

## ВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

---

### 5.1 Общие положения по расчету мощности, потребляемой строительной площадкой

Электрическая энергия является основным видом энергии на строительных площадках. Она используется для приведения в действие электродвигателей строительных машин, для электросварки, освещения строительных площадок, технологических целей (электропрогрев бетона, оттаивание мерзлого грунта и др.).

Проект электроснабжения строительства разрабатывают в следующем порядке: выполняют расчет мощности источников электроэнергии, необходимой для удовлетворения потребностей строительства на разных его стадиях; выбирают источники электроэнергии; проектируют электросети. При этом определяют напряжение высоковольтных и низковольтных сетей, количество, мощность, типы и расположение трансформаторных подстанций, марки и сечения проводов.

Мощность источников электроэнергии при разработке проектов организации строительства определяют по укрупненным показателям на 1 млн руб. сметной стоимости годового объема строительно-монтажных работ по различным отраслям промышленности с учетом особенностей района строительства. *Необходимую электрическую мощность определяют расчетным путем.* Примерная блок-схема для расчета электроснабжения строительной площадки приведена на рисунке 49.

Полученные на основании укрупненных показателей данные о потребной мощности источников электроэнергии можно использовать ориентировочно при проектировании временного электроснабжения строительства. Более точный подсчет можно сделать лишь после выявления электрических нагрузок токоприемников (электродвигатели, сварочная аппаратура, осветительная, технологическая и другие виды нагрузок).

При разработке проекта электроснабжения площадки на стадии проекта производства работ потребную мощность источников электроэнергии (кВ·А) определяют по формуле

$$P = \Sigma p_{1i} + \Sigma p_{2i} + \Sigma p_{3i} + \Sigma p_{4i} + \Sigma p_{5i} . \quad (57)$$

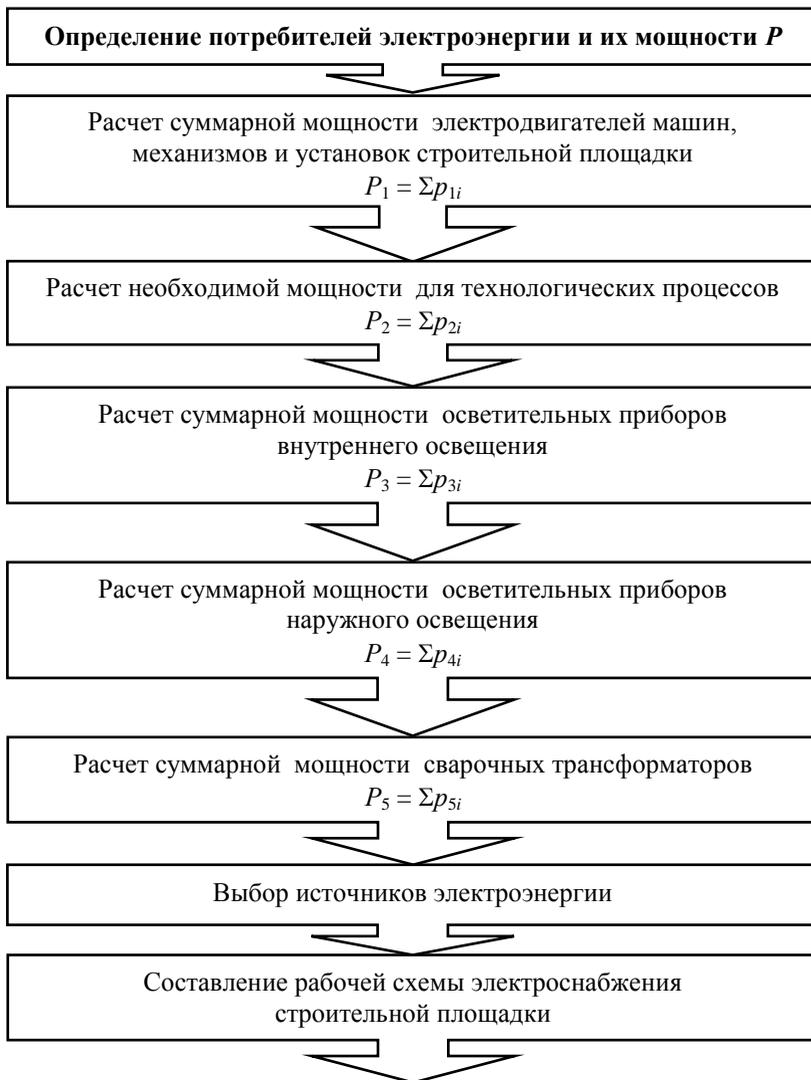


Рисунок 49 – Блок-схема электроснабжения строительной площадки  
(<http://www.stroylist.ru/doc/pic/Image29774.gif>)

Необходимые данные об установленной мощности электродвигателей строительных машин приведены в технических характеристиках этих машин, а мощности, необходимые для технологических целей, определяют в проекте производства работ в

зависимости от характера, вида и объема производимых работ. Если известна сменная или часовая интенсивность работ, можно ориентировочно определить потребную мощность на технологические нужды, пользуясь укрупненными удельными расходами электроэнергии для этих целей.

Потребную мощность для наружного и внутреннего освещения определяют по нормам на 1 м<sup>2</sup> площади фронта работ или помещений, на 1 м проездов и т. п. После определения потребной мощности выбирают источники питания строительных площадок электроэнергией.

## **5.2 Проектирование электроснабжения промышленных и административных объектов**

Подключение сложного электротехнического оборудования к электросети требует профессионального подхода. Проектированием электроснабжения на предприятии должен заниматься главный энергетик, который проводит полный анализ электротехнического оборудования на предприятии, а также разрабатывает техническую документацию с указанием требуемого силового электрооборудования, способа прокладки кабелей, расчета токов короткого замыкания, расчета электронагрузок, схемы электроснабжения всего предприятия или отдельного его участка.

Если установка электротехнического оборудования планируется в новом здании, будет спроектировано наружное и внутреннее освещение постройки, заземление и молниезащита, а также схема коммерческого учета электроэнергии.

Проектирование временного электроснабжения должно отвечать следующим требованиям: оптимальное соотношение цены и качества; возможность электроснабжения всех объектов строительства; надежность системы снабжения электричеством; выработка нужного объема электроэнергии с заданными параметрами; возможность перевозки источника энергии с одного производственного/ строительного объекта на другой; экономичность электроснабжения; надежность электрических сетей; использование доступного на стройплощадке топлива (газ, бензин, дизель и т.д.).

Надежность сетей гарантируется за счет выбора наиболее совершенных электроаппаратов, трансформаторов, кабелей и

проводников. При проектировании электроснабжения необходимо учитывать соответствие электронагрузок (как в нормальном, так и в аварийном режиме) номинальным нагрузкам соответствующих элементов, а также наличие структурного резервирования и секционирование электросети.

Монтаж электросетей для повышения или понижения мощности подстанций в системах электрического снабжения сопряжен с большими материальными затратами. Поэтому во время проектирования нужно провести детальный анализ экономичности различных проектных решений ([http://www.eneca.by/ru\\_design\\_electric/](http://www.eneca.by/ru_design_electric/)).

Проектирование электросетей должно осуществляться с учетом требований, перечисленных в действующей нормативно-технической документации:

- ПУЭ (Правила устройства электроустановок) (6-е изд.).
- ТКП 339–2011. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемосдаточных испытаний.
- ТКП 336–2011. Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций.
- ТКП 45-4.04-149–2009. Системы электрооборудования жилых и общественных зданий.
- СНиП II-35–76. Нормы проектирования. Котельные установки (с учетом Изм. 1–6).
- П1-03 к СНиП II-35–76. Проектирование автономных и крышных котельных (с учетом Изм. 1).
- СН 357–77. Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий.
- СН 174–75. Инструкция по проектированию электроснабжения промышленных предприятий (с учетом Изм. 1).
- ГОСТ 30331.1–15. Электроустановки зданий.
- СНиП 3.05.06–85. Электротехнические устройства.
- ТКП 45-2.04-153–2009. Естественное и искусственное

освещение. Строительные нормы проектирования.

– СН 541–82. Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов.

– СНиП II-11–77. Защитные сооружения гражданской обороны.

– ТКП 45-3.01-155–2009. Генеральные планы промышленных предприятий.

– ТКП 181–2009. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.

– МПОТ (Межотраслевые правила по охране труда при работе в электроустановках): Постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства энергетики Республики Беларусь, 30.12.2008, № 205/59.

– Нормы технологического проектирования электротехнической части котельных при установке на них генерирующих мощностей.

– НПБ 5–2005. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

– РСН 8.03.208–2007. Ресурсно-сметные нормы на монтаж оборудования. Сб. 8. Электротехнические установки.

### **5.3 Определение места расположения и выбор трансформаторной подстанции**

Наиболее рационально использовать в период строительства сети и устройства, предусмотренные проектом постоянного электроснабжения. Это позволит в значительной мере сократить протяженность сетей и стоимость временного электроснабжения.

До начала строительства целесообразно сооружать трансформаторные подстанции и ответвления от высоковольтной сети. Подстанции могут быть стационарные, предусмотренные проектом постоянного электроснабжения строящегося промышленного предприятия, жилого поселка, микрорайона, градостроительного комплекса и т. п., или временные.

Питание трансформаторов, обслуживающих строительные площадки, производится обычно от сетей напряжением 6 и 10 кВ, напряжение на низкой стороне 380/220 В.

Если невозможно осуществлять электроснабжение строительных площадок от высоковольтной сети или такое решение экономически нецелесообразно (например, при большой удаленности

строительства от линии электропередачи), для электроснабжения используют временные передвижные электростанции (ПЭС). Иногда целесообразно применять смешанный вариант электроснабжения, когда, например, основные строительные объекты на площадке обслуживаются от постоянных сетей, а удаленные от строительной площадки объекты – от временных передвижных электростанций. Последние используют также для электроснабжения строительства в начальный его период до того времени, когда будет обеспечено электроснабжение от основного источника.

Учет расхода электроэнергии на строительстве в целом, а также на отдельных его подразделениях (строительные участки, предприятия и др.) осуществляется счетчиками, устанавливаемыми в трансформаторной подстанции. За электроэнергию обычно платят по двухставочному и двухставочно-дифференцированному по зонам суток тарифам на активную электрическую мощность и энергию с основной платой за фактическую величину наибольшей потребляемой активной мощности в часы максимальных нагрузок энергосистемы.

Такая система оплаты стимулирует использование электроэнергии наиболее экономно (<http://askue.energoby.by/askue14.html>).

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) предназначены для приёма, преобразования и распределения электрической энергии трёхфазного переменного тока частотой 50 Гц, для электроснабжения отдельных населённых пунктов, небольших промышленных объектов и прочих потребителей электроэнергии, относящихся к III категории по надёжности электроснабжения.

Потребительские трансформаторные подстанции выпускают комплектные мощностью от 25 до 250 кВА напряжением 10 кВ, а в отдельных случаях и до 1000, 1600, 2500 кВА напряжением не только 10, но и 6 кВ (ТУ РБ 00457969.016–97).

КТП представляет собой трансформаторную подстанцию с одним трансформатором, с воздушными или кабельными вводами высокого напряжения, воздушными или кабельными выводами низкого напряжения. Принципиальная электрическая схема подключения КТП представлена на рисунке 50.

КТП имеет следующие составные части:

– устройство со стороны высшего напряжения (УВН);

- распределительное устройство со стороны низшего напряжения (РУНН);
- трансформатор силовой наружной установки;
- площадка для обслуживания шкафа РУНН;
- разъединитель наружной установки.

КТП подключается к ЛЭП 10 кВ посредством разъединителя наружной установки, который устанавливается на ближайшей от КТП опоре ЛЭП. Разъединитель имеет стационарные заземляющие ножи со стороны КТП.

В целях обеспечения безопасной работы обслуживающего персонала и исключения ошибочных переключений на подстанции установлены защитные и блокировочные устройства.

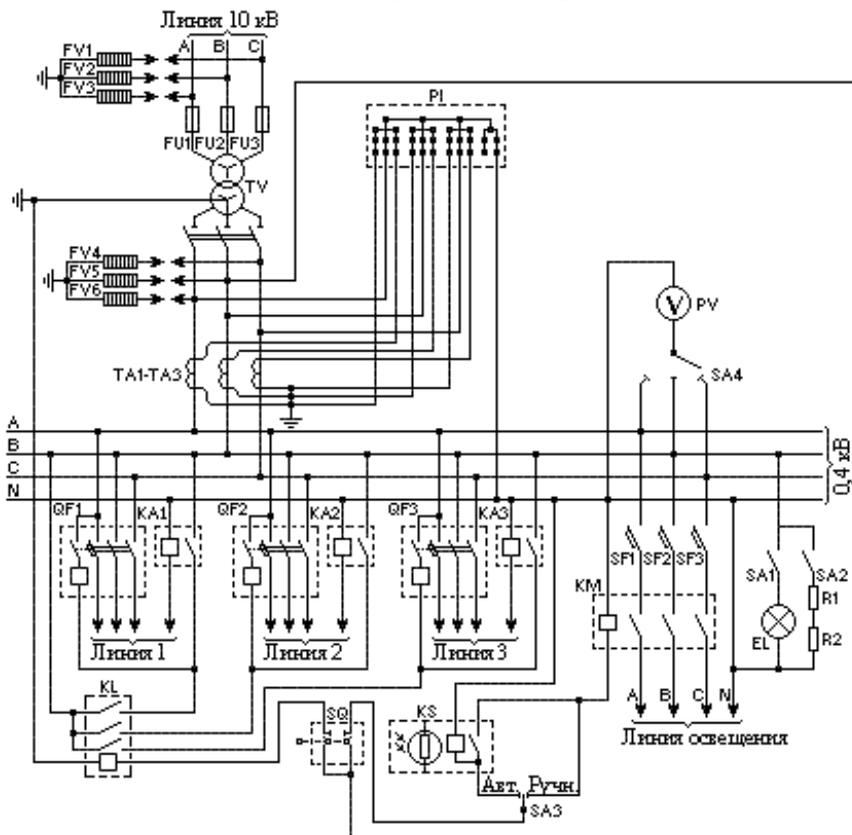


Рисунок 50 – Схема электрическая принципиальная подключения трансформаторной подстанции

Источники электроснабжения строительных площадок подразделяются на стационарные и автономные (передвижные электростанции).

Предпочтительным является питание от стационарного источника (районных электрических сетей). Для преобразования напряжения и распределения электрической энергии от стационарного источника электроснабжения до потребителей строительной площадки применяются трансформаторные подстанции, мощность которых выбирается по расчетной нагрузке и с учетом рекомендуемых коэффициентов загрузки в зависимости от категории надежности электроснабжения питаемых электроприёмников. Для повышения надежности электроснабжения на подстанции устанавливают два трансформатора, чтобы при выходе из строя одного из них другой смог бы обеспечить нагрузку строительной площадки. В этом случае мощность каждого из них определяется как

$$S_T = 0,65 S_{\text{стр.пл.}} \quad (58)$$

Как правило, трансформаторные подстанции необходимы для понижения напряжения линии электропередачи (6, 10 или 35 кВ) до рабочего напряжения строительных машин и механизмов – 0,4 кВ. По конструктивному выполнению различают открытые, закрытые и передвижные трансформаторные подстанции. На строительных площадках используются комплектные трансформаторные подстанции: КТП – для внутренней установки (закрытые) и КТПН – для наружной установки (открытые).

Размещать КТПН рекомендуется с максимальным приближением к центру питаемых нагрузок. Трансформатор (или передвижную электроустановку) следует размещать на стройплощадке вне опасной зоны крана.

В случае, когда объект расположен далеко от стационарного источника электроэнергии, а строительные работы необходимо форсировать, или когда стационарный источник электроснабжения не может обеспечить нужной мощностью, а также когда строительной площадке необходим резервный источник питания используется автономный источник питания.

Схемы электроснабжения (распределения электроэнергии на строительной площадке) представляют собой различные сочетания питающих, магистральных и радиальных линий.

Питающие линии предназначены для передачи электроэнергии от источника питания до трансформаторной подстанции (ТП) или от трансформаторной подстанции до распределительного пункта или отдельного электроприемника.

Магистральные линии предназначены для передачи электроэнергии к нескольким распределительным пунктам или к электроприемникам, присоединенным к линии в разных точках.

Радиальные линии предназначены для передачи электроэнергии отдельному электроприемнику или потребителю по отдельной питающей линии, идущей от трансформаторной подстанции или распределительного пункта.

В общем комплексе электроснабжения строительных площадок следует применять комбинированные схемы – магистральные и радиальные: распределение электроэнергии между участками объекта осуществляется магистральными линиями, каждая из которых питает ряд распределительных пунктов, а от этих пунктов к электроприемникам отходят радиальные линии. Другим вариантом комбинированной схемы электроснабжения строительных площадок является распределение электроэнергии среди крупных потребителей по радиальным линиям, а среди мелких потребителей – по магистральным (рисунок 51).

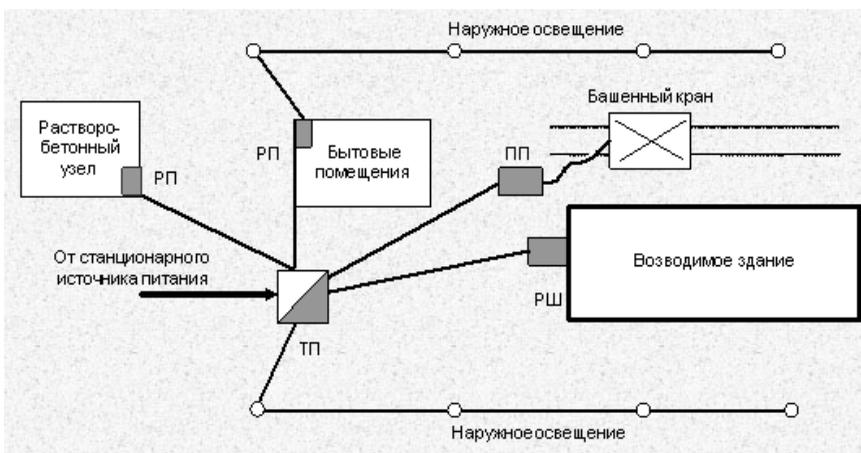


Рисунок 51 – Комбинированная схема электроснабжения строительной площадки: ТП – трансформаторная подстанция; РШ – распределительный шкаф; ПП – пункт подключения; РП – распределительный пункт ([http://edu.dvgups.ru/METDOC/ITS/STRPRO/UPR\\_STR/METHOD/UHCEB\\_POS/Genplan\\_6.htm](http://edu.dvgups.ru/METDOC/ITS/STRPRO/UPR_STR/METHOD/UHCEB_POS/Genplan_6.htm))

## 5.4 Электрические сети строительных площадок

Распределение электроэнергии на строительных площадках осуществляется посредством воздушных и кабельных линий электропередачи. Причем предпочтение следует отдавать воздушным линиям, так как кабельные значительно дороже. Кабельные линии применяются только в тех случаях, когда питание по воздушным линиям трудновыполнимо. В опасных зонах строительных машин и механизмов следует использовать только кабельные линии (для питания башенного крана, электроинструмента и т. п.).

На строительных площадках наибольшее распространение получила четырехпроводная электрическая сеть с системой напряжений 380/220 В. К такой четырехпроводной сети можно подключать и трехфазную силовую нагрузку на 380 В, и осветительную нагрузку на 220 В. В сетях 6, 10, 35 кВ применяются трехпроводные линии.

Электрические сети для освещения и силового электрооборудования рекомендуется выполнять отдельными.

*Воздушная линия электропередачи* для питания силовых электроприемников выполняется из голых (неизолированных) проводов, которые прокладываются на опорах (деревянных или железобетонных) при помощи изоляторов и арматуры. При выборе трассы воздушной линии электропередачи следует стремиться к тому, чтобы она была по возможности прямой.

По условиям механической прочности на ВЛ могут применяться алюминиевые провода марки А с площадью сечения не менее 16 мм<sup>2</sup> и сталеалюминиевые провода марки АС с площадью сечения не менее 10 мм<sup>2</sup>.

Электрические сети для наружного освещения (осветительные установки любых открытых пространств и наружных частей зданий и сооружений) могут выполняться голыми медными или алюминиевыми проводами с минимальным сечением 6 или 16 мм<sup>2</sup>

соответственно. Провода наружного освещения могут прокладываться на тех же опорах, что и провода ВЛ.

Электрические сети для внутреннего освещения (осветительные установки помещений зданий различного назначения) могут выполняться изолированными медными или алюминиевыми проводами с минимальным сечением 2,5 или 4 мм<sup>2</sup> соответственно.

Рекомендации для выбора той или иной схемы групповой линии зависят от протяженности, количества светильников, их расположения [22].

Для питания передвижных механизмов, применяемых в строительном производстве, при переменном трехфазном напряжении до 0,66 кВ используют трехжильные шланговые (переносные) *кабели* с резиновой изоляцией: повышенной гибкости с медными жилами или силовые гибкие с алюминиевыми жилами.

Для прокладки в земле применяются силовые бронированные кабели преимущественно с алюминиевыми жилами в алюминиевой оболочке.

Кабели следует прокладывать в земляной траншее глубиной 800 мм на подсыпку из просеянной земли. На трассе, где возможны механические повреждения кабелей, их защищают кирпичами или бетонными плитами. Кабели укладывают слегка волнистой линией (змейкой) для некоторого запаса в длине на растяжение при сдвигах почвы.

Наименьшее расстояние (по горизонтали) между силовым кабелем и подземными сетями водопровода, канализации, водостоков, кабелей связи принимается 0,5 м. Силовые кабели должны укладываться в трубах на всем протяжении сближения с сетями.

## **5.5 Выбор сечения проводов и жил кабелей**

При выборе и проверке проводов или кабелей для временного электроснабжения строительной площадки используются различные методики [24]. Обычно рекомендуется выбор сечений проводов и кабелей производить по следующим *двум факторам: допустимому нагреву и допустимой потере напряжения*. Из двух величин сечения, определенных по указанным факторам, выбирают большее, округляя его до ближайшего стандартного сечения. Причем для воздушных

линий, как правило, решающим фактором для выбора сечения является величина расчетной нагрузки и протяженность электрической сети, а для переносных шланговых кабельных линий электропроводок и подземных кабельных линий небольшой протяженности – допустимый нагрев.

Нагрев проводов вызывается прохождением по ним расчетного тока  $I_p$ , который должен быть меньше предельно допустимого ( $I_p < I_{доп}$ ).

Для трехфазной сети при равномерной нагрузке фаз расчетный ток  $I_p$  определяется по формуле

$$I_p = S_p / \sqrt{3} \cdot U_n, \quad (59)$$

где  $S_p$  – расчетная полная мощность нагрузки трех фаз, кВ·А,

$$S_p = P_p / \cos\varphi; \quad (60)$$

$U_n$  – номинальное линейное напряжение сети, кВ (принимается при 220 В  $U_n = 0,22$ , а при 380 В  $U_n = 0,38$ ).

Отдав предпочтение материалу проводов (для воздушных линий) или токопроводящих жил (для кабелей), по справочным данным выбирается соответствующее сечение провода или жилы кабеля с учетом того, чтобы допустимый ток на выбранное сечение был больше или равен расчетному. Допустимые значения  $I_{доп}$  (например, для кабелей с медными жилами и бумажной пропитанной изоляцией, в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в земле/воздухе) приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Допустимые длительные токовые нагрузки (по нагреву)

В амперах

Площадь сечения жилы, мм <sup>2</sup>	Двухжильные кабели до 1 кВ	Трехжильные кабели до 3 кВ	Четырехжильные кабели до 1 кВ
2,5	45/30	40/28	–
4	60/40	55/37	50/35
6	80/55	70/45	60/45
10	105/75	95/60	85/60
16	140/95	120/80	115/80
25	185/130	160/105	150/100
35	225/150	190/125	175/120
50	270 /185	235/155	215/145
70	325/225	285/200	265/185

95	380/275	340/245	310/215
150	500/375	435/330	395/300

Допустимые отклонения напряжения от номинального у различных электроприёмников следующие: на зажимах электродвигателей – не более  $\pm 5\%$ ; снижение напряжения у наиболее удаленных прожекторных установок – не более 2,5 %, а у наиболее удаленных ламп светильников наружного освещения – не более 5 %.

Далее выбранное сечение проверяется на потерю напряжения по формулам, приведенным для однофазных и трёхфазных потребителей. При необходимости сечение увеличивается.

В настоящее время все чаще применяются кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (рисунок 52).



Рисунок 52 – Конструкции силовых кабелей

(<http://www.realty-information.ru/stroyka-i-remont/228-konstrukc-silov-kabel.html>

29.03.2012)

**Маркировка.** Проводники, принадлежащие разным фазам, маркируют разными цветами. Разными цветами маркируют также нейтральный и защитный проводники. Это делается для обеспечения надлежащей защиты от поражения электрическим током, а также для

удобства обслуживания, монтажа и ремонта электрических установок и электрического оборудования. В разных странах маркировка проводников имеет свои различия. Однако многие страны придерживаются общих принципов цветовой маркировки проводников, изложенных в стандарте Международной Электротехнической Комиссии МЭК 60445:2010.

### *5.6 Временное электроснабжение стройплощадки*

Общие требования к проектированию временного электроснабжения строительной площадки ([http://ru.pgs.wikia.com/wiki/Временное\\_и\\_электроснабжение\\_стройплощадки](http://ru.pgs.wikia.com/wiki/Временное_и_электроснабжение_стройплощадки)):

- обеспечение электроэнергией в необходимом количестве и качестве;
- гибкость электрической схемы, т.е. возможность питания потребителя на всех участках строительства;
- надежность электропитания;
- минимум затрат на временное устройство и минимальные потери в сети.

Порядок проектирования:

- проводят расчет электронагрузок;
- определяют количество и мощность трансформаторных подстанций;
- выявляют объекты первой категории, которые требуют резервного электропитания (электропрогрев, водоснабжение и т.д.);
- располагают на стройгенплане трансформаторные подстанции, силовые и осветительные сети;
- составляют схему электроснабжения площадки.

Расчет электрических нагрузок выполняют:

- по удельной электрической мощности (в составе проекта организации строительства);
- установленной мощности токоприемников (в составе проекта производства работ (ППР)).

В основу первого метода приняты статистические данные о расходе электрической энергии на 1 млн руб. годового объема строительно-монтажных работ. Он зависит от вида строительства и его отраслевой структуры. При проектировании ППР расчет

выполняют по установленной мощности отдельного потребителя (по каждой машине). Расход принимают для обеспечения работы строительных машин. Расчет складывается из нужд на выполнение строительных и монтажных работ (электропрогрев, электровибратор, перфораторы, электрорубанки и т.п.), для наружного освещения стройплощадки и для внутреннего освещения.

Итоговый расчет выполняют по следующей формуле:

$$P = 1,1(\Sigma (P_{\text{т}}K_{\text{т}}/ \cos\varphi) + \Sigma (P_{\text{смп}}K_{\text{смп}}/ \cos\varphi) + \Sigma (P_{\text{ов}}K_{\text{ов}}) + \Sigma P_{\text{он}}, \quad (61)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий потери в сети;

$P_{\text{т}}$ ,  $P_{\text{смп}}$ ,  $P_{\text{ов}}$ ,  $P_{\text{он}}$  – работа соответственно техники, на СМР, внутреннего освещения, наружного освещения;

$K$  – коэффициенты спроса, зависящие от количества потребителей (выбираем в максимальной фазе потребности);

$\cos\varphi$  – коэффициент мощности, зависящий от количества и загрузки силовых потребителей.

Например, для наиболее распространенных потребителей электроэнергии коэффициенты  $K$  и  $\cos\varphi$  имеют следующие значения: башенный кран –  $K = 0,7$ ,  $\cos\varphi = 0,5$ ; установки электропрогрева –  $K = 0,5$ ,  $\cos\varphi = 0,85$ ; наружное электроосвещение –  $K = 1,0$ ,  $\cos\varphi = 1,0$ ; внутреннее электроосвещение  $K = 0,8$ ,  $\cos\varphi = 1,0$ .

Мощность потребителей электроэнергии определяется для силовых установок или технологических процессов по справочникам и каталогам. Для устройств освещения внутреннего и наружного – по удельным потребительным показателям мощности на освещаемую площадь.

Источниками электроснабжения являются трансформаторные подстанции стационарного или передвижного типа. Стационарные сооружают в подготовительный период строительства. Передвижные подстанции используют на объектах, не имеющих постоянного электропитания. Передвижные бывают средней мощности до 100 кВт или с дизельным двигателем до 1000 кВт.

Схема временного электроснабжения включает: источники электроснабжения, потребителей электроэнергии, силовые пункты, распределительные сети.

Обычно проектируют сети замкнутого контура, а также радиального или смешанного типа.