

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»
(ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий каф. РЭТЭМ
_____ В.И. Туев
« ____ » _____ 2017 г.

**БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И
ПРОИЗВОДСТВ**

Учебное-методическое пособие
по практической и самостоятельной работе студентов

Разработал:
Доцент каф. РЭТЭМ
_____ В.С. Солдаткин

Томск 2017

Солдаткин В.С. Безопасность технологических процессов и производств: Учебное-методическое пособие по практической и самостоятельной работе студентов – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2017. – 18с.

Настоящее учебное-методическое пособие составлено с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) для магистров, обучающихся по направлению подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность» содержит задания по практической и самостоятельной работе курса дисциплины «Безопасность электроустановок» и направлено на формирования у студентов следующих компетенций:

ОК-6 – способностью обобщать практические результаты работы и предлагать новые решения, к резюмированию и аргументированному отстаиванию своих решений;

ПК-14 – способностью организовывать и руководить деятельностью подразделений по защите среды обитания на уровне предприятия, территориально-производственных комплексов и регионов, а также деятельность предприятия в режиме чрезвычайной ситуации.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать основы контроля, мониторинга и анализа ситуации в части безопасности технологических процессов и производств, основные нормы и правила, основы предупреждения чрезвычайных ситуаций, основы организации и руководства подразделениями по защите среды обитания на уровне предприятия, территориально-производственных комплексов и регионов, а также основы организации и руководства предприятия в режиме чрезвычайной ситуации.

Уметь проводить мониторинг, анализировать и принимать меры для обеспечения безопасности технологических процессов и производств, организовывать и руководить деятельностью подразделений по защите среды

обитания на уровне предприятия, территориально-производственных комплексов и регионов, а также деятельность предприятия в режиме чрезвычайной ситуации.

Владеть навыками контроля, анализа и организации безопасности технологических процессов и производств, навыками организации и руководства подразделениями по защите среды обитания на уровне предприятия, территориально-производственных комплексов и регионов, а также основы организации и руководства предприятия в режиме чрезвычайной ситуации.

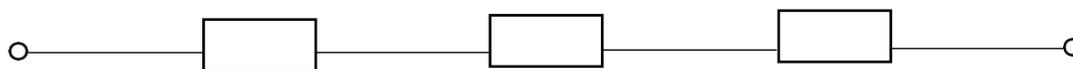
СОДЕРЖАНИЕ

1. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК.....	5
2. БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	12
3. БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ.....	14
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	17

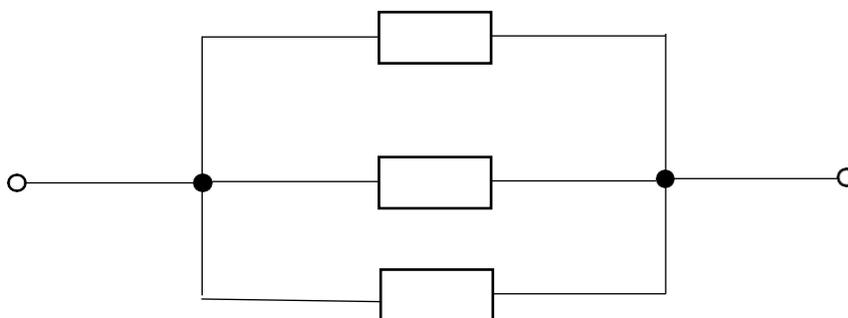
1. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Виды электрических соединений

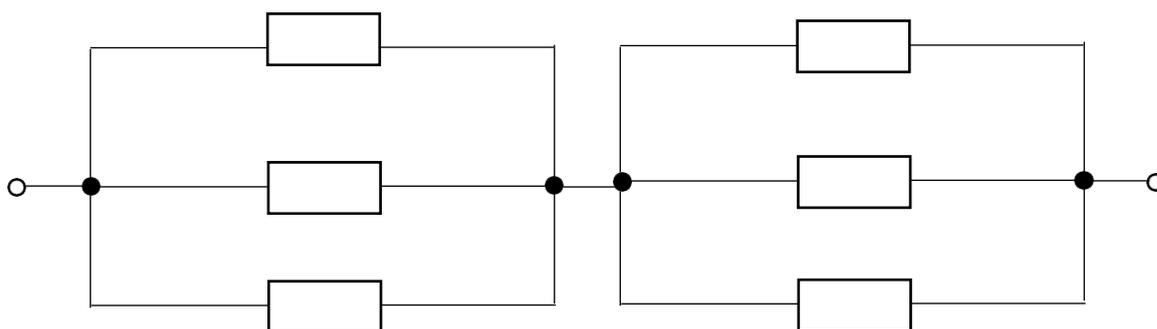
Последовательное – элементы электрической цепи расположены последовательно друг за другом и соединения не имеют узлов. Например, ёлочная гирлянда. Основной недостаток, если один из элементов вышел из строя на обрыв, вся схема перестанет работать, если один из элементов вышел из строя в связи с коротким замыканием, электрическая нагрузка распределится на всю схему и может привести к превышению допустимой электрической нагрузки на элементы.



Параллельное – элементы соединены параллельно с помощью узлов, ни один элемент не соединен между собой. При неисправности одного из электрических элементов цепи остальные будут работать.



Смешанное – в электрической цепи используется и последовательное и параллельное соединение.



Основные виды электрической разводки:

1. Через распределительный щит: к щиту подводится силовой кабель, в щите расположены автоматические выключатели, от которых распределяется через провода электрическая нагрузка по помещениям – распределение по проводам в распределительных коробках.

2. Через распределительный щит: к щиту подводится силовой кабель, в щите расположены автоматические выключатели, от которых распределяется через провода электрическая нагрузка по потребителям (без распределительных коробок, одна розетка один провод до щита) – тип звезда.

3. Через распределительный щит: к щиту подводится силовой кабель, в щите расположены автоматические выключатели, от щита идёт провод, обеспечивающий электропитанием все розетки последовательно – тип шлейф.

2. Расчёт электрической нагрузки

Таблица 1. Ведомость потребителей электроэнергии

Название электроприемника	Приблизительная мощность, Вт	Название электроприемника	Приблизительная мощность, Вт
Телевизор	300	Кондиционер	1500
Принтер	500	Проточный нагреватель воды	5000
Компьютер	500	Бойлер	1500
Фен для волос	1200	Дрель	800
Утюг	1700	Перфоратор	1200
Электрочайник	1200	Электроточило	900
Вентиляторы	1000	Дисковая пила	1300
Гостер	800	Электрорубанок	900
Кофеварка	1000	Электролобзик	700
Пылесос	1600	Шлифовальная машина	1700
Обогреватель	1500	Циркулярная пила	2000
СВЧ-печь	1400	Компрессор	2000
Духовка	2000	Газонокосилка	1500
Электроплита	3000	Сварочный агрегат	2300
Холодильник	600	Водяной насос	1000
Стиральная машина	2500	Электромоторы	1500
Лампа накаливания 100 Вт	100	Лампа светодиодная 10 Вт	10

При расчёте электрической нагрузки необходимо учитывать время работы электрооборудования и суммарную электрическую нагрузку при

одновременном включении.

Для однофазной сети сечение электрического провода можно определить по следующей формуле:

$$I = (P \times KI) / (U \times \cos(\varphi)),$$

где, P – суммарная мощность всех энергопотребителей, Вт;

U – напряжение электрической сети, В;

$KI = 0,75$ – коэффициент одновременности; $\cos(\varphi) = 1$ – для бытовых электроприборов.

Для трёхфазной сети: $I = P / (3 \cdot U \times \cos(\varphi))^{1/2}$

Таблица 2.

Сечение токопроводящей жилы, кв.мм	Медные провода			
	Напряжение, 220 В		Напряжение, 380 В	
	ток, А	мощность, кВт	ток, А	мощность, кВт
1,5	19	4,1	16	10,5
2,5	27	5,9	25	16,5
4	38	8,3	30	19,8
6	46	10,1	40	26,4
10	70	15,4	50	33,0
16	85	18,7	75	49,5
25	115	25,3	90	59,4
35	135	29,7	115	75,9
50	175	38,5	145	95,7
70	215	47,3	180	118,8
95	260	57,2	220	145,2
120	300	66,0	260	171,6

Таблица 3.

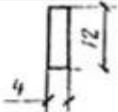
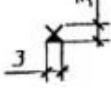
Сечение токопроводящей жилы, кв.мм	Алюминиевые провода			
	Напряжение, 220 В		Напряжение, 380 В	
	ток, А	мощность, кВт	ток, А	мощность, кВт
2,5	20	4,4	19	12,5
4	28	6,1	23	15,1
6	36	7,9	30	19,8
10	50	11,0	39	25,7
16	60	13,2	55	36,3
25	85	18,7	70	46,2
35	100	22,0	85	56,1
50	135	29,7	110	72,6
70	165	36,3	140	92,4
95	200	44,0	170	112,2
120	230	50,6	200	132,0

3. Обозначения элементов электрической цепи на схеме

Наименование	Изображение	Размер, мм
Выключатель		
Выключатель для открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:		
однополюсный		
однополюсный сдвоенный		
однополюсный строенный		
двухполюсный		
трёхполюсный		
Выключатель для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:		
однополюсный		
однополюсный сдвоенный		
однополюсный строенный		
Выключатель для открытой установки со степенью защиты от IP44 до IP55:		
однополюсный		
однополюсный сдвоенный		
однополюсный строенный		
Переключатель на два направления без нулевого положения со степенью защиты от IP20 до IP23:		
однополюсный		
однополюсный сдвоенный		
однополюсный строенный		
Переключатель на два направления без нулевого положения со степенью защиты от IP44 до IP55:		
однополюсный		
однополюсный сдвоенный		
однополюсный строенный		
Штепсельная розетка		

Штепсельная розетка открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:		
двухполюсная	⏏	
двухполюсная сдвоенная	⏏	
двухполюсная с защитным контактом	⏏	
трёхполюсная с защитным контактом	⏏	
Штепсельная розетка для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:		
двухполюсная	⏏	
двухполюсная сдвоенная	⏏	
двухполюсная с защитным контактом	⏏	
трёхполюсная с защитным контактом	⏏	
Штепсельная розетка со степенью защиты от IP44 до IP55:		
двухполюсная	⏏	
двухполюсная с защитным контактом	⏏	
трёхполюсная с защитным контактом	⏏	
Блоки с выключателями и двухполюсной штепсельной розеткой для открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:	⏏	
один выключатель и штепсельная розетки	⏏	
два выключателя и штепсельная розетки	⏏	
три выключателя и штепсельная розетки	⏏	
Блоки с выключателями и двухполюсной штепсельной розеткой для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:		
один выключатель и штепсельная розетки	⏏	
два выключателя и штепсельная розетки	⏏	
три выключателя и штепсельная розетки	⏏	
Светильник с лампой накаливания	×	
Светильник с люминесцентной лампой	⌚	
Светильник с разрядной лампой высокого давления	⊙	
Прожектор, например, с лампой накаливания	⊗	
Светильник с лампой накаливания для аварийного освещения	⊗	

Светильник с люминесцентной лампой для аварийного освещения		
Светильник с лампой накаливания для специального освещения (световой указатель), например, для запасного выхода		
Светильник с лампой накаливания		
Светильник с лампой накаливания на тресе		
То же, на кронштейне, на стене здания, сооружения для наружного освещения		
Светильник с люминесцентной лампой Примечание: допускается светильник с люминесцентными лампами изображать в масштабе чертежа		
Светильник с люминесцентными лампами, установленными в линию		
Светильник с люминесцентными лампами на кронштейне для наружного освещения		
Светильник с разрядной лампой высокого давления на кронштейне для наружного освещения		
Светильник с разрядной лампой высокого давления на опоре для наружного освещения		
Люстра		
Светильник-световод щелевой		
Прожектор		
Группа прожекторов с направлением оптической оси в одну сторону		
Группа прожекторов с направлением оптической оси во все стороны		

Светофор сигнальный на три лампы		
Патрон ламповый:		
стенной		
подвесной		
потолочный		

Задание на практическую и самостоятельную работу

Составить проект электрической схемы помещения 100 м² по заданию преподавателя:

1. Составить черновик планировки помещения.
2. На планировке обозначить основные электроприборы с их энергопотреблением.
3. Выбрать электрическую разводку в помещении и согласовать с преподавателем.
4. На планировке обозначить розетки и электрические провода в соответствии с ГОСТ 21.614-88.
5. Посчитать электрическую нагрузку и выбрать автоматические выключатели
6. Подготовить чистовой вариант проекта системы электроснабжения помещения со спецификацией, написать инструкцию по охране труда в помещении.
7. Рассчитать энергопотребление помещения.

2. БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

Методики расчёта вентиляционной системы:

на основе удельных норм воздухообмена

от назначения помещения и режима его эксплуатации устанавливается количество наружного воздуха. Данная методика применяется для расчета величины воздухообмена в помещениях, в которых, не предполагается изменения их назначения, величины и характера поступающих в помещение загрязняющих веществ в период эксплуатации [4].

на основе расчета допустимых концентраций загрязняющих веществ

от величины и характера загрязняющих веществ в помещении определяется необходимое качество воздуха. Данная методика применяется для расчета величины воздухообмена в помещениях, в которых могут изменяться назначение и (или) режим работы, могут присутствовать или появиться интенсивные источники загрязняющих веществ [5].

$$C = (M_{вр}/L_{пр}) + C_{пр} - ((M_{вр}/L_{пр}) + C_{пр} - C_0) e^{(-\tau(L_{пр}/V_{ном}))},$$

где $M_{вр}$ – количество выделяющихся вредностей;

$L_{пр}$ – величина воздухообмена;

C , $C_{пр}$ и C_0 – концентрация вредностей в помещении в момент времени τ , в приточном воздухе и начальная в помещении соответственно;

$V_{ном}$ – объем помещения;

τ – время.

на основе удельных норм воздухообмена

применительно к офисным помещениям предлагаются следующие значения удельных норм:

СНиП 2.09.04-87 [6]: кратность воздухообмена 1,5 ч⁻¹ для помещений площадью менее 36 м² и площади помещения на одного работающего – 4 м², то есть 18 м³/ч·чел при высоте помещения 3 м.

Воздухообменом – количество приточного наружного воздуха, в соответствии с ГН 2.1.6.1338-03 [7]: концентрацию CO₂ не выше 400 ppm

$$I \text{ ppm} [\text{см}^3/\text{м}^3] = 0,12 \cdot 10^{-6} \times [\text{ppm}] \times M \times P/T [\text{г}/\text{м}^3],$$

где M – молекулярная масса;

P – давление, Па;

T – температура, К.

Для помещений площадью более 36 м² воздухообмен рассчитывается из условия ассимиляции тепло-, влаговыделений:

МГСН 4.10-97 [8] указывается кратность воздухообмена 2,0 ч⁻¹ (площадь помещения на одного работающего – 6 м²), воздухообмен 36 м³/ч·чел при высоте помещения 3 м.

СНиП 31-05-2003 [9]: указываются два показателя: 20 м³/ч·чел. или 4 м³/ч·м², где на одного работающего площадь помещения 6,5 м², то есть при высоте помещения 3 м воздухообмен составит 26 м³/ч·чел.

Для установившегося воздушно-теплового режима помещения [10]:

$$L = M/K(C_{уд} - C_{np}),$$

где K – коэффициент эффективности воздухообмена характеризующий неравномерность распределения концентраций вредных выделений по высоте помещения:

$$K = (C_{уд} - C_{np}) / (C_{оз} - C_{np}),$$

где $C_{оз}$ – концентрация вредностей в обслуживаемой зоне;

$C_{уд}$ – концентрация вредностей в удаленном воздухе.

Задание на практическую и самостоятельную работу

Составить проект вентиляционной системы помещения 100 м² по заданию преподавателя:

1. Составить черновик планировки помещения, определить источники загрязнения и количество работающих человек.

2. На планировке обозначить элементы вентиляции в соответствии с СТО НП "АВОК" 1.05-2006 Условные графические обозначения в проектах отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и теплоснабжения.

3. Посчитать воздухообмен, подготовить чистовой вариант проекта системы вентиляции помещения со спецификацией.

3. БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Технологические трубопроводы предприятий и систем жизнеобеспечения населенных пунктов транспортируют различные среды с разными параметрами. Температура теплоносителя должна сохраняться независимо от условий воздействия окружающей среды именно поэтому необходимо использовать теплоизоляцию.

Самым распространенным способом расчета теплоизоляции труб является вычисление по нормируемым показателям тепловых потерь.

СНиП 41-03-2003 установлены величины потерь тепла трубопроводами разных диаметров и при различных способах их прокладки: открытым способом на улице, открыто в помещении или тоннеле, бесканальным способом, в непроходных каналах.

Расчёты для выбора теплоизоляционных материалов необходимы для обеспечения тепловых потерь, не превышающих требований СНиП 41-03-2003.

Методика расчёта теплоизоляционной конструкции [12]

Для однослойной теплоизоляционной конструкции

Зависимость между величиной потока тепла от действующей трубы, покрытой слоем утеплителя, и его толщиной определяются по формуле (диаметр трубы меньше чем 2 м):

$$\ln B = 2\pi\lambda (K(t_T - t_o) / q_L - R_n), \quad (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности утеплителя, Вт/(м °С);

K – безразмерный коэффициент дополнительных потерь теплоты через крепежные элементы или опоры (стальные трубопроводы открыто по улице, по каналам, тоннелям, открыто в помещениях на скользящих опорах при диаметре условного прохода до 150 мм – $K = 1,2$; стальные трубопроводы открыто по улице, по каналам, тоннелям, открыто в помещениях на скользящих опорах при диаметре условного прохода 150 мм и более – $K = 1,2$; стальные трубопроводы открыто по улице, по каналам, тоннелям, открыто в помещениях

на подвесных опорах $K = 1,05$; неметаллические трубопроводы, проложенные на подвесных или скользящих опорах $K = 1,7$; бесканальный способ прокладки $K = 1,15$);

t_T – температура в градусах теплоносителя;

t_o – температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

q_L – величина теплового потока, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

R_n – сопротивление теплопередаче на наружной поверхности изоляции, $(\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}) / \text{Вт}$.

Теплопроводность утеплителя λ является справочной, в зависимости. Температуру теплоносителя t_T принимают как среднюю в течение года, а наружного воздуха t_o как среднегодовую. Если изолируемый трубопровод проходит в помещении, то температура внешней среды задается техническим заданием на проектирование, а при его отсутствии принимается равной $+20 \text{ } ^{\circ}\text{C}$. Показатель сопротивления теплообмену на поверхности теплоизоляционной конструкции R_n для условий прокладки по улице можно брать из Таблицы 1.

$R_n, (\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}) / \text{Вт}$	DN32	DN40	DN50	DN100	DN125	DN150	DN200	DN250	DN300	DN350	DN400	DN500	DN600	DN700
$t_r = 100 \text{ } ^{\circ}\text{C}$	0.12	0.10	0.09	0.07	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.017	0.015
$t_r = 300 \text{ } ^{\circ}\text{C}$	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.015	0.013
$t_r = 500 \text{ } ^{\circ}\text{C}$	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.016	0.014	0.012

Примечание: величину R_n при промежуточных значениях температуры теплоносителя вычисляют методом интерполяции. Если же показатель температуры ниже $100 \text{ } ^{\circ}\text{C}$, величину R_n принимают как для $100 \text{ } ^{\circ}\text{C}$.

Показатель B следует рассчитывать отдельно:

$$B = (d_{uz} + 2\delta) / d_{mp}, \quad (2)$$

где d_{uz} – наружный диаметр теплоизоляционной конструкции, м;

d_{mp} – наружный диаметр защищаемой трубы, м;

δ – толщина теплоизоляционной конструкции, м.

Расчет изоляции для труб большего диаметра:

$$\delta = (K(t_m - t_o) / q_F - R_n), \quad (3)$$

где δ – толщина теплоизоляционной конструкции, м;

q_F – величина нормируемого теплового потока, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Для однослойной теплоизоляционной конструкции

Некоторые теплоносители имеют достаточно высокую температуру, которая передается наружной поверхности металлической трубы практически неизменной. При выборе материала для тепловой изоляции такого объекта не каждый материал способен выдержать высокую температуру, например, 500-600⁰С. Изделия, способные контактировать с такой горячей поверхностью, в свою очередь, не обладают достаточно высокими теплоизоляционными свойствами, и толщина конструкции получится неприемлемо большой. Для этого применяют два слоя различных материалов: первый слой ограждает горячую поверхность от второго, а тот защищает трубопровод от воздействия низкой температуры окружающей среды. При этом температура на границе слоев должна быть приемлемой для наружного материала. Первого слоя используется формула (3). Второй слой рассчитывается тоже по формуле (3) подставляя вместо значения t_o температуру на границе двух теплоизоляционных слоев $t_{1,2}$. Для цилиндрических труб диаметром менее 2 м применяется формула (1).

Задание на практическую и самостоятельную работу

Составить проект системы теплоснабжения помещения 100 м² по заданию преподавателя:

1. Составить черновик планировки помещения.
2. На планировке обозначить элементы теплоснабжения в соответствии с [13-15].
3. Посчитать теплоизоляцию, подготовить чистовой вариант проекта системы теплоснабжения помещения со спецификацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Шестое издание и седьмое издание (утв. Главтехуправлением, Госэнергонадзором Минэнерго СССР 05.10.1979) (ред. от 20.06.2003) // СПС КонсультантПлюс
2. ГОСТ 21.614-88 «Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах» – 1988. – 31 С.
3. Теоретические основы электротехники. Часть 1 установившиеся режимы в линейных электрических цепях: Учебное пособие / Шандарова Е. Б., Шутенков А. В., Дмитриев В. М., Хатников В. И., Ганджа Т. В. — 2015. 187 с.
4. Шилькрот Е.О., Губернский Ю. Д. Сколько воздуха нужно человеку для комфорта? Электронный ресурс:
https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3996
5. А. Н. Селиверстов. Вентиляция фабрично-заводских помещений. Т.1. НКТП СССР. ОНТИ. – М, Госстройиздат, 1934.
6. СНиП 2.09.04-87 «Административные и бытовые здания» // СПС КонсультантПлюс
7. ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» // СПС КонсультантПлюс
8. МГСН 4.10-97 «Здания банковских учреждений» // СПС КонсультантПлюс
9. СНиП 31-05-2003 «Общественные здания административного назначения» // СПС КонсультантПлюс
10. Стандарт АВОК-1-2004 «Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена» // СПС КонсультантПлюс
11. СТО НП "АВОК" 1.05-2006 Условные графические обозначения в проектах отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и теплоснабжения // СПС КонсультантПлюс
12. Официальный сайт «О стройматериалах» портал о стройматериалах.

Электронный ресурс: <http://ostroymaterialah.ru/izolyaciya/raschet-tolshhiny-izolyacii-truboprovodov.html#oglavlenie5>

13. ГОСТ 21.204-93 Система проектной документации для строительства. Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта // СПС КонсультантПлюс

14. ГОСТ 21.206-93 Система проектной документации для строительства. Условные обозначения трубопроводов // СПС КонсультантПлюс

15. ГОСТ 21.403-80 Система проектной документации для строительства. Обозначения условные графические в схемах. Оборудование энергетическое // СПС КонсультантПлюс