МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГЛАВНИИПРОЕКТ

ВСЕСОЮЗНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ "ТЕПЛОЭЛЕКТРОПРОЕКТ"

РУКОВОДЯЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

П Р А В И Л А

проектирования вентиляции кабельных тоннелей РТМ34-254-75

gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДАЮ:

НАЧАЛЬНИК ГЛАВНИИПРОЕКТА

_____ А.А.ТРОИЦКИЙ

"12" мая 1975 г.

Группа . . . . .

РУКОВОДЯЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Правила проектирования вентиляции кабельных тоннелей

РТМ34-254-75.

Решением Главниипроекта Минэнерго СССР от 13 мая 1975 г. № 90. срок введения установлен с 15 мая 1975 г.

Правила проектирования вентиляции распространяются на кабельные тоннели тепловых и атомных электростанций.

С выходом настоящих "Правил" аннулируется справочник проектировщика электростанций. - "Вентиляция кабельных тоннелей," СПЭ 187-08

Правила проектирования выполнены с учетом требований государственной системы стандартизации ГОСТ 1.0-68 ÷ ГОСТ 1.5-68, Норм технологического проектирования тепловых электростанций и тепловых сетей изд.1973 г.

I. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

I.I. Основными вредностями в кабельных тоннелях являются тепловыделения от кабелей. В случае пожара - вредностями являются продукты горения и распыляемые пожаротушащие вещества.

I.2. Кабельные тоннели по условиям пожаробезопасности секционируются на отсеки при помощи перегородок с расстоянием между ними в пределах до I50 м.

I.3. Во всех приточных и вытяжных камерах должны устанавливаться противопожарные клапаны, снабженные конечными выключателями, предназначенными для аварийного их закрывания в случае возникновения пожара.

Извещатели пожара, устанавливаемые в проходных и полупроходных кабельных тоннелях, должны давать импульс на включение электромагнитов противопожарных клапанов и на выключатели вентиляторов.

После погашения пожара в кабельном тоннеле, вручную включается вентилятор и открываются противопожарные клапаны в приточной и вытяжной камерах.

I.4. Максимальная температура воздуха в кабельных тоннелях не должна превышать $40^{o}C$. Минимальная температура, а также относительная влажность воздуха в тоннелях не регламентируются.

I.5. В кабельных подземных тоннелях, прокладываемых вне главного здания, поглощение теплоизбытков и обеспечение максимально допустимой температуры воздуха в тоннеле (не выше 40°С) следует осуществлять за счет потерь тепла ограждающими конструкциями в грунт, а также за счет приточно-вытяжной системы вентиляции с естественным или механическим побуждением. При условии, когда тепловыделения кабелей полностью компенсируются теплопотерями ограждений в грунт, вентиляцию тоннелей предусматривать не следует.

Необходимость устройства вентиляции с механическим побуждением устанавливается теплотехническим и аэродинамическим расчетом.

I.6. Теплопотери ограждениями в грунт тоннелей, прокладываемых в помещении главного корпуса в тепловом балансе тоннеля учитывать не следует.

I.7. При вентиляции с механическим побуждением вентиляторный агрегат можно размещать как в приточной, так и в вытяжной камере. Но в целях экономии электроэнергии, а также для создания более благоприятного теплового режима работы электродвигателя (при размещении вентагрегата в приточной камере электродвигатель омывается воздухом с более низкой температурой), вентиляторный агрегат, при прочих равных условиях, предпочтительнее располагать в приточной камере.

I.8. В целях обеспечения возможности работы вентиляционной системы с механическим побуждением в режиме естественного побуждения, разность между высотой вытяжной и приточной решетками должна быть не менее 8 м.

Высота от поверхности земли до низа приточной решетки должны быть не менее I м.

I.9. Осевые вентиляторы механической системы вентиляции должны быть сблокированы с датчиками температуры, устанавливаемыми в отсеке (вблизи вытяжной камеры). Вентилятор автоматически отключается при понижении температуры воздуха в тоннеле ниже минимальной, установленной для данного климатического района.

Эта температура для каждого климатического района приводится в табл. 3 (графа 5).

При повышении температуры воздуха в тоннеле на 5°С выше минимальной, вентилятор автоматически вновь включается в работу. При отключении вентагрегата вентиляция тоннель должна осуществляться естественным путем.

2. РАСЧЕТ ВЕНТИЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ТОННЕЛЕЙ

2.I. В целях уменьшения мощности вентиляторного агрегата и улучшения температурного режима в подземных кабельных тоннелях, тепловой баланс кабельного тоннеля следует выполнять с учетом круглогодичной работы вентиляции.

2.2. Количество тепловой энергии, выделяемой кабелями в тоннеле, следует определять по формуле:

$$Q_{тв} = 860\,N \text{ , ккал/ч на I м трассы} \qquad (I)$$

2.3. Теплопотери ограждениями тоннеля в грунт на I м трассы тоннеля определяются по формуле:

$$Q_{огр} = \mathcal{F}\frac{t_в - t_{гр}}{R} = \mathcal{F}\frac{40 - t_{гр}}{R}, \quad \frac{ккал}{ч} \qquad (2)$$

2.4. Теплоизбытки в тоннеле определяются по формуле:

$$Q_{изб} = Q_{тв} - Q_{огр} \text{ ; ккал/ч на I м} \qquad (3)$$

2.5. Количество приточного воздуха, необходимое для поглощения теплоизбытков в тоннеле следует определять по формуле:

а) без учета круглогодичной работы вентиляции на I м трассы тоннеля:

$$\mathcal{G} = \frac{Q_{изб}}{0{,}24\,\{t_в - t_{пз}\}} = \frac{Q_{изб}}{0{,}24\,(40 - t_{пз})}, \text{кг/ч} \qquad (4)$$

б) С учетом круглогодичной работы вентиляции на I м трассы тоннеля:

$$\mathcal{G} = \frac{Q_{тв}}{0{,}24\,(t_в^{ср} - t_н^{ср})}, \quad \text{кг/ч} \qquad (5)$$

Методика расчета теплопотерь ограждениями тоннеля в грунт приведена в приложении I.

Методика расчета потребного количества приточного воздуха с учетом круглогодичной работы вентиляции тоннеля приведена в приложении 2.

2.6. Для облегчения расчетов при проектировании вентиляции кабельных подземных тоннелей конкретных объектов, в табл.I приведены усредненные показатели теплопотерь ограждениями тоннеля сечением I,8 x 2,I ($\frac{}{}$) м, а также показатели по воздухообмену для различных климатических районов.

Таблица I

Теплопотери ограждениями тоннеля в грунт и расчетное количество вентиляционного воздуха для поглощения теплоизбытков

Среднегодовая температура наружного воздуха района строительства, град.	Средняя температура наружного воздуха в I3часов самого жаркого месяца, град.	Теплопотери ограждениями в грунт без учета работы вентиляции на I м трассы тоннеля				Расчетное количество вентиляционного воздуха при потере мощности кабелями I квт на I м трассы тоннеля, кг/ч	
		В теплый период года		В холодный период года		При круглогодичн. работе вентиляции, кг/ч на I м трассы	Без учета работы круглогодичной вентиляции кг/ч на Iм трассы
		Ккал/ч	Вт	Ккал/ч	Вт		
I	2	3	4	5	6	7	
-I5	I9,2	I65	I92	208	242	II5	I39
-I0	20,7	I48	I72	I90	220	I30	I54
- 5	23,3	I30	I5I	I72	200	I40	I82
- 0	26	II2	I3I	I55	I80	I70	223
+ 5	28	9I	I0S	I37	I60	I90	266
+I0	28,6	77	89	I20	I40	200	287
+I5	34,5	59	68	I02	I20	255	607

ПРИМЕЧАНИЯ: I. В конкретных проектах при подсчете количество приточного воздуха, необходимого для поглощения теплоизбытков в тоннеле, показатели графы 6 табл.I следует умножать на мощность (выраженную в квт), теряемую кабелями.

2. Показатели, приведенные в табл.I подсчитаны для климатических районов, приведенных в табл.2.

Расчетные усредненные параметры наружного воздуха различных климатических районов

Условная привязка к географическому пункту	Средне годовая температура, град. наружного воздуха	Средняя температура наиболее жаркого месяца, град.	Средняя температура наиболее холодного месяца, град.	Амплитуда изменения температуры воздуха в течение	Средняя температура воздуха в 13 час. самого жаркого м-ца град.
Верхоянск	-15	15,2	-48,6	31,9	19,2
Сангар Якутской АССР	-10	17,9	-39,7	28,8	20,7
Дамбуки Амурской обл.	- 5	17,9	-31,1	24,5	23,3
Благовещенск Амурской обл.	0	21,4	-24,3	22,8	26
Джамбити Уральской обл.	5	23,7	-13,9	18,8	28
Ейск Краснодарского края	10	23,4	- 2,9	14,1	28,6
Регар Таджикской ССР	15	27,5	2,5	12,5	34,5

Таблица 3

Расчетные усредненные параметры воздуха в кабельном тоннеле, подсчитанные для различных климатических районов

Условная привязка к географическому пункту	Среднегодовая температура наружного воздуха, град.	Среднегодовая температура воздуха в тоннеле, град.	Амплитуда колебания температуры воздуха в тоннеле, град.	Минимальная температура воздуха в тоннеле, град.	Продолжительность стояния температуры наружного воздуха выше минимальной температуры воздуха в тоннеле, часов в год
I	2	3	4	5	6
Верхоянск	- I5	I6	24	-8	4800
Сангар	- I0	I7,6	23	-6	5000
Дамбуки	- 5	20,6	20	0	4300
Благовещенск	0	2I,I	I9	2	4000
Джамбиты	5	23,8	I6	8	4700
Ейск	I0	27,9	I2	I6	3600
Регар	I5	29	II	I7	3900

ПРИМЕЧАНИЯ: I. Максимальная температура воздуха в тоннеле принята = 40°С

2. Продолжительность периода с температурой наружного воздуха, превышающей минимальную температуру воздуха в тоннеле соответствует суммарной продолжительности работы вентиляционной системы с механическим побуждением.

ОБОЗНАЧЕНИЯ

$Q_{тв}$	ккал/ч.м.	Количество тепловой энергии, выделяемой кабелями в тоннеле на I м трассы
$Q_{огр}$	ккал/ч.м.	Теплопотери ограждениями тоннеля в грунт на I м трассы тоннеля
$Q_{изб}$	ккал/ч.м.	Теплоизбытки в тоннеле на I трассы
N	квт/м	Потери энергии в кабелях на I м трассы
F	м2	Внутренняя поверхность ограждения тоннеля на I м трассы тоннеля
$t_в$	град.	Температура воздуха в тоннеле
$t_{гр}$	град.	Температура грунта
t_{I3}	град.	Средняя температура наружного воздуха в I3 часов самого жаркого месяца.
$t_н^{сг}$	град.	Среднегодовая температура наружного воздуха
$t_в^{сг}$	град.	Среднегодовая температура воздуха в тоннеле
$t_{нар}^{мак}$	град.	Среднемесячная температура наружного воздуха самого жаркого месяца.
$t_{нар}^{мин.}$	град.	Среднемесячная температура наружного воздуха самого холодного месяца
$A_{нар}$	град.	Амплитуда изменения температуры наружного воздуха.
$A_В$	град.	Амплитуда изменения температуры воздуха в тоннеле.
R	$\frac{м2.ч.град.}{кал.}$	Сопротивление теплопередаче грунта (прогретого слоя).

q	кг/ч	Количество вентиляционного воздуха, подаваемого в тоннель (на I м трассы).
$\alpha_в$	$\frac{\text{ккал}}{\text{м2.ч.град.}}$	Коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности ограждения тоннеля к воздуху
β	-	Формфактор, учитывающий геометрическую форму поверхности теплообмена, т.е. тоннеля.
Z	час	Продолжительность прогрева грунта, прилегающего к тоннелю.
$e_р$	м	Величина прогрева грунта, прилегающего к тоннелю
λ	$\frac{\text{ккал}}{\text{м.ч.град}}$	Коэффициент теплопроводности грунта, прилегающего к тоннелю
γ	кг/м3	Плотность грунта
c	$\frac{\text{ккал}}{\text{кг.град.}}$	Удельная теплоёмкость грунта
a	м2/ч	Коэффициент температуропроводности грунта
h	-	Относительный коэффициент теплоотдачи
P		Периметр тоннеля
X	м	Глубина от поверхности земли, на которой определяется температура грунта
H	м	Топографическая отметка поверхности земли.

Δt	град	Поправка к температуре, зависящая от толщины и продолжительности стояния снежного покрова. В среднем $\Delta t = 2^{\circ}C$.
y	град.	Величина, характеризующая границы колебания температуры грунта в верхних слоях земной коры от воздействия солнечной радиации.
ζ		Отношение амплитуд изменения температуры воздуха в тоннеле к температуре поверхности ограждений.
$\zeta_{расч}$		Вспомогательная расчетная величина, показывающая степень уменьшения амплитуды колебания температуры поверхности полой выработки относительно амплитуды колебания температуры воздуха.
	E -	Величина отставания колебаний температуры поверхности ограждений от колебаний температуры воздуха.
Б	мм рт.ст.	Расчетное атмосферное давление
Рп	мм рт.ст.	Парциальное давление водяных паров, содержащихся в воздухе
$\gamma_{воз}$	кг/м³	Объёмная масса воздуха.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕПЛОПОТЕРЬ ОГРАЖДЕНИЯМИ КАБЕЛЬНОГО ТОННЕЛЯ В ГРУНТ

Теплопотери ограждениями следует рассчитывать по методике, разработанной Военно-инженерной Академией им.Куйбышева (3). Этот метод учитывает условия нестационарного теплообмена между заглубленными ограждениями тоннеля и грунтом.

Теплопотери заглубленными ограждениями определяются по формуле:

$$Q_{огр.} = F \frac{t_e - t_{гр}}{R}, \text{ ккал/ч} \qquad (7)$$

Величина сопротивления теплопередаче ограждения тоннеля и прилегающего грунта является величиной переменной и изменяется в зависимости от периода прогрева массива.

Сопротивление теплопередаче зависит также от физических параметров массива, а также от геометрической формы поверхности теплообмена (тоннеля) и определяется по формуле

$$R = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{1{,}13}{\beta} \sqrt{\frac{Z}{\lambda \gamma c}}, \quad \frac{\text{м2 ч.град.}}{\text{ккал}} \qquad (8)$$

Формфактор, учитывающий геометрическую форму тоннеля определяется по формуле:

$$\beta = 1 + 0{,}76 \frac{\Pi}{P} \sqrt{\frac{\lambda Z}{\gamma c}} \qquad (9)$$

Температуру грунта на расчетной глубине следует принимать по метеорологическим данным. В приложении 3 приведены данные о средней температуре грунта за август на глубинах 0,8; 1,6; 2,4 и 3,2 м от поверхности земли для ряда населенных пунктов, преимущественно южных районов. Этими данными следует пользоваться при расчете теплопотерь ограждениями.

Для пунктов, не приведенных в приложении 3 и при отсутствии данных о температуре грунта, можно пользоваться формулой:

$$t_{гр} = t_{н}^{ср} + \Delta t + \frac{Х}{30} - \frac{Н}{200} \pm У \text{, град.} \quad (10)$$

Поправку (Δt) к температуре, зависящей от толщины и продолжительности стояния снежного покрова можно принимать по табл.4.

Величину "У", характеризующую границы колебаний температуры грунта в верхних слоях земной коры от воздействия солнечной радиации при определении максимальной температуры грунта следует принимать со знаком плюс, при определении минимальной температуры - со знаком минус.

Для различных климатических районов величину "У" следует определять по табл.5.

Величина поправки к температуре грунта для различных климатических районов, зависящая от толщины и продолжительности стояния снежного покрова

Северная широта град	Величина Δt град	Северная широта град	Величина Δt град
До 45	I	56-60	4
46-50	2	6I-65	5
5I-55	3	Свыше 65	6

ВЕЛИЧИНА "У" ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ГЛУБИН

Глубина от поверхности земли, м	Со знаком плюс		Со знаком минус	
	Северные районы 54-68° СШ	Южные районы -38-53° СШ	Северные районы 54-68° СШ	Южные районы 38-53° СШ
0	II,5	I2	8	I0,5
0,5	I0	II	6,5	8,5
I	8	9	5,5	7
I,5	6,5	6,5	5	6
2	5	5	4,5	5
2,5	4	4	3,5	4
3	3,5	3,5	3,3	3
4	2,5	2,5	2,5	2,5
5	I,8	I,8	2	2
6	I,2	I,2	I,5	I,5
8	0,5	0,5	0,7	0,7
I0	0,2	0,2	0,3	0,3

Приложение 2

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ВОЗДУХООБМЕНА В КАБЕЛЬНЫХ ТОННЕЛЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ТЕПЛОВЫХ ВОЛН (4)

В силу сезонных изменений температуры приточного воздуха наиболее неблагоприятными с точки зрения обеспечения удаления тепла из тоннелей являются летние месяцы с высокой температурой наружного воздуха. В этот период объём вентиляционного воздуха, рассчитанный на удаление тепловыделений, будет наибольшим.

Однако, расход вентиляционного воздуха может быть значительно уменьшен, если правильно учесть способность окружающего грунта аккумулировать тепло.

В летний период, когда температура воздуха в тоннеле выше температуры окружающего грунтового массива, значительная часть тепла, выделяемого в тоннеле, аккумулируется грунтом с повышением его температуры.

В зимнее время, напротив, температура воздуха в тоннеле должна быть ниже температуры грунта. В этом случае происходит отдача тепла в воздух тоннелей от прогретого летом грунта и понижение его температуры.

Через год после начала эксплуатации кабельного тоннеля колебания температуры воздуха в тоннеле и ограждения тоннеля будут происходить около одного и того же среднего значения, т.е. будет иметь место равенство

$$t_в^{ст} \simeq t_{огр}^{ст}$$

Следует отметить, что прогреву в летнее время года и охлаждению в зимнее время подвергается только слой массива некоторой толщины, соприкасающейся с обделкой тоннеля. Величина прогрева грунта зависит от физических параметров грунта и продолжительности прогрева и определяется по уравнению

$$e_p = 1{,}18 \sqrt{\frac{2\lambda}{\gamma c}} \text{ м}, \qquad (11)$$

При усредненных физических параметрах грунта и продолжительности прогрева = 950 ÷ 1520 часов в год величина прогрева грунта от кабельного тоннеля составляет около 1,4 м.

При значительной продолжительности прогрева грунта (~~в нашем случае она составляет 4380 часов в год~~) физические параметры материала ограждений тоннеля не оказывают существенного влияния на величину прогрева грунта, поэтому величину прогрева грунта следует определять с учетом физических параметров грунта.

Условием постоянства средней температуры грунта при сезонных изменениях температуры на поверхности ограждений тоннеля является равенство между количеством тепла, аккумулированного массивом в летний период и количеством тепла, возвращенного в воздух тоннеля в зимнее время. Это условие обеспечивается круглогодичной работой вентиляции с более или менее постоянным воздухообменом. В холодный период года этот воздухообмен может осуществляться вентиляцией с естественным побуждением.

Сезонные изменения температуры наружного воздуха с известной точностью могут быть представлены в виде сину-

I	2	3	4	5
Калмыцкая АССР				
Нарын Худак	25,2	22	I8,6	I6,9
Элиста	23	I9,4	I6,3	I4,4
Якшуль	24,7	2I,7	I8,9	-
Краснодарский край				
Краснодар	22,6	I9,7	I6,8	I4,6
Майкоп	2I,2	I9,I	-	I5,8
Новороссийск	23,2	2I,4	-	-
Отрадная	I9,2	I6,3	-	I3
Сочи	23,6	20,8	I8.7	I7
Тихорецк	2I,3	I7,9	I5,2	I3,3
Оренбургская область				
Адамовка	I9	I6,I	I3,2	I0
Богуруслан	I5,5	I2,2	9,5	8
Бузулук	I7,7	I8,7	II,3	9,5
Оренбург	I5,6	I2,4	-	8,6
О р с к	I9,8	-	-	II
Приморский край				
Уссурийск	I6,8	I2,6	9,5	7.3
Ростовская область				
Гигант	20,6	I7.3	I4,8	I3,2
Матвеев Курган	20,I	I6,7	-	I2,4
Миллерово	I8,9	I5,6	-	II,2
Морозовск	2I,2	I7,4	I4,6	I2,3
Ростов на Дону	20,8	I7	I4,8	I2,8
Цимлянск	22,9	I9,7	-	I4,8
Чертково	20,5	I5,5	-	I2,4

I	2	3	4	5
Саратовская область				
Ершов	I7,9	I8,8	II,I	9
Октябрьский городок	I8,I	I5,I	I2,4	I0,4
Ростоши	I6	I8,7	II,6	I0,2
Черкасское	I5,9	I2,9	I0,5	8,8
Ставропольский край				
Золотушка	I9,6	I6,4	I3,9	I2
Ольгино	24,3	20,5	-	I5,I
Петровское	23	20	I7,5	I5,4
Прикумск	23,9	20,5	-	I5,5
Пятигорск	I8,5	I5,9	-	II,9
Чечено-Ингушская АССР				
Грозный	22,5	I9,3	I6,9	I4,8
Украинская ССР				
Днепропетровск	2I	I8,I	-	I3,6
Комиссаровка	I9,2	I6,5	-	II,8
Синельниково	I9,6	I6,I	I3,5	II,6
Донецкая область				
Артемовск	20	I6,9	-	II,9
Иванов	I9	I5,9	-	II,5
Запорожская обл.				
Мелитополь	23,4	20,9	-	I6,6
Кировоградская область				
Кировоград	I8,4	I5,9	-	II,8
Крымская область				
Голубинка	22,2	I9,5	-	I5,5

I	2	3	4	5
Кировский зерносовхоз	23,4	20,2	I7	I5,I
Кучук-Тота-йской	2I,2	I8,2	-	I4,5
Магарач	26,4	23,5	-	I8,4
Симферополь	20,I	I7,3	I4,5	
Феодосия	2I,9	I8,6	-	I4,5
Хлопковое	2I,2	I7,8	-	I3,5
Николаевская область				
Баштанка	I9,3	I6,3	I4,3	I2,5
Николаев	23,3	2I	I8,9	I7
Очаков	23	20,I	-	I5,I
Первомайск	I8,7	I5	I2,9	-
Одесская область				
Одесса, агрометеостанция	I9,5	-	I5,I	I3,2
Раздельная	I6,5	I4,4	-	II,8
Сарата	I7,7	I5,8	I8,7	I3
Херсонская область				
Аскания-Нова	20,7	I7,3	I4,6	-
Бариславь	22,I	I9,I	I6,9	I4,2
Геническ	2I,7	I8,4	-	I3,8
Херсон, агрометеостанция	22,5	I9,9	I7,8	I5,5
Узбекская ССР				
Андиханская обл. Андижан	26,6	23	-	-
Байтон	28,I	24,3	20,7	I8,9
Бухарская обл. Бузаубай	29,4	26,6	24,2	2I,6

I	2	3	4	5
Каракалпакская АССР				
Тахиаташ	26,8	22,6	I9,6	I7,2
Чибанказган	24,5	2I	I8,I	I5,8
Кашкадарьинская область				
Гузар	28,7	25,6	-	I9,9
Китаб	27,7	23,3	-	I8,2
Самаркандская область				
Самарканд	26,2	22,6	I9,6	I7,6
Сурхандарьинская обл.				
Байсун П	23,4	20,I	I7,6	I6,2
Термез	28,9	25,9	23,4	2I,6
Сырдарьинская область				
Джизак	28,5	24,I	2I,4	I9,5
Фарин	28,8	25,8	23,5	2I,4
Ташкентская область				
Бавсу	25,3	22	I9,3	I7,5
Ташкент	29,7	25,7	2I,9	I9,I
Янгиюль	26,9	23,6	20,7	I8,2
Ферганская область				
П а л	30,2	27,I	-	22,2
Фергана	27,2	23,8	20,5	I8,9
Хорезмская обл.Ургенч	24,8	20,3	-	I5,6
Казахская ССР				
Актюбинская область				
Актюбинск	20,I	I7,I	I4,8	I2,2

1	2	3	4	5
Алма-Атинская область				
Алма-Ата	20,5	I7,4	I4,8	I8,2
Алма-Атинская селекстоковая станция	I3,3	II,6	I0,2	9,I
Баканас	2I,7	I8,9	I4,9	I2,5
Панфилов (Джарнент)	24,I	20,9	-	I5
Восточно-Казахстанская область				
Усть-Каменогорск (Прапорщиково)	I6,5	I3,2	I0,7	9
Джамбульская область				
Мерке	23,7	20,4	I6,8	I4,8
Карагандинская область				
Бет- Пак-Дала	23,4	I8,8	I5,3	I3,4
Караганда	I7,7	I4,4	II,2	9,3
Кзыл-Ординская область				
Аральское море	23,7	20,6	-	I6,I
Барса-Кельмес	25	2I,7	-	I6,I
Саксаульская	24,2	-	I7,5	I5,I
Кустанайская область				
Тугай	2I,6	I8	-	I2,2
Семипалатинская область				
Аягуз	I8,I	I4,2	II,8	9,6
Семиярка	I6,9	I3,I	-	7.6
Урджат	I8,9	I5,9	-	II,4

I	2	3	4	5
Уральская область				
Джаныбек	20,8	I7,3	-	I2,I
Калмыково	22,8	I8,5	-	I2,7
Уральск	I9,2	I4,9	-	9,9
Фурманово	20,4	I6,8	-	II,4
Чапаево	20,3	I6,2	-	I0,8
Чингирлау	20	I7	I4,5	I2,7
Целиноградская область				
Атбасар	I5,6	I2	-	7,3
Целиноград	I6,2	I3	I0,5	8,5
Чимкентская область				
Чимкент	25,3	2I	I7,9	I5,8
Грузинская ССР				
Ахасеули	2I,3	I8,I	-	I4,2
Гардабани	25,9	2I,6	-	I7,I
Гори	22,9	I9,3	-	I4,4
Кутаиси	23,9	I9,8	-	-
Мухрани	2I,3	I8,I	-	I4,7
Тбилиси	23,5	I9,7	I6,7	I5
Телави	22,7	20	I8,2	I6,8
Сухуми	22,4	I9,8	-	I6,3
Чаква	2I,7	I7,9	-	I4,2

I	2	3	4	5
Азербайджанская ССР				
Баку	27,3	23,2	-	I9,2
Джафархан	26,I	2I,8	I9	I7,2
Кировабад	26,I	22,6	-	I8.7
Мантаги	25,7	22,2	I9,6	I7,4
Нуха	24,2	2I,4	I8,8	I6,9
Степанакерт	22,6	I9	-	I4,9
Кировакан	I9,I	I4,8	I2,8	I0,9
Ленинакан	I9	I4,3	II,4	I0,2
Нахичевань	26,2	2I,3	I8.7	I7,3
Молдавская ССР				
Дубоссары	22,3	I9,4	-	I4,9
Кагул	22,I	I9,I	I6.8	I4,9
Кишинев	22,5	I9,6	I7	I5
Комрат	20,6	I7,8	I5,2	I3,4
Тирасполь	2I,3	I8	I5,7	I3,9
Киргизская ССР				
Талос	20,2	I7,3	-	-
Фрунзе	25,7	2I,3	I8.7	I6.7
Чон-Арык	20	I6,7	I4,3	I2,7
Омская область				
Чульга	I9,8	I6.8	I4,4	I3,I
Дараут-Курган	I9,I	I6	I2,7	I0,I
Иосфана	2I,I	I8,3	I6,6	I4,8
Ом	26,8	22,6	-	I8,I

I	2	3	4	5
Токтогул	27,6	24	-	I9,8
Уэгеи	24,4	2I	-	I5,6
Таджикская ССР				
Водохранилище Фархад ГЭС	27,2	23,6	20,2	I7,6
Дангара	27	23,2	20,9	I9,2
Джили Ў Куль	3I,2	29,2	-	24
Душанбе	26,2	22,8	20	I7,9
Искандер-Куль	I8,4	I5,I	-	-
Исфара	26,4	22,3	-	I6,7
Калининский (ВАХШ)	29,7	26,0	24,4	22
Комсомолобад	24,4	20,2	-	I5,8
Куляб	27,8	24,4	2I,8	20,6
Курган-Тюбе	26,9	23,5	20,8	I8,8
Ленинабад	28,4	25,4	-	20,7
Пенджикант (Дуплли)	25,7	22,4	-	I8.I
Танги-Ворух	2I,6	I9,3	I7,5	-
Ура-Тюбе	27,I	23,5	-	I7,3
Файзабад	24,2	20,6	-	I5,9
Хованинi, левый берег	2I,7	I8,5	-	-
Шаартуз	33,I	29,7	-	24,1
Шахринау	27,4	24	-	I8,8
Армянская ССР				
Дебетамен (Ламбалу)	25	I9,6	I6,6	I4,9
Ереван	25,7	20	I7,5	I6
Лечинакан	I9	I4,3	II,4	I0,2
Октемберян	29,5	23,4	I9,6	I7,5
Сиф ман	I9,I	I5	I3,I	II,5

I	2	3	4	5
Туркменская ССР				
Ашхабад, город	30,3	26,6	-	22,4
Ашхабад, Кени	29,4	25,9	23,6	21,7
Байрам-Али	28,9	25,3	23,1	21,2
Безмейн	28,1	25,5	-	21,8
Иолотань	25,1	21,9	19,8	18,3
Керки	28,3	24,3	21,7	19,9
Кара-Кала	29,6	26,7	24,3	21,9
Кизыл-Арват	31	27,1	24	21,5
Кизыл-Атрек	30,7	27,3	-	22,8
Репетек	30,9	28.1	-	22,9
Тахта-Базар	-	27,9	25,3	23,2
Ташауз	24,9	21,4	19	17
Теджен	29,5	25,8	23,3	21,6
Хейрабат	19,6	16,8	-	12,5
Чагыл	30	"	24,4	21,9
Чарджоу	26,6	23,5	20,7	18.9

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ГРУНТА НА ГЛУБИНЕ 1,5 м ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ + 5°С

Классификация грунта	Вид грунта	Массовая плотность кг/м³	Влажность	Коэффициент теплопроводности ккал/м2 ч град.
Маловлажный	Глинистые и суглинки	1600	5	0,75
		2000	5	1,5
	Пески и песчаные	1600	5	0,95
		2000	5	1,5
	Щебенистый и гравийный	2000	5	1,75
	Скальные	2400	1	2
Влажный	Глинистые и суглинки	1600	20	1,5
		2000	10	2,2
	Пески и песчаные	1600	15	1,55
		2000	5	1,75
	Крупноблочные (щебенистые и гравийные)	2000	8	2,35
	Скальные	2400	3	3
Водонасыщенный	Глинистые и суглинки	1600	23,9	1,5
		2000	11,5	2,3
	Пески и песчаные	1600	23,8	2,1
		2000	11,5	2,9
	Крупноблочные (щебенист.гравийные)	2000	11,5	2,9
	Скальные	2400	3,3	4

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

П Р И М Е Р № I

Расчет вентиляции с механическим побуждением кабельного тоннеля

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Схема трассировки кабельных тоннелей на промплощадке ТЭС представлена на рис.I. Сечение тоннеля = I,8х2,I м (см.рис.2). Глубина заложения тоннеля = 2,6 м.

Климатическая характеристика района строительства.

Атмосферное давление Б = 700 мм рт.ст.

Среднегодовая температура наружного воздуха =I0^{0}C

Средняя температура наружного воздуха в I3 часов самого жаркого месяца = 29oC.

Средняя относительная влажность наружного воздуха в I3 часов самого жаркого месяца = 40%.

Среднее парциальное давление водяных паров, содержащихся в воздухе в I3 часов самого жаркого месяца Рп=I2 мм рт.ст.

Потеря мощности в отсеках

Отсек I - 900 вт на I м трассы

Отсек 2 - 800 вт на I м трассы

Отсек 3 - 600 вт на I м трассы

Отсек 4 - 450 вт на I м трассы.

Р А С Ч Е Т

Определяем массовую плотность наружного воздуха при вышеприведенных его параметрах [5]:

$$\gamma = 1{,}293 \frac{273}{T}\left[\frac{Б}{760} - 0{,}378\frac{Рп}{760}\right] =$$

$$1{,}293 \frac{273}{273+29}\left[\frac{700}{760} - 0{,}378\frac{12}{760}\right] = 1{,}07 кг/м^3$$

Определяем количество приточного воздуха, необходимого для ассимиляции тепловыделений в тоннеле с учетом потери мощности в отсеках и их протяженности. Принимаем, что вентиляция будет действовать круглогодично: в теплый период года с механическим побуждением, в холодный период – с естественным побуждением.

Расчет ведем с использованием таблицы I, согласно которой при принятых климатических условиях и при потере мощности в I квт на I м трассы количество вентиляционного воздуха составляет 200 кг/ч на I м трассы тоннеля.

С учетом потери мощности количество вентиляционного воздуха в отсеках составит:

Отсек I 0,900 x 200 = 180 кг/ч на 1 м трассы
" 2 0,800 x 200 = 160 кг/ч " - " -
" 3 0,600 x 200 = 120 кг/ч " - " -
" 4 0,45 x 200 = 90 кг/ч " - " -

Расчетные данные сводим в табл.II.

Аэродинамическое сопротивление тракта тоннелей при потери мощности в пределах I квт на I м трассы, как показывают расчеты, не превышает 0,I кгс/м2 на I м трассы тоннеля. Эту ориентировочную величину и принимаем в расчет.

Характеристика вентиляторов в каталоге дается для стандартных параметров воздуха, т.е. при атмосферном давлении = 760 мм рт.ст., при температуре = 20°С и относительной влажности = 50%.

Таблица 8

Необходимое количество воздуха для ассимиляции тепловыделений в тоннеле

Участок	Исходные данные: Протяженность отсеков, м	Потеря мощности кабелями, на 1м трассы, вт/м	Расчетные данные: Необходимое количество воздуха для ассимиляции теплоизбытков: На 1м трассы согласно табл. 1., кг/ч.м	На весь отсек: Кг/ч	На весь отсек: м³/ч при стандартных параметрах	Потеря напора (трение+местные сопротивления) на весь отсек, кгс/м²	Требуемая производительность вентилятора, м³/ч	Требуемый напор вентилятора при нестандартных параметрах, кгс/м²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	120	900	180	21600	18000	12	20100	13,5
2	140	800	160	22400	18700	14	21000	15,7
3	75	600	120	9000	7500	8	8400	9
4	105	450	90	9450	7900	10	8900	11,2

В нашем примере воздух имеет нестандартные параметры, следовательно, каталожная характеристика вентилятора должна быть пересчитана:

а) Производительность вентилятора

$$L_{кат.} = L_{ст} \frac{273 + t}{293} \cdot \frac{760}{Б} = \frac{273+29}{293} \cdot \frac{760}{700} L_{ст} =$$

$$= 1{,}12\ L_{ст}\ м^3/ч.$$

Таблица 9

Характеристика вентоборудования

№ приточных камер (отсеков) по рис. I	Требуемая производительность вентилятора, м³/ч	Требуемый напор вентилятора, кгс/м2	Каталожная характеристика принятых по каталогу вентилятора и электродвигателя
П-I	20100	I3,5	Осевой вентилятор марки 06-300 № I0 производительн. 2I000 м³/ч с напором = 20 кгс/м2. Электродвигатель мощн. = 2,8 квт, 950 об/мин.
П-2	2I000	I5,7	
П-3	8400	9	Осевой вентилятор 06-300 № 7, производит. =9000м³/ч с напором =II кгс/м2
П-4	8900	II,2	Электродвигатель мощн.Iквт 970 об/мин.

Производительность вентилятора приточной камеры П-I должна быть:

$L_{кат.} = 1{,}12 \cdot I8000 = 20I00\ м^3/ч$

Камеры П-2 $L_{кат.} = 1{,}12 \cdot I8700 = 2I000\ м^3/ч$

Камеры П-3 $L_{кат.} = 1{,}12 \cdot 7500 = 8400\ м^3/ч$

Камеры П-4 $L_{кат.} = 1{,}12 \cdot 7900 = 8900\ м^3/ч.$

Расчетные величины производительности вписываем в графу 8 табл.8.

б) Требуемый напор вентилятора:

$$H_{тр} = H_{ст} \frac{T.760 \cdot \rho_e}{293.Б \cdot \rho_г} = H_{ст} \frac{(273+29).760.1,293}{293.700.1,293} =$$

$$= 1,12\ H_{ст}$$

Для П-1 $H_{тр}$ = 1,12.12 = 13,5 кгс/м2

Для П-2 $H_{тр}$ = 1,12.14 = 15,7 кгс/м2

Для П-3 $H_{тр}$ = 1,12.8 = 9 кгс/ м2

Для П-4 $H_{тр}$ = 1,12.10 = 11,2 кгс/м2

Величину напора вписываем в графу 9 табл.8.

Здесь: $L_{кат}$ каталожная производительность вентилятора, м3/ч;

L_{em} - требу-емое количество воздуха при стандартных параметрах воздуха, м3/ч;

$H_{тр}$- требуемый напор вентилятора по каталогу, кгс/м2;

$H_{ст}$- потери напора в тракте тоннеля при стандартных параметрах воздуха, кгс/м2.

В нашем примере установка вентиляционного агрегата предусмотрена в приточной камере. В принципе установка вентилятора допустима и в вытяжной камере, но в этом случае вентилятор будет всасывать более подогретый воздух, следовательно, при установке вентилятора в вытяжной камере несколько возрастет потребляемая мощность вентилятором, а также ухудшится тепловой режим работы электродвигателя. Сделаем соответствующий подсчет.

Увеличение потребляемой мощности вентилятором при всасывании воздуха с более высокой температурой выражается уравнением (6):

$$\frac{N_{t_2}}{N_{t_1}} = \frac{(1 + 0.00012\, t_2)\ (273 + t_2)^2}{(1+0.00012\, t_1)\ (273 + t_1)^2}$$

$$= \frac{(1+0,00012 \cdot 40)\ (273+40)2}{(1+0.00012 \cdot 29)\ (273+29)2} = 1,075,$$ т.е. при

всасывании вентилятором воздуха с температурой = 40°С при расположении его в вытяжной камере, потребляемая мощность электродвигателем увеличивается на 7,5% по сравнению с вариантом расположения вентилятора в приточной камере, когда температура всасываемого воздуха не превышает 29°С.

При повышении температуры окружающего воздуха коэффициент полезного действия электродвигателя несколько снижается, таким образом, увеличение потребляемой мощности электродвигателем при расположении его в вытяжной камере, будет более 7,5%.

Минимальная температура воздуха в тоннеле согласно табл.3 для приведенного в примере климатического района равна 16°С. Продолжительность периода с температурой наружного воздуха, превышающей 16°С, согласно той же таблице, составляет 3600 часов. Следовательно, согласно вводной части, суммарная продолжительность работы вентиляционной системы с механическим побуждением составит примерно 3600 часов в год.

5160 часов в год вентиляция должна осуществляться с

естественным побуждением. На эту температуру и должна быть настроена автоматика приточного вентиляционного агрегата, который должен быть сблокирован с датчиком температуры, установленным в обслуживаемом отсеке кабельного тоннеля.

Схема трассировки кабельных тоннелей

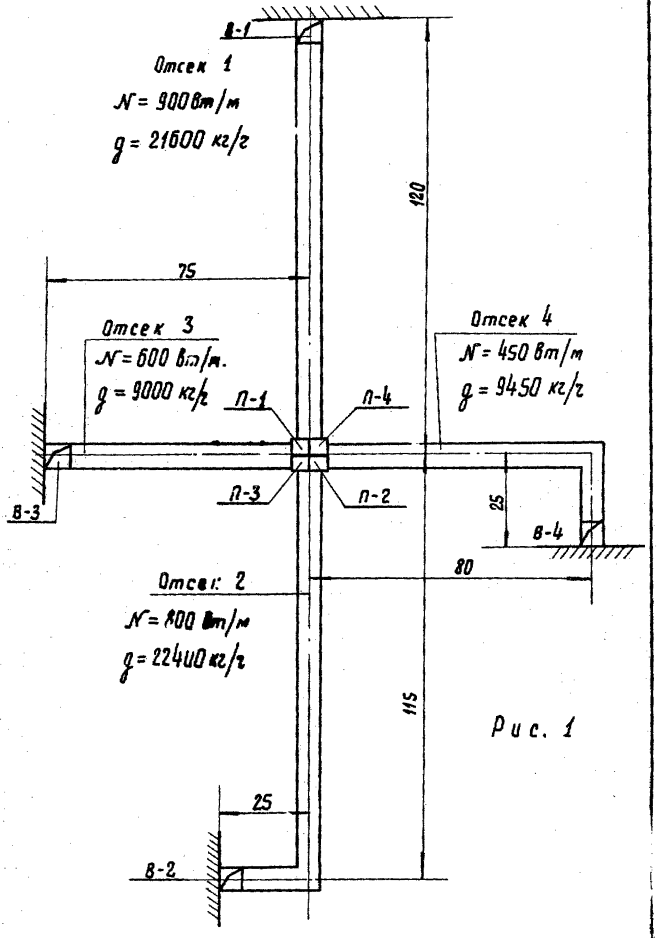
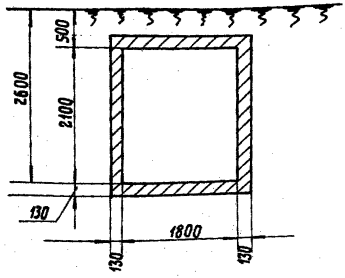


Рис. 1

Поперечный разрез кабельного тоннеля



Усредненные физические параметры

Грунта	
Массовая плотность	$\gamma = 2000$ кг/м³
Теплопроводность	$\lambda = 1$ ккал/м.ч.град
Удельная теплоемкость	$C = 0.3$ ккал/кг.град
Температуропроводность	$a = \frac{\lambda}{\gamma c} = 0.00167$

Периметр тоннеля $P = 7{,}8$ м.

Рис. 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ПРИМЕР № 2

Расчет теплового баланса кабельного тоннеля с использованием табличных данных

Исходные данные

Кабельный тоннель сечением I800x2I00 мм проходит на промплощадке ТЭЦ Карагандинского металлургического завода. Глубина заложения тоннеля равна 2,6 м.

Потеря мощности кабелями составляет 90 вт на I м трассы тоннеля.

Среднегодовая температура наружного воздуха = 2,3°С.

Р а с ч е т

Согласно табл.I теплопотери в грунт ограждениями тоннеля при среднегодовой температуре наружного воздуха в 2,3°С составят (по интерполяции):

$$Q_{гр} = I3I - \frac{I3I-I09}{5-0} 2{,}3 = I2I \text{ вт на I м},$$

т.е. теплопотери ограждениями в грунт с избытком компенсируют тепловыделения в тоннеле, следовательно, вентиляцию в тоннеле предусматривать не следует.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 7

ПРИМЕР № 3

Расчет теплового баланса кабельного тоннеля, проложенного в районе г.Целинограда с использованием расчетных формул

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Сечение тоннеля = 1,8 x 2.1 (h), м (см.рис.1).

Тоннель заглублен на 2,6 м

Периметр тоннеля P = 7,8 м

Площадь охлаждающей поверхности на 1 м трассы тоннеля = 7,8 м2

Потеря энергии кабелями = 40 вт на 1 м трассы

Физические параметры грунта:

Объёмная масса = 2000 кг/м³

Теплопроводность = 1 ккал/м.ч. град;

Удельная теплоёмкость C = 0,3 ккал/кг.град.

Максимально допустимая температура воздуха в тоннеле = 40°C.

Р А С Ч Е Т

Температуру грунта на соответствующих глубинах определяем по приложению 3, где для района Целинограда приводятся следующие величины:

глубина, м	0,8	1,6	2,4	3,2
температура, град	16,2	13	10,5	8,5

По этому приложению определяем температуру грунта на глубинах, соответствующих каждому типу ограждающей конструкции:

а) Покрытие 16,2°С

б) Стены (по интерполяции)

для средней глубины = 1,3 м

$$13 + \frac{16,2 - 13}{1,6-0,8} (1,6-1,3) = 14,2^{\circ}C$$

в) Днище $10,5 - \frac{10,5-8,5}{3,2-2,4} (2,6-2,4) = 10^{\circ}C$

глубина = 2,6 м.

Продолжительность периода прогрева грунта принимаем = 1 год = 8760 часов.

Площадь поверхности ограждения:

а) покрытия = 1,8 м2

б) стен = 2,1 х 2 = 4,2 м2

в) днища = 1,8 м2

Формфактор, учитывающий геометрическую форму тоннеля по формуле (9)

$$\mathcal{B} = 1 + 0,76 \frac{\Pi}{P} \sqrt{\frac{\lambda Z}{\gamma c}} = 1+0.76 \frac{\Pi}{7,8} \sqrt{\frac{1,8760}{2000.0,3}} = 2,06$$

Сопротивление теплопередаче массива по формуле (8)

$$R = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{1,13}{\mathcal{B}} \sqrt{\frac{Z}{\lambda \gamma c}} =$$

$$= \frac{1}{5} + \frac{1,13}{2,06} \sqrt{\frac{8760}{1.2000.0,3}} = 2,29 \text{ м}^2 \text{ ч.град./ккал.}$$

Коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности тоннеля к воздуху для невентилируемого тоннеля принимается = 5 ккал/м2 ч.град.

Теплопотери ограждениями на I м трассы по формуле (I):

покрытие $\frac{F}{R}(t_в - t_{гр}) = \frac{I,8}{2,29}(40-I6,2) = I9$ ккал/ч

Стены - $\frac{4,2}{2,29}$ (40 - I4,2) = 47 ккал/ч

Днище - $\frac{I,8}{2,29}$ (40 - I0) = 24 ккал/ч.

Итого теплопотери = 90 ккал/ч на I м трассы тоннеля

Поскольку теплопоступления в тоннели составляют 40 вт/м ч 35 ккал/ч.м, т.е. менее 90 ккал/ч, вентиляцию в тоннеле можно не предусматривать.

Формула (IO) дает крайние пределы температуры грунта, - максимальную и минимальную. Запаздывание фаз температурных колебаний грунта по глубине эта формула не учитывает. В действительности максимальная температура наружного воздуха наблюдается примерно в середине июля. Максимальная температура грунта на определенной глубине наступает позже, а именно: на глубине I,6 м (средняя глубина тоннеля) примерно в средине августа, на глубине 2,6 м (основание тоннеля) в начале сентября. Температура грунта в средине июля соответственно на I,5 и 2°С ниже максимальной температуры. Эту поправку рекомендуется вносить в формулу (IO) согласно табл.6.

Таблица 6

Величина запаздывания температурных фаз по глубине

Глубина от поверхности, м	Дата наступления минимальной температуры грунта	Дата наступления максимальной температуры грунта	Разность между максимальной температурой грунта и температурой грунта, соответствующей средине июля, град.
0,8	I5,II	I.VII	0,5
I,6	I.III	I5.VII	I,5
2,5	I5.III	I.IX	2
3,2	I5.IV	I.X	2,2
4	I.V	I5.X	2,5

Для облегчения расчетов по составлению теплового баланса в кабельных тоннелях, расположенных в различных климатических районах, в табл.7 приведены усредненные величины температуры грунта, соприкасающегося с различными конструкциями тоннеля сечением I,8 х 2,I (h), м заглубленного на 2,6м

Таблица 7

Температура грунта на различных глубинах

Средние годовая температура наружного воздуха град.	Температура грунта, соприкасающегося								Среднегодовая температура грунта (ограждения) в целом для тоннеля, град.
	С покрытием		Со стенами		С днищем		Усредненная по тоннелю в целом		
	Максимальная	Минимальная	максимальная	Минимальная	Максимальная	Минимальная	Максимальная	минимальная	
-I5	-3	-22	-7	-I8	-9	-I7	-6,5	-I8,6	-I2,5
-I0	2	-I7	-2	-I3	-4	-I2	-I,5	-I3,6	- 7,5
- 5	7	-I2	3	- 8	I	-7	3,5	- 8,6	- 2,5
0	I2	- 7	8	- 3	6	-2	8,5	- 3,5	2,5
5	I7	- 2	I3	2	II	3	I3,4	I,3	7,3
I0	22	3	I8	7	I6	8	I8,4	6,3	I2,3
I5	27	3	23	I2	2I	I3	23,4	II,3	I7,3

соиды с годовым периодом. Температура воздуха в тоннеле и температура ограждения тоннеля также изменяются синусоидально и с тем же периодом.

При изменении температуры воздуха около поверхности полупространства по синусоиде температура этой поверхности также изменяется по синусоиде, причем амплитуда этих колебаний в η раз меньше амплитуды колебаний температуры воздуха, а сами колебания отстают по фазе от колебаний температуры воздуха на величину Е.

Значения величин η и Е определяются из выражений:

$$\eta = \sqrt{\frac{1}{1+2\sqrt{\frac{\Pi}{h^2 a z}}+2\frac{\Pi}{h^2 a z}}} \qquad (12)$$

$$\varepsilon = 0{,}5 \arcsin(1-\eta^2_{расч}) \qquad (13)$$

(13а)

Расчетное значение коэффициента, показывающего степень уменьшения амплитуды колебаний температуры поверхности полой выработки относительно амплитуды колебания температуры воздуха

$$\eta_{расч} = \frac{1}{1+\beta\left(\frac{1}{\eta}-1\right)} \qquad (14а)$$

Коэффициент температуропроводности грунта

$$a = \frac{\lambda}{\gamma c}, \ м^2 \qquad (14)$$

Относительный коэффициент теплоотдачи

$$h = \frac{\alpha_в}{\lambda} \qquad (15)$$

Амплитуда изменения температуры наружного воздуха:

$$A_{нар} = \frac{t^{мак}_{нар} - t^{мин}_{нар}}{2}, \text{ град} \qquad (16)$$

Амплитуда изменения температуры воздуха в тоннеле:

$$A_в = \frac{A_{нар}}{\sqrt{1+2\frac{\alpha_в F}{g \cdot c}\sin\varepsilon(\cos\varepsilon+\sin\varepsilon)+2\left(\frac{\alpha_в \cdot F}{gc}\right)^2\sin^2\varepsilon}} \qquad (17)$$

Наконец, необходимое количество приточного воздуха определяется по уже приведенной ранее формуле:

$$g = \frac{Q_{тв}}{0{,}24\left(t_в^{ср} - t_н^{ср}\right)}, \text{ кг/ч на 1 м трассы тоннеля} \qquad (18)$$

На основании формул (11 ÷ 18) составлены таблицы 1 и 2, в которых приведены основные параметры воздуха и ограждений тоннеля, а также количество вентиляционного воздуха,- необходимого для поглощения теплоизытков в тоннеле. Климатические условия районов строительства приведены в табл.2.

В качество исходных данных приняты:

Массовая плотность грунта γ = 2000 кг/м³;

Теплопроводность грунта λ = 1ккал/м.ч.град;

Удельная теплоёмкость грунта C = 0,3 ккал/кг.град

Период прогрева грунта τ = 4380 часов в год.

Обеспечение кабельного тоннеля круглогодичной вентиляцией имеет большое экономическое значение, ибо при работе вентиляции только в теплый период происходит перегрев грунта, снижение теплопоглощающей способности грунта, что влечет за собой увеличение производительности вентиляционной системы.

В табл.I приводятся сравнительные показатели о теплопоглощающей способности грунта и о расходе вентиляционного воздуха как при круглогодичной работе вентиляции, так и при работе вентиляции только в летний период.

Следует также иметь ввиду, что в табл.I теплопоглощающая способность ограждений (грунта) в варианте без обеспечения круглогодичной вентиляции подсчитана при продолжительности эксплуатации тоннеля в течение I года. В последующие годы эксплуатации тоннеля часовая теплоотдача ограждениями в грунт будет уменьшаться примерно на 6% в год.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

СРЕДНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ГРУНТА В ЮЖНЫХ РАЙОНАХ СССР ЗА АВГУСТ (7)

Наименование пункта	Температура грунта на глубине, м			
	0,8	1,6	2,4	3,2
I	2	3	4	5
РСФСР				
Амурская область				
Белогорск	15,4	11,7	-	6,8
Благовещенск	16,5	12,3	-	6,2
Астраханская обл.				
Астрахань	22,7	19,1	-	-
Волгоградская область				
Волгоград	24,1	20	-	14,9
Камышин	19,4	17	-	13,5
Серафимович	19,1	15,7	-	11,6
Урюпинск	17,4	14,4	12,4	10,7
Ворошиловградская обл.				
Ворошиловград	21,2	17,6	-	12,7
Старобельск	20,4	18	16,2	14,7
Дагестанская АССР				
Буйнакск	20,7	18	16	14,6
Дербент	26	22,7	-	17,7
Махачкала	25,6	21,8	-	-
Хасавьюрт	23	20,3	17,8	16,1
Нальчик Кабардино-Балкарской АССР	21,2	18,4	-	14,3

ЛИТЕРАТУРА

1. Строительные нормы и правила. СНиП П-А.6-72- строительная климатология и геофизика.
2. Строительные нормы и правила. СНиП П-А.7-71- строительная теплотехника. Нормы проектирования
3. П.Н.Смухнин - Курс отопления и вентиляции
   Ю.И.Кулжинский - Изд.Военно-инженерной академии им.Куйбышева, 1961.
   С.И.Пейсахович
4. А.Х.Поляков - Проектирование вентиляции тоннелей, М-1971
5. Б.Н.Сребницкий - Примеры расчета систем кондиционирования воздуха. Киев, 1970.
6. Б.Н.Лобаев - Расчет воздухопроводов вентиляционных, компрессорных и пневмотранспортных установок
   Киев-1959.
7. Руководство по проектированию инженерно-технического оборудования убежищ гражданской обороны. Москва-Стройиздат, 1974.
8. Нормы технологического проектирования тепловых электрических станций и тепловых сетей. "Энергия", 1973.

Директор института И.А.Алексеев

Главный инженер института В.Н.Охотин

Начальник технического отдела Ф.В.Скалкин

Главный специалист по стандартизации А.Х.Левкопуло

Главный специалист по отоплению и вентиляции Ф.Я.Проскуровский

Главный специалист по отоплению и вентиляции В.Г.Яровой

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

I. Общие указания..... 2
2. Расчет вентиляции кабельных тоннелей..... 4
3. Обозначения..... 10
4. Приложение № 1..... 13
5. Приложение 2 - Методика расчета воздухообмена в кабельных тоннелях..... 19
6. Приложение 3 - Средние температуры грунта в южных районах..... 24
7. Приложение 4 - Коэффициенты теплопроводности грунта..... 34
8. Приложение 5 - Пример № I - расчет вентиляции с механическим побуждением кабельного тоннеля.... 35
9. Приложение 6 - Пример № 2 - расчет теплового баланса кабельного тоннеля с использованием табличных данных..... 44
I0. Приложение 7 - Расчет теплового баланса кабельного тоннеля, проложенного в районе г. Целиноградa с использованием расчетных формул..... 45
II. Литература..... 48

gost.e-ecolog.ru