квадратного сечения. Если проектом предусмотрена установка светильников на этой же трубе, то заготовка выдается совместно со светильниками. Такие блоки могут устанавливаться на стенах, колоннах, фермах, перекрытиях, технологических трубах, силовых шинопроводах. Для этой цели имеется ряд типовых разработок опорных деталей — кронштейнов, стоек, подвесов, хомутов и т. п. (рис. 29, 30).

Таблица 9

**Технические данные конструкций для крепления осветительных шинопроводов ШЮС67**

Назначение	Наименование и тип	Масса, кг
Крепление секций на распределительном шинопроводе ШРА	Хомут К544	0,1
Крепление секций на жестких основаниях (стены, потолки, кронштейны)	Скоба К474	0,05
Подвешивание светильника на шинопроводе ШЮС	Хомут с крюком К470	0,12

Расстояния между креплением секций к несущему основанию не более 3 м. Но иногда в зависимости от установленных в них светильников крепление приходится делать чаще. Ориентировочно считается, что при трехметровом пролете крепления масса на 1 м линии (совместно со светильниками) не должна превышать 12 кг.

Комплект конструкций для крепления линий шинопроводов доставляется на монтаж совместно с укрупненными блоками.

Стыкование секций шинопровода выполняют в следующем порядке: осматривают торцы стыкуемых секций, обращая внимание на отсутствие повреждений (вмятин) на кожухе, розетке, вилке. Штырьки вилки должны быть параллельны оси секции. Перед соединением секций ослабляют четыре винта, скрепляющие полумуфты так, чтобы между полумуфтами образовался зазор 3—4 мм,

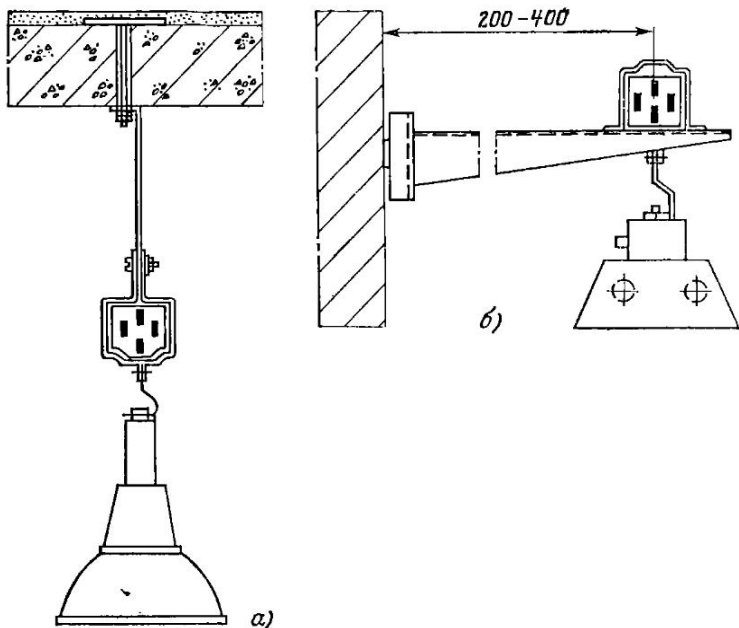


Рис. 29. Прокладка осветительного шинопровода с подвеской светильников.

*а* — на подвесках; *б* — на кронштейнах.

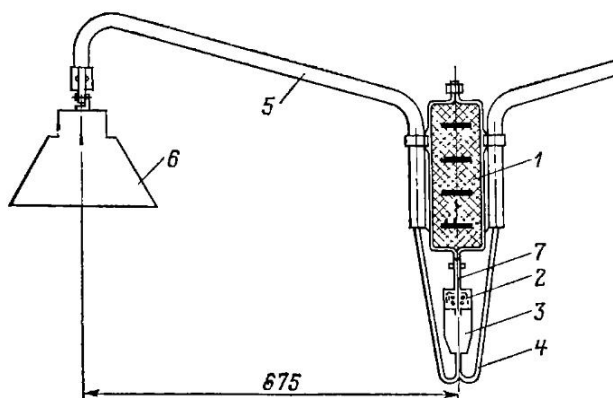


Рис. 30. Совместная прокладка шинопровода ШРА73 и осветительного шинопровода ШОС73.

*1* — распределительный шинопровод; *2* — осветительный шинопровод; *3* — штепсельный шинопровод; *4* — провода для светильников; *5* — кронштейн; *6* — светильник; *7* — подвеска для осветительного шинопровода.

и ослабляют два сжимных винта штепсельной колодки. Потом при надетых полумуфтах вставляют вилку в розетку и надвигают примыкаемую секцию. Полный заход вилки в розетку контролируется положением сжимных винтов розетки: винты должны располагаться в овальном отверстии нижней полумуфты. Эти винты, а затем и все четыре винта крепления полумуфты затягивают. Таким способом обеспечивается надежное механическое и электрическое соединение всех секций: прямых, угловых вводных, гибких. Штепсельная пятиштырьковая вилка при включении должна свободно входить в гнездо, замыкая сначала заземляющий контакт, а затем все остальные. Маркировка на корпусе вилки показывает, как надо ориентировать ее относительно маркировки у штепсельного окна. Штепсельную вилку в гнезде поворачивают, осуществляя этим соединение металлических частей ее с корпусом шинпровода, чем осуществляется металлическая связь, прежде чем фазовые контакты войдут в свои гнезда. Этим осуществляется заземление светильников и обеспечивается безопасная эксплуатация их.

## **9. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШИНОПРОВОДОВ**

Современное производство, особенно машиностроительное с поточным характером технологического процесса, характеризуется периодической реконструкцией. Реконструкция проводится в среднем через каждые 10—15 лет. Например, в сборочных, механических и подобных им цехах перемещают 40—50% смонтированного оборудования.

Помимо того, в целях совершенствования технологического процесса в течение года перемещают и заменяют 5—10% станочного оборудования. Исходя из этого, сейчас выпускают все в больших масштабах станки и линии, приспособленные для частых перемещений. Они рассчитаны на установку без фундаментов, без сложных присоединений к внешним коммуникациям, с верхним подсоединением электропитания, т. е. с подсоединением к токопроводам, проходящим над линиями станков. При перепланировке технологического оборудования, как правило, приходится перемонтировать линии распределительных и троллейных шинпроводов, но практически магистральные шинпроводы остаются на месте.

В связи с этим еще раз подтверждаются преимущества сварных соединений секций магистральных шинопроводов по сравнению с болтами. Так, по обследованиям, проведенным ВНИИПЭМ, установлено на одном из заводов, что из 13 000 сварных соединений магистральных шинопроводов (общей протяженностью 50 км) за 2 года не было отмечено ни одного отказа из-за повреждения соединений. В то же время из 3000 болтовых соединений зарегистрировано шесть повреждений, что составило 15% всех отказов магистральных шинопроводов на этом заводе. После 4 лет эксплуатации, убедившись в слабости болтовых соединений, заменили их сварными, что устранило аварийность в соединениях и непроизводительные расходы на уход за ними.

В настоящее время при монтаже магистральных шинопроводов поставляется лишь 2—3% болтовых соединений. Они применяются только при подходах к аппаратам или в местах заплакированных разъемов шин магистралей. Однако ранее смонтированные магистральные шинопроводы соединялись с помощью одноболтового сжима. Такие соединения требуют периодической подтяжки (не менее 2 раз в год).

Подтяжка является ответственной операцией, она значительно серьезней, чем кажется на первый взгляд. Иногда считают, что чем крепче затянут контакт, тем он надежнее. Это неверно. Перетянутое болтовое соединение на шинах секций вызывает выпучивание алюминия и контакт ухудшается. Кроме того, как показывают исследования, пластмассовые детали, расположенные на одноболтовом сжиме, при длительном нахождении под излишним давлением дают невосстанавливаемую усадку. Поэтому затяжку одноболтового сжима надо выполнять обязательно с применением калибра.

Основной причиной аварийности шинопроводов являются механические повреждения от передвижных средств, от воздействия на секции дополнительных (неэлектрических) конструкций или коммуникаций, ослабление крепления опорных конструкций и т. п. Второй причиной является скапливание пыли внутри короба шинопроводов, попадание воды и т. п. На промышленных предприятиях пыль, как правило, токопроводящая, шины у всех комплектных токопроводов, кроме магистральных, неизолированные. Последние, хотя они и изолированы, ни в коем случае нельзя считать недоступны-



ми для проникновения пыли. Кожухи у магистральных шинопроводов сделаны из перфорированной стали, следовательно, пыль легко проникает в них. Поскольку это многоамперные токопроводы, то вследствие наличия магнитных полей внутри короба создаются условия для накопления металлической пыли, особо опасной с точки зрения проводимости.

Изоляция стыков шин делается вручную с применением стеклополотна на клею либо с помощью накладных пластмассовых скорлуп. При сложной конфигурации и стесненности стыка обеспечить герметичность его изоляции практически трудно. При этом создаются условия для проникновения пыли и появления токопроводящих мостиков, что может привести к замыканиям на «корпус» и между фазами. Периодическая чистка от пыли является средством повышения надежности эксплуатации комплектных шинопроводов.

Довольно распространенным видом повреждения магистральных шинопроводов является попадание металлических предметов через перфорацию кожухов. Такими являются мелкие шайбы, гвозди, металлическая стружка, огарки сварочных электродов или брызги металла от сварки. Эти предметы, как правило, сразу не приводят к аварии, но они, застревая между шинами, постепенно от вибрации разрушают изоляцию их, что приводит к короткому замыканию. Наконец, третьей причиной аварийности является плохой надзор за контактными соединениями шин; неправильная затяжка болтового соединения вызывает разогрев шин в контакте и усиленное образование оксидной пленки на контактной части алюминиевых шин. Этим в свою очередь создаются условия для еще большего разогрева, что в конце концов может привести к аварии.

Распределительные шинопроводы серии ШРА, обеспеченные закрытым кожухом, меньше подвержены запылению, хотя из-за неплотного прилегания крышки на стыках секций в них также может скопиться пыль. Средством борьбы с нею является продувание воздухом при открытых торцовых крышках. Если линия длинная, то это продувание следует делать по секциям, открывая поочередно крышки стыков секций.

При очередных ревизиях распределительных шинопроводов обращают внимание на контактные части, особенно на болтовые соединения шин. Отключив шино-

провод от источников питания и приняв соответствующие меры по технике безопасности, проверяют нагрев контактных частей. Надо иметь в виду, что у шинопроводов серии ШРА, выпускавшихся до 70-х годов, штепсельное подсоединение ответвительных коробок к шинам осуществлялось через медные накладки. Эти накладки прикреплялись к шинам способом холодной опрессовки. С течением времени, особенно при имевших место перегрузках, контакт между алюминиевой шиной и накладкой и соответственно между последней и пинцетами подключенной коробки ухудшался. Это вызывало перегрев контакта вплоть до появления нагара. Такие места следует выявлять, тщательно зачищать и ремонтировать, снова опрессовывая с последующей пропайкой (или сварки) по границам накладки. Новые серии распределительных шинопроводов изготавливают с контактными площадками, нанесенными способом плакирования.

При ревизиях шинопроводов обязательно осматривают втычные контакты ответвительных коробок и штепсельных соединений. При необходимости зачищают их наждачным полотном средней зернистости карборунда, а лучше тонким плоским напильником.

Повреждение изоляции обнаруживается обычным способом — с помощью мегаомметра или, еще проще, с помощью «пробника». Часто так называемый восстанавливающийся пробой изоляции указанными способами не обнаруживается, поэтому приходится пользоваться способом прожига изоляции. Для этого пользуются испытательным трансформатором с вторичным напряжением 1000 В. Предварительно отключают от шинопроводов все электроприемники, аппараты, сигнальную аппаратуру и т. п. К шинам подключают провода испытательного напряжения. Постепенно повышая его, наблюдают за линией шинопроводов. Обычно место поврежденной изоляции выявляется по дыму, выходящему через неплотности кожуха поврежденной секции. У этой секции снимают кожух для осмотра и ремонта изоляции. В зависимости от характера повреждения изоляции его устраняют на месте или же в условиях мастерской, заменяя секцию резервной.

При отсутствии резервных шинопроводов (особенно магистральных) полезно иметь инвентарные аварийные перемычки из пучков изолированных проводов соот-

ветствующего (суммарного) сечения. Например, для магистральных шинопроводов берется пучок проводов марки АПР, рассчитанный на рабочий ток магистрали (в данном участке его). Пучок проводов приваривается с обеих концов к алюминиевым обрезкам шин сечением  $100 \times 10$  мм с отверстиями под одноболтовой сжим (по типу гибкой секции). Эти пластины являются накопечниками для инвентарной гибкой перемычки, подключаемой с помощью одноболтовых сжимов вместо демонтированной секции.

Если удаляемая (поврежденная) секция была смонтирована на сварке, то она демонтируется с применением фрезы на базе электросверлилки, заусенцы и остатки сварки на плоскостях шин тщательно зачищают плоским напильником с последующей протиркой бензином.

Необходимо помнить, что, удалив секцию, мы лишаемся заземления остальной части магистрали (за разрывом), поскольку оно осуществлялось через опорные уголки секций шинопроводов. Поэтому надо предусмотреть необходимую металлическую связь. Для этой цели применяют соответствующий отрезок угловой стали или гнутого профиля, скрепляемого болтами кожухов смежных секций шинопроводов.

По окончании монтажа замененной секции контактные части торцов секции изолируют лакотканью либо накладными скорлупами. До включения под напряжение линию испытывают мегаомметром 1000 В. Все операции по подготовке к ремонту, а также по включению под напряжение выполняются с соблюдением соответствующих правил по технике безопасности.

У шинопроводов немагистральных (распределительных, троллейных, осветительных) повреждение следует искать в первую очередь в контактных соединениях. Так как вскрытие контактных соединений (наугад) связано с простоем производства, то рекомендуется поиск организовать способом разделения линии «пополам». Разбирается стык секций в середине линии, шины в контакте разделяют изоляционными прокладками и «прозванивают» их в обе стороны от разъема. С дефектным участком, в свою очередь, поступают так же, пока не обнаружится поврежденная секция. При этом все аппараты, находящиеся на секциях шинопроводов, долж-

пы быть сняты, лампы сигнализации вывернуты, питающие и отходящие линии отключены аппаратами, находящимися на шинопроводах.

#### **10. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МОНТАЖЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ШИНОПРОВОДОВ**

Техника безопасности при монтаже шинопроводов соблюдается соответственно требованиям «Инструктивных указаний по технике безопасности при производстве электромонтажных работ» (Стройиздат, 1963 г.). Монтаж шинопроводов относится к работам на высоте. Основные требования к ним следующие.

К работе на высоте допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие соответствующий медосмотр и обучение с присвоением квалификации не ниже II группы, а при работе с гидроподъемником и с телескопических вышек — не ниже III группы.

Инструмент, механизмы и приспособления, применяемые при монтаже, должны быть проверены в соответствии с требованиями Правил по технике безопасности. К таким механизмам и приспособлениям относятся: лестницы, стремянки, лестницы с площадками, предохранительные пояса, монтажные вышки, эстакады, подмости, телескопические вышки, гидроподъемники.

Во время работы ролики передвижных платформ должны быть заклинены, а самоходные подъемные механизмы и приспособления заторможены. Все работы на автовышке и гидроподъемнике выполняются на дне корзины или люльки с обязательным пристегиванием предохранительным поясом. Перегибаться за ограждения подъемных устройств или вставать на ограждения не допускается. В корзине гидроподъемника разрешается подъем не более двух человек с добавочным грузом инструмента и механизмов не более 10 кг. В каждой люльке гидроподъемника допускается подъем только одного человека, а суммарная нагрузка не должна превышать 200 кг. Подъем и спуск инструмента и материалов допускаются только с помощью веревки, один конец которой находится на земле, а другой у работающего наверху.

При работе с крана следует особое внимание обращать на ограждения токоведущих частей, находящихся под напряжением (троллей и др.). Подмости, образу-

емые на мосту крана для монтажа шинопроводов, должны иметь ограждения и бортовые доски. Работы с действующих кранов можно начинать после полной остановки и отключения крана. Находиться на тележке крана при его перемещении запрещается. При необходимости перемещения крана люди должны быть удалены в безопасное место. Начало движения крана оповещается специальным сигналом.

При производстве ремонтно-восстановительных и планово-профилактических работ руководствуются вышеприведенными указаниями, а также правилами по технике безопасности при эксплуатации электрических установок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зевакин А. И. Монтаж комплектных шинопроводов до 1000 В. М.: Энергия, 1974.
2. Крупович В. И. и др. Проектирование и монтаж промышленных электрических сетей. М.: Энергия, 1971.
3. Лигерман И. И. Конструирование электрических установок прокатных цехов. 2-е изд. М.: Металлургия, 1964.
4. Лигерман И. И. Кабельные сети промышленных предприятий. М.: Энергия, 1975.
5. Лигерман И. И. Крановые троллеи. М.: Энергия, 1969.
6. Мукосеев Ю. Л. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Энергия, 1973.
7. Кароль Новицки. Современные тенденции в строительстве магистральных шинопроводов. — Промышленная энергетика, 1974, № 6.
8. Справочник по проектированию электроснабжения, линий электропередачи и сетей. М.: Энергия, 1974.
9. Изделия заводов Главэлектромонтажа. М.: Энергия, 1975.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
1. Магистрально-распределительные сети . . . . .	5
2. Магистральные шиннопроводы переменного тока . . . . .	11
3. Шиннопроводы постоянного тока . . . . .	29
4. Распределительные шиннопроводы . . . . .	33
5. Осветительные шиннопроводы . . . . .	38
6. Троллейные шиннопроводы . . . . .	42
7. Перспективы развития шиннопроводов . . . . .	47
8. Монтаж шиннопроводов . . . . .	54
9. Эксплуатация шиннопроводов . . . . .	86
10. Меры безопасности при монтаже и эксплуатации шиннопроводов . . . . .	91
Список литературы . . . . .	93

АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ ЗЕВАКИН  
ИОСИП ИЗРАИЛЕВИЧ ЛИГЕРМАН

**Шинопроводы в электрических сетях  
промышленных предприятий**

Редактор издательства *И. П. Березина*

Обложка художника *А. А. Иванова*

Технический редактор *Н. Н. Хотулева*

Корректор *М. Г. Гулина*

ИБ № 1485

Сдано в набор 22.11.78

Подписано в печать 23.02.79

T-05589

Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub> Бумага типографская № 2 Гарн. шрифта литературная

Печать высокая

Усл. печ. л. 5,04

Уч.-изд. л. 5,13

Тираж 25 000 экз.

Заказ 918

Цена 20 к.

Издательство «Энергия», 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Московская типография № 10 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10



## УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Издательство «Энергия» готовит к изданию брошюры из серии «Библиотека электромонтера», которые выйдут в 1980 году.

**Анастасиев П. И., Фролов Ю. А.** Линии электропередачи до 10 кВ промышленных предприятий.

**Андриевский Е. Н.** Эксплуатация оборудования электросетей в сельской местности.

**Байтер И. И.** Защита и АВР электродвигателей собственных нужд.—2-е изд., перераб. и доп.

**Голубев М. Л.** Расчет токов короткого замыкания в электросетях 0,4—35 кВ.—2-е изд., перераб. и доп.

**Дементьев В. С.** Как определить место поражения в силовом кабеле.—2-е изд., перераб.

**Дубовский К. Н.** Электрооборудование мостовых кранов.—2-е изд., перераб. и доп.

**Иноземцев Е. К.** Ремонт и эксплуатация электродвигателей с непосредственным водяным охлаждением типа АВ-8000/6000.

**Каминский Е. А.** Как сделать проект небольшой электроустановки.—3-е изд., перераб.

**Карягин А. Г.** Материалы для электромонтажных работ.—2-е изд., перераб. и доп.

**Найфельд А. М., Хромченко Г. С.** Механизированная пробивка отверстий при электромонтаже.

**Некрасов Н. М., Тирановский Г. Г.** Монтаж специальных и контрольных кабелей.

Переносные устройства для наладки электроустановок/ Гильчер О. А., Кудряков В. П., Кудрявцев А. К. и др.

**Слоинин Н. М.** Испытания асинхронных двигателей при ремонте.—2-е изд., перераб. и доп.

**Трифонов А. Н.** Я электромонтажник: (моя профессия).

**Шагам И. Л.** Наладка каналов связи и телемеханики на аппаратуре АСК-1.

**Шайн А. Д., Левин А. Г.** Наладка устройств телемеханики на промышленных предприятиях.

**Штерн В. И.** Эксплуатация дизельных электростанций.



**КОЛХОЗАМ, СОВХОЗАМ, МТС-ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ!**

415. Корецкий В.

Колхозам, совхозам, МТС — электроэнергию! 1950

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ЗНАНИЯ В СССР:

[SNEBA.SPB.RU/DELO.KTM](http://SNEBA.SPB.RU/DELO.KTM)