

Строительные конструкции, здания и сооружения

Научная статья

УДК 697.934

<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2022-1/65-72>

П.С. Почекунин

ПОЧЕКУНИН ПЕТР СЕРГЕЕВИЧ – старший преподаватель, pochekunin.ps@dvfu.ru

Дальневосточный федеральный университет

Владивосток, Россия

Особенности создания параметров микроклимата во влажных помещениях с пониженной температурой

Аннотация: Статья посвящена вопросу организации микроклимата в помещениях заглубленных сооружений с высокой влажностью и пониженной температурой внутреннего воздуха. В настоящее время вопрос организации микроклимата в таких помещениях недостаточно раскрыт в нормативно-технических документах. Освещен процесс формирования тепло-влажностного режима в помещениях, даны рекомендации по организации и проектированию систем отопления и вентиляции влажных помещений с пониженной температурой внутреннего воздуха.

Ключевые слова: фильтровальные залы, водозаборные сооружения, влажные помещения, параметры воздуха

Для цитирования: Почекунин П.С. Особенности создания параметров микроклимата во влажных помещениях с пониженной температурой // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2022. № 1(50). С. 65–72. <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2022-1/65-72>

Введение

В настоящее время, несмотря на широкое распространение объектов, в составе которых имеются влажные помещения с пониженной температурой, например подземные сооружения объектов гражданской обороны, фильтровальные залы водозаборных сооружений с открытой поверхностью воды, подземные сооружения фильтровальных залов с магистральными водоводами и т.п., вопросы организации требуемых параметров воздушного режима в них практически не изучены. Неудовлетворительное состояние тепловлажностного режима, отсутствие рекомендаций по проектированию систем отопления и вентиляции влажных помещений с пониженной температурой внутреннего воздуха требуют проведения исследований в области создания необходимого микроклимата в данных помещениях.

Заглубленные и подземные сооружения, сооружение или часть сооружения, расположенные ниже уровня поверхности земли (планировки), широко используются в целом по стране, в том числе и на территории Приморского края. При этом наибольшее распространение получили подземные сооружения мелкого заложения, сооружаемые открытым способом¹, и заглубленные отдельные помещения наземных сооружений.

Как правило, в соответствии с планировочной схемой существующие и проектируемые объекты представляют собой компактные сооружения (локальные отдельно стоящие объекты и их комплексы). К таким сооружениям относятся объекты коммунально-бытового (подземные гаражи и склады, хранилища продовольственных и промышленных товаров) и промышленно-технологического назначения (помещения насосных, фильтровальных залов, камер ультрафиолетового обеззараживания водозаборных сооружений).

© Почекунин П.С., 2022

Статья: поступила: 28.01.2022; рецензия: 02.03.2022; финансирование: Дальневосточный федеральный университет.

¹ СП 120.13330.2012 Метрополитены. Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003 (с Изменениями N 1–4)

Состояние и исследование вопроса

Были проведены исследования параметров микроклимата в следующих типах зданий промышленно-технологического назначения на территории Приморского края: 1) наземные помещения фильтровальных залов, а именно камеры ультрафиолетового обеззараживания водозаборных сооружений, представляющих собой заглубленные и надземные помещения, объединенные единым технологическим пространством; 2) подземные помещения фильтровальных станций с расположенными в них трубопроводами-водоводами большого диаметра. Результаты исследований свидетельствуют о крайне неудовлетворительном состоянии тепло-влажностного режима во всех этих помещениях. Объясняется это тем, что реализуемые ранее и предлагаемые проектные решения принимались и принимаются согласно действующим нормативным документам². Это является широко принятым подходом к обеспечению допустимых внутренних параметров воздуха в производственных помещениях с полным автоматизированным технологическим оборудованием, функционирующим без постоянного присутствия людей. Относительная влажность и подвижность воздуха в таких помещениях при отсутствии специальных требований не нормируются, что соответствует п. 5.5³ СП 60.13330.2020. Однако такие подходы к решению задачи обеспечения допустимых внутренних параметров воздуха применимы в производственных помещениях с сухим и нормальным влажностным режимом эксплуатации в сухой или нормальной зонах влажности.

Основные помещения указанных выше сооружений промышленно-производственного назначения относятся к помещениям с пониженной внутренней температурой и повышенной влажностью. Это является причиной конденсации влаги из внутреннего воздуха не только на внутренних поверхностях ограждающих конструкций, но и в их толще, а также на наружной поверхности трубопроводов-водоводов, эксплуатируемых в режиме практически постоянного транспортирования воды с температурой ниже температуры воздуха в помещении. При высокой относительной влажности внутреннего воздуха (более 75%) и повышенной влажности внутренней поверхности ограждающих конструкций диффузия водяного пара заметна даже при малых значениях парциального давления воздуха. Наиболее интенсивный процесс конденсации типичен для тёплого периода года, для которого характерно наиболее неблагоприятное сочетание температуры и относительной влажности воздуха.

На юге Приморского края в тёплый период года (с июля по август) значения относительной влажности нередко достигают 100% при следующих расчётных параметрах для проектирования систем вентиляции (г. Владивосток):

- относительная влажность наружного воздуха – $\varphi^n = 80\%$;
- теплосодержание наружного воздуха – $I_{\text{тп}}^n = 56,7$ кДж/кг;
- температура наружного воздуха – $t_{\text{тп}}^n = 22$ °С;
- влагосодержание наружного воздуха – $d_{\text{тп}}^n = 14,4$ г/кг.

При организации прямоточной приточно-вытяжной вентиляции (чаще применяемые проектные решения), предусматривающей подачу в помещение в тёплый период года необработанного наружного воздуха с вышеуказанными параметрами, наблюдается интенсивное выпадение конденсата на внутренней поверхности ограждающих конструкций и наружной поверхности трубопроводов-водоводов даже при интенсивном воздухообмене.

Например, при таких расчётных параметрах для проектирования систем вентиляции, как температура $t_{\text{ext}}^{\text{тп}} = 22$ °С и влажность $\varphi_{\text{ext}} = 80\%$, температура точки росы равна $t_p = 18,4$ °С; а при $t_{\text{ext}}^{\text{тп}} = 22$ °С и $\varphi_{\text{ext}} = 84\%$ точка росы равна $t_p = 19,0$ °С; при $t_{\text{ext}}^{\text{тп}} = 22$ °С и $\varphi_{\text{ext}} = 95\%$ точка росы равна $t_p = 21,6$ °С.

² СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84* (с Изменениями N 1-5)

³ СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 (с Поправкой)

Температура на внутренней поверхности ограждений и на наружной поверхности технологического оборудования заглубленных (с подземной и надземной частями) сооружений в период с июля по август зачастую ниже указанных значений предельных температур «точки росы». Следовательно, даже интенсивная приточно-вытяжная вентиляция в помещениях, эксплуатируемых во влажной климатической зоне⁴, не устраняет явление конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций и наружной поверхности водоводов [1, 3].

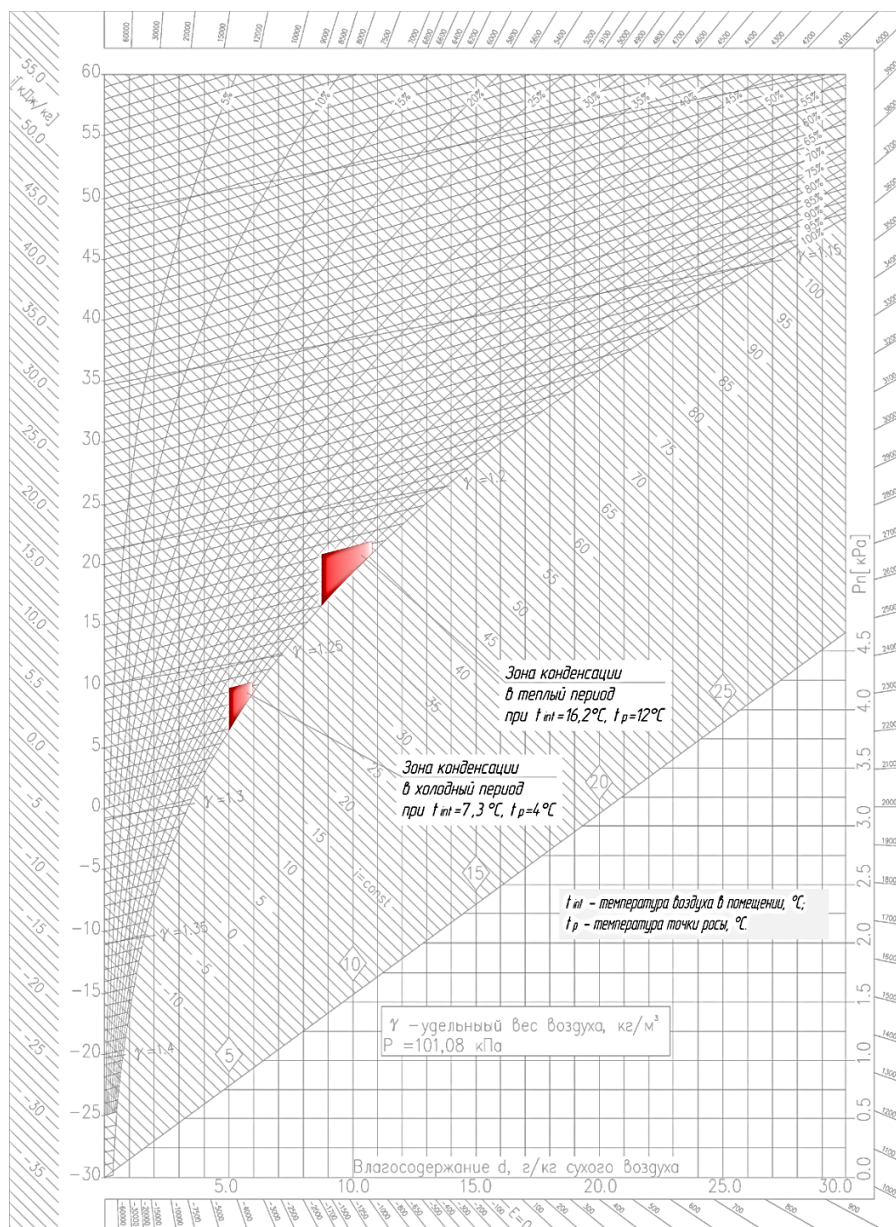


Рис. 1. Зоны конденсации влаги из воздуха на поверхности трубопроводов в холодный и теплый периоды года

Ввиду отсутствия рекомендаций по организации необходимых параметров микроклимата во влажных помещениях с пониженной температурой и на основании результатов натурных исследований, в целом подтвердивших теоретическое обоснование условий формирования температурно-влажностного режима в них [3], предложено несколько принципиальных решений, которые уже приняты к реализации в различных проблемных помещениях водозаборных сооружений гидроузлов КГУП «Приморский водоканал».

⁴ СП 131.13330.2020 Строительная климатология СНиП 23-01-99*

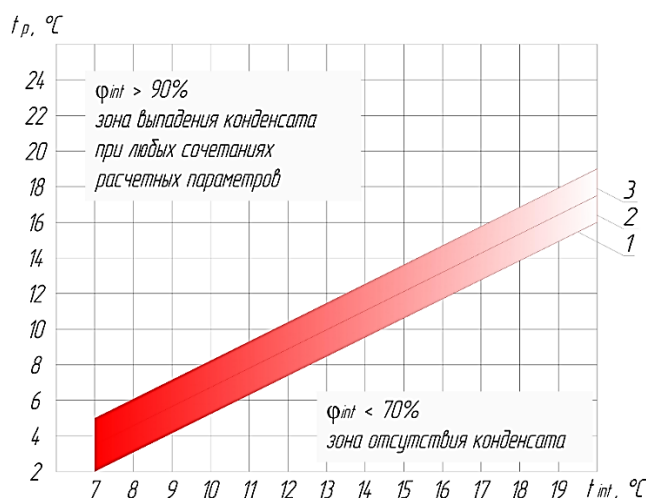


Рис. 2. Температуры точки росы t_p , °C при различных сочетаниях температур воздуха в помещении t_{int} , °C и относительной влажности ϕ_{int} , %. Функция $t_p = f(t_{int}, \phi_{int})$. 1, 2, 3 – линии конденсации при относительной влажности соответственно 70%, 80, 90%

Необходимые санитарно-гигиенические условия в помещениях обеспечивают:
принудительная приточно-вытяжная общеобменная вентиляция с подогревом воздуха в холодный и осушкой воздуха в теплый период;

принудительная приточно-вытяжная общеобменная вентиляция с организацией воздухообмена по зимнему периоду и осушителями-доводчиками в летний период;

неорганизованная приточная и организованная вытяжная вентиляция с рециркуляционными осушителями воздуха (обеспечиваются только параметры микроклимата, необходимые для технологии производства работ).

Исходя из условий эксплуатации рассмотренных сооружений без постоянного присутствия людей (кроме дежурного персонала, находящегося в специальных помещениях и выходящих в производственное помещение периодически для осмотра и наладки оборудования не более 2 часов непрерывно) и результатов технико-экономического обоснования широко принято решение, предусматривающее использование неорганизованной приточной и организованной вытяжной вентиляции с рециркуляционными осушителями воздуха и обеспечивающее технологические параметры микроклимата.

Из многочисленных факторов, важных при рассмотрении климатических воздействий на формирование температурно-влажностного режима в помещениях заглубленных сооружений с надземной и подземной частями и объединенных общим технологическим пространством, выделяют внешние воздействия через наружные ограждающие конструкции.

Несмотря на то, что параметры наружного воздуха относятся к неуправляемым переменным, использование методов расчета, базирующихся на нормативных значениях параметров наружного воздуха, позволяет с достаточной точностью оценить их влияние на внутренние условия микроклимата в помещениях вышеперечисленных заглубленных сооружений [3, 4, 7, 10].

Оценка влияния температуры грунта на микроклимат заглубленных помещений

Строительство подземных, без надземной части, сооружений различного назначения активно развивается в последние годы. В связи со специфическими условиями их эксплуатации возникла необходимость разработки адекватных и достоверных расчетных методов и моделей, отражающих фактические условия работы подземного сооружения, более точных расчетов температурно-влажностного режима в целях создания требуемых условий для функционирования технологического оборудования.

Результаты исследований процессов теплообмена протяженных подземных сооружений (коммуникационных коллекторов, тоннелей, горных линейных выработок) с грунтами, в том числе и вечномерзлыми, и их влияния на температурный режим помещений приведены в работах [5, 6, 8, 9].

Температурно-влажностный режим подземных, без надземной части, сооружений ограниченной длины вследствие их многообразия недостаточно изучен как по технологически-производственному назначению, так и по конструктивно-планировочным решениям. В нормативных документах и на основании проведенных исследований отмечается, что у подземных сооружений теплообмен с окружающей средой менее интенсивный по сравнению с заглубленными сооружениями (с подземными и надземными помещениями) из-за низкой теплопроводности окружающего грунта. Установлено, что при поддержании в помещении температуры воздуха, отличающейся от естественной температуры грунта, вокруг подземного сооружения устанавливается зона его температурного влияния⁵. При этом крайне недостаточном количестве корректных данных по значениям температур грунтов на различной глубине в зависимости от их видов и влажности в течение года, с учетом региональных и территориальных особенностей, достоверность расчетов теплового режима не может быть признана удовлетворительной для создания требуемых условий функционирования технологического оборудования.

Здесь представлена методика предварительной оценки влияния температуры грунта, контактирующего с наружной поверхностью ограждений подземного сооружения. Принято условие, что в помещении отсутствует поступление влаги от технологических процессов. Значение температуры внутреннего воздуха в сооружении насосной станции, представляющем собой подземное помещение (камеру), при расчетных параметрах наружного воздуха в теплый период года устанавливается из уравнения теплового баланса:

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{пот}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – поступление теплоты в помещение насосной (избыточная теплота от принудительной приточно-вытяжной вентиляции, от технологических процессов, поступление теплоты через покрытие), Вт;

$Q_{\text{пот}}$ – потери теплоты из помещения насосной (потери теплоты помещением в окружающий массив грунта), Вт.

Составим уравнение теплового баланса для заглубленного сооружения:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{гр}}}{R_{\text{вн}} + R_{\text{с}} + R_{\text{гр}}} \cdot L_{\text{пр}}, \quad (2)$$

где Q_1 – теплопоступления в сооружение с приточным воздухом при работе общеобменной вентиляции, Вт, см. (3);

Q_2 – теплопоступления от технологических процессов и оборудования (принимается по паспортам на оборудование и коэффициенту спроса), Вт;

Q_3 – теплопоступления через покрытие заглубленного сооружения, граничащего с наружным воздухом, Вт, см. (4);

t_{int} – температура внутреннего воздуха, °C;

$t_{\text{гр}}$ – средняя за год температура грунта на средней глубине заложения сооружения, °C (температуры грунта, контактирующего с наружной поверхностью ограждений подземного сооружения);

$R_{\text{вн}}$ – сопротивление теплоотдаче внутренней поверхности ограждений, приведенное к 1 м длины помещения, (м · °C)/Вт, см. (5);

$R_{\text{с}}$ – термическое сопротивление ограждающих конструкций помещения, (м · °C)/Вт, см. (7);

⁵ СП 248.1325800.2016 Сооружения подземные. Правила проектирования

$R_{гр}$ – термическое сопротивление грунта, $(м \cdot ^\circ C)/Вт$, см. (9);

$L_{пр}$ – приведенная длина замкнутого контура подземного помещения (камеры),

$L_{пр} = L + 2 \cdot H$, где L – наибольший размер (длина) помещения, H – высота помещения.

$$Q_1 = 0,28 \cdot \rho \cdot V \cdot n \cdot (t_{пр} - t_{int}), \quad (3)$$

где ρ – плотность воздуха, $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$;

V – объем помещения, м^3 ;

n – расчетная (нормативная) кратность воздухообмена;

$t_{пр}$ и t_{int} – соответственно температура приточного воздуха и внутреннего воздуха в летний период, $^\circ C$.

$$Q_3 = \frac{1}{R_{пк}} \cdot A \cdot (t_{ext}^{тп} - t_{int}), \quad (4)$$

где $R_{пк}$ – сопротивление теплопередачи покрытия, $(м \cdot ^\circ C)/Вт$;

A – площадь покрытия заглубленного сооружения, граничащего с наружным воздухом, м^2 ;

$t_{ext}^{тп}$ – температура наружного воздуха в теплый период, $^\circ C$.

$$R_{вп} = \frac{1}{3,14 \cdot \alpha \cdot D_b}, \quad (5)$$

где α – коэффициент теплоотдачи от воздуха к стенке помещения, $\alpha = 7,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ C)$;

D_b – эквивалентный внутренний диаметр поперечного сечения помещения, м.

$$D_b = \frac{4 \cdot F_{вн}}{P_{вн}}, \quad (6)$$

где $F_{вн}$ – площадь внутреннего сечения канала, м^2 ;

$P_{вн}$ – периметр внутреннего сечения канала, м.

$$R_c = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{D_n}{D_b}, \quad (7)$$

где D_n – эквивалентный наружный диаметр поперечного сечения помещения, м;

λ – коэффициент теплопроводности материала стенки, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ C)$.

$$D_n = \frac{4 \cdot F_{нар}}{P_{нар}}, \quad (8)$$

где $F_{нар}$ – площадь внутреннего сечения канала, м^2 ;

$P_{нар}$ – периметр внутреннего контура канала, м.

$$R_{гр} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \lambda_{гр}} \cdot \ln \frac{4 \cdot h_{гр}}{D_n}, \quad (9)$$

где $\lambda_{гр}$ – коэффициент теплопроводности грунта, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ C)$;

$h_{гр}$ – величина заглубления помещения, м.

Подставив известные значения в (2), можно найти значение t_b . В теплый период идет процесс конденсации на внутренней поверхности ограждающих конструкций заглубленных помещений, так как температура на внутренней поверхности ограждений всегда ниже температуры внутреннего воздуха. Наиболее низкая температура наблюдается в углах наружных стен, составляющая для подземных сооружений $t_y = t_{int} - (0,5...1,0^\circ C)$ [2].

При незначительных отклонениях параметров наружного воздуха от расчетных (в большую сторону) в помещении возможно выпадение влаги из внутреннего воздуха на всех поверхностях ограждений и неработающего оборудования.

Конденсация влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций приводит к увеличению влажности воздуха. Для поддержания влажности, исключающей процесс конденсации, в подземное сооружение необходимо подавать приточный воздух с незначительной влажностью. Данное условие не может быть выполнено в условиях повышенной влажности наружного воздуха в летний период в прибрежных районах юга Приморского края и подачи его без изменения влажностного состояния в подземные сооружения.

Заключение

Экспериментальные данные подтверждают предположение об определяющем влиянии параметров технологических процессов, температуры массива грунта, контактирующего с ограждениями подземного сооружения, принятых условий воздухообмена и параметров приточного воздуха в летний период на температурно-влажностный режим в помещениях подземного сооружения ограниченной длины [3].

Дальнейшие исследования тепло-влажностного режима в данных подземных сооружениях в целях разработки методик расчетов и проектных решений для создания требуемых условий микроклимата в помещениях производственно-технологического назначения намерено проводить с использованием экспериментальных моделей и натурных испытаний на реально реализуемых объектах с учетом основных требований и положений нормативного документа⁶.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ильин А.А., Кучерявин Г.К., Почекунин П.С. Мероприятия, обеспечивающие необходимые параметры воздуха во влажных помещениях с пониженной температурой. Теплоэнергетика и энергосбережение. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2011. С. 184–188.
2. Ильин А.А., Почекунин П.С. Оценка эффективности изоляции магистральных трубопроводов водоводов для предотвращения конденсации влаги на их поверхности. Теплоэнергетика и энергосбережение. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2011. С. 189–193.
3. Ильин А.А., Почекунин П.С., Кучерявин Г.К. Экспериментальные исследования тепловлажностного режима в фильтровальных залах водозаборных сооружений. Теплоэнергетика и энергосбережение. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2011. С. 176–183.
4. Ильинский В.М. Проектирование ограждающих конструкций зданий (с учетом физико-климатических воздействий). Москва: Стройиздат, 1964. 295 с.
5. Коровкин В.П., Белкина Л.А. Особенности создания микроклимата в подземных сооружениях в условиях вечномерзлых грунтов // Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика (АВОК). 2003. № 8. С. 48–56.
6. Красюк А.М., Лучин И.В., Пьянкова А.Ю. Исследование температурных полей грунтового массива, окружающего станции метрополитена мелкого заложения // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2012. № 3. С. 64–74.
7. Макаревич С.А. Расчет потерь теплоты заглубленных частей зданий // Водоснабжение и санитарная техника. 1992. № 8. С. 22–23.
8. Порхаев Г.В. Тепловое взаимодействие зданий и сооружений с вечномерзлыми грунтами. Москва: Наука, 1970. 208 с.
9. Рымаров А.Г., Титков Д.Г. Особенности расчета теплового режима подземного коммуникационного коллектора // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. 2015. № 4(40). URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&artid=2007> (дата обращения: 23.01.2022).
10. Сотников А.Г. Теплофизический расчет теплотерь подземной части зданий // Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика (АВОК). 2010. № 8. С. 62–69.

⁶ СП 248.1325800.2016 Сооружения подземные. Правила проектирования

Original article

<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2022-1/65-72>

Pochekunin P.

PETR S. POCHEKUNIN, Senior Lecturer, pochekunin.ps@dvfu.ru
Polytechnic Institute
Far Eastern Federal University
Vladivostok, Russia

Features of microclimate parameters' creating in wet rooms with low temperature

Abstract: The article considers the shaping of the microclimate in the rooms of underground structures with high humidity and low temperature of the internal air. Nowadays the issue of microclimate shaping in such rooms is not sufficiently covered in existing technical standards.

The process of the formation of the temperature-humidity regime in the rooms is covered, recommendations on the organization and design of heating and ventilation systems in wet rooms with a low temperature of the internal air are given.

Keywords: filtration rooms, water intake facilities, wet rooms, air parameters

For citation: Pochekunin P. Features of microclimate parameters' creating in wet rooms with low temperature. FEFU: School of Engineering Bulletin. 2022;(50):65-72. (In Russ.). <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2022-1/65-72>

REFERENCES

1. Il'in A.A., Kucheryavin G.K., Pochekunin P.S. Measures to ensure the necessary air parameters in damp rooms with low temperatures. Thermal power engineering and energy saving. Vladivostok, Publishing House of FEFU, 2011. 184-188 p.
2. Il'in A.A., Pochekunin P.S. Evaluation of the effectiveness of insulation of main pipelines – water conduits to prevent moisture condensation on their surface. Thermal power engineering and energy saving. Vladivostok, Publishing House of FEFU, 2011. 189-193p.
3. Il'in A.A., Pochekunin P.S., Kucheryavin G.K. Experimental researches of the heat and moisture regime in the filter rooms of water intake facilities. Thermal power engineering and energy saving. Vladivostok, Publishing House of FEFU, 2011. 176-183 p.
4. Il'inskij V.M. Design of enclosing structures of buildings (taking into account physical and climatic influences). Moscow, Strojizdat, 1964. 295 p.
5. Korovkin V.P., Belkina L.A. Features of creating a microclimate in underground structures in permafrost soils. Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK). 2003;(4):48-56.
6. Krasnyuk A.M., Luchin I.V., P'yankova A.Yu. Temperature fields in surrounding ground of shallow tube stations. Journal of Mining Science. 2012;48(3):465-473.
7. Makarevich S.A. Calculation of heat losses of buried parts of buildings. Water supply and sanitary engineering. 1992;(8):22-23.
8. Porhaev G.V. Thermal interaction of buildings and structures with permafrost soils. Moscow, Nauka, 1970. 208 p.
9. Rymarov A.G., Titkov D.G. Peculiarities of calculation of thermal regime of underground communication commutator. Internet-bulletin VolgGASU. 2015;(40). Article 6.
URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articulo=2007> – 23.03.2022.
10. Sotnikov A.G. Thermophysical calculation of heat losses of the underground part of buildings. Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK). 2010;(8):62-69.