

УДК 727.57:669.86.003.13(001.24)

к.т.н. Николаева Е. К.,
к.т.н. Гречишкина Е. В.

ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИЯ НАРУЖНЫХ СТЕН ЛАБОРАТОРНОГО КОРПУСА ДонГТУ

Рассмотрены варианты решения проблемы существующих нарушений микроклиматических норм. Приведены результаты теоретических исследований, в ходе которых получены фактические значения сопротивления теплопередаче существующей наружной стены и модернизированной наружной стены с утеплителем.

Ключевые слова: микроклимат, тепловой комфорт, утеплитель, теплоизоляция, наружная стена.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. 12 февраля 2018 г. на проходящем в Дубае VI Всемирном правительственном саммите шести стран было объявлено о создании Глобальной коалиции счастья. С этого дня термин «счастье» стал одним из важнейших критериев и целей работы государственных органов разного уровня.

Данное на саммите определение счастья подразумевает, что люди должны жить комфортно и благополучно, пользоваться достижениями технического прогресса и вносить собственный ощутимый вклад в формирование счастливого и благостного будущего всего мира.

Понятие физиологического комфорта с позиций гигиены означает создание наиболее благоприятного микроклимата жизненной среды, обеспечивающего человеку, по словам физиолога И. П. Павлова, «высшее уравновешивание с внешней средой».

Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения. Рабочая зона ограничивается высотой 2,2 м над уровнем пола рабочего места. При этом нормируются температура (°C), относительная влажность (%) и скорость движения воздуха (м/с) [1, 2].

Кроме показателей микроклимата нормы учитывают особенности профессиональной деятельности и характеристики внешней среды:

1) время года: холодный и переходный (+10 °C и ниже), тёплый (+10 °C и выше) периоды;

2) категория работ: лёгкие, средней тяжести и тяжёлые;

3) характеристика помещения по теплоизбыткам: помещения с незначительными избытками явного тепла — 20 ккал/м³·ч и менее и со значительными избытками — более 20 ккал/м³·ч.

Классификация работ по категории тяжести определяется по затрачиваемой работниками энергии и приведена в приложении 1 к СанПиН 2.2.4.3359–16 [1]. Так, работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением, относятся к категории Ia. А работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением — к категории Ib.

Центральной проблемой создания оптимального микроклимата является тепловой режим.

В целях защиты работников от возможного переохлаждения при температуре воздуха в рабочих зонах ниже допустимых величин время пребывания на рабочих местах (непрерывно или суммарно за рабочую смену) должно быть ограничено (табл. 1).

Таблица 1

Время пребывания на рабочих местах при температурах ниже допустимых величин [1]

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч	
	Ia	Iб
6	-	-
7	-	-
8	-	-
9	-	-
10	-	-
11	-	-
12	-	1
13	1	2
14	2	3
15	3	4
16	4	5
17	5	6
18	6	7
19	7	8
20	8	-

Аудитории и кафедры учебных заведений в соответствии с ГОСТ 30494–2011 [2] относятся к помещениям 2-й категории: помещения, в которых люди заняты умственным трудом, учёбой. Оптимальная температура воздуха для них составляет 19–21 °С. Работа сотрудников и студентов в лабораториях связана, как правило, с незначительным физическим напряжением. Следовательно, лаборатории могут быть отнесены по уровню энергозатрат к категории помещений Ia или Ib [1]. В соответствии с СанПиН 2.2.4.3359–16 [1] для помещений этой категории оптимальная температура воздуха составляет 22–24 °С.

Замеры температуры в помещениях лабораторного корпуса ДонГТУ в холодный период показали, что температура воздуха опускается ниже допустимых норм (до 15 °С), что далеко не комфортно и не благополучно. Поэтому, с учётом данных таблицы 1, можно сделать вывод, что в холодный период года необходимо сокращать время рабочего дня сотрудников лабораторного корпуса. Эти меры вызваны

тем фактом, что снижение температуры приводит к ухудшению самочувствия и снижению работоспособности, влияет на качество рабочего процесса и состояние здоровья вследствие усиленного напряжения механизмов терморегуляции [1].

В противном случае необходимо довести параметры микроклимата до нормативных величин при сохранении продолжительности рабочего времени.

Постановка задачи. Бездействие, связанное с несоблюдением санитарных правил, признаётся санитарным правонарушением [1]. Поэтому авторами были поставлены следующие задачи: исследовать причины нарушений показателей микроклимата учебных аудиторий в зимнее время и предложить эффективные меры по их нормализации, что создаст комфортные условия для учебного процесса.

Микроклимат в помещении формируется под влиянием внешнего климата, тепловыделений организма человека, функциональных процессов, а также климатообразующих качеств здания. Архитекторы и строители на сегодняшний день могут повлиять только на четвёртый в этом перечне фактор.

В свою очередь, на климатообразующие качества зданий влияют:

- совокупность планировочных решений;
- теплотехнические свойства ограждающих конструкций;
- инженерное оборудование.

При этом планировочное решение уже существующего здания относится к неизменяемым факторам. Использование дополнительного инженерного оборудования, например масляных обогревателей, для формирования теплового комфорта требует не только единовременных материальных затрат на его приобретение, но и постоянных затрат на оплату электроэнергии [3]. Поэтому наиболее перспективным и экономичным вариантом оптимизации тепловой обстановки аудиторий и лабораторий в зимнее время является улучшение теплотехнических свойств ограждающих конструкций — термомодернизация наружных стен.

Изложение материала и его результаты. Для решения поставленных задач необходимо выполнить расчёты по определению фактического значения сопротивления теплопередаче существующей наружной стены и теоретического значения приведённого сопротивления теплопередаче стен с утеплителем, а также выбрать оптимальный материал для утепления.

Величина требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции определяется в зависимости от градусо-суток отопительного периода (ГСОП) района строительства и назначения здания.

Величина градусо-суток отопительного периода для г. Алчевска составляет:

$$\begin{aligned} \text{ГСОП} &= (t_g - t_{om}) \cdot z_{om} = \\ &= (20 - (-0,8)) \cdot 172 = 3578, \end{aligned}$$

где t_g — расчётная температура внутреннего воздуха здания, °C; t_{om}, z_{om} — средняя температура наружного воздуха (°C) и продолжительность (сут) отопительного периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8 °C.

Тогда требуемое сопротивление теплопередаче наружной стены:

$$\begin{aligned} R_o^{\text{тp}} &= \text{ГСОП} \cdot a + b = \\ &= 3578 \cdot 0,0003 + 1,2 = 2,27 \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}, \end{aligned}$$

где a и b — переводные коэффициенты, для стен общественных зданий соответственно равны 0,0003 и 1,2.

Расчётные теплотехнические показатели строительных материалов конструкции наружных стен лабораторного корпуса ДонГТУ приняты в зависимости от условий эксплуатации по приложению Д [5]:

1) кладка из шлакобетонных камней: толщина слоя 390 мм, объёмный вес не более 2200 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,3–0,5 Вт/(м·°C);

2) штукатурка известково-песчаным раствором: толщина слоя 20 мм, объёмный

вес 1600 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,7 Вт/(м·°C).

Тогда термическое сопротивление конструкции с последовательно расположенными слоями:

$$\begin{aligned} R_k &= \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \\ &= \frac{0,39}{0,4} + \frac{0,02}{0,7} = 1,004 \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}, \end{aligned}$$

где δ_i — толщина слоя, м; λ_i — коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м·°C).

Сопротивление теплопередаче наружной стены R_o с учётом коэффициентов теплоотдачи [6] наружной и внутренней поверхностей составит

$$\begin{aligned} R_o &= \frac{1}{\alpha_g} + R_k + \frac{1}{\alpha_n} = \\ &= \frac{1}{8,7} + 1,004 + \frac{1}{23} = 1,163 \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}, \end{aligned}$$

где α_g — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м·°C); α_n — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающих конструкций для условий холодного периода, Вт/(м·°C).

Конструкция кладки кроме легковесных камней включает горизонтальные и вертикальные швы из цементно-песчаного раствора. Поэтому расчёт приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены выбранной конструкции производится с учётом её теплотехнической неоднородности:

$$R_o^r = R_o \cdot r = 1,16 \cdot 0,95 = 1,1 \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}},$$

где r — коэффициент теплотехнической неоднородности конструкции, для сплошной кладки из полнотелых камней $r=0,95$ [7].

Таким образом, существующее конструктивное решение наружной стены лабораторного корпуса ДонГТУ категорически не удовлетворяет требованиям энергосбережения, поскольку R_o меньше более чем в 2 раза:

$$R_o = 1,1 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} < R_o^{\text{тп}} = 2,27 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Одним из решений этой проблемы является улучшение теплоизоляционных характеристик наружных стен путём устройства непрветриваемого фасада, который включает следующие слои: стена, утеплитель, крепёжный элемент, армирующий слой, грунтующий и выравнивающий штукатурные слои, а затем отделочная известково-цементная штукатурка.

В качестве утеплителя рассмотрены два материала — пенопласт и минеральная вата со следующими теплотехническими показателями:

1) пенопласт: объёмный вес 25 кг/м^3 , коэффициент теплопроводности $0,041 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$;

2) минеральная вата: объёмный вес $30\text{--}40 \text{ кг/м}^3$, коэффициент теплопроводности $0,045 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

Для определения необходимой толщины пенопласта находим термическое сопротивление утеплителя:

$$\begin{aligned} R_{\text{ут}}^{\text{тп}} &= R_o^{\text{тп}} - (R_g + R_n + R_k) = \\ &= 2,27 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,39}{0,4} \right) = \\ &= 1,108 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}, \end{aligned}$$

где $R_g = \frac{1}{\alpha_g}$ — сопротивление теплообмену на внутренней поверхности;

$R_n = \frac{1}{\alpha_n}$ — сопротивление теплообмену на наружной поверхности, α_n принимается по таблице 6 [5] для наружных стен; R_k — сумма термических сопротивлений всех слоёв стены без слоя утеплителя.

Тогда необходимая расчётная толщина пенопласта составит

$$\delta_{\text{ут}}^{\text{тп}} = \lambda_{\text{ут}} \cdot R_{\text{ут}}^{\text{тп}} = 0,041 \cdot 1,108 = 0,045 \text{ м},$$

где $\lambda_{\text{ут}}$ — коэффициент теплопроводности утеплителя (пенопласта), $\text{Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

С учётом промышленных размеров пенопласта принимаем толщину этого утеплителя 50 мм . Тогда сопротивление теплопередаче наружной стены составит

$$\begin{aligned} R_o &= (R_g + R_n + R_k) = \\ &= \left(\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,39}{0,4} + \frac{0,05}{0,041} \right) = \\ &= 2,382 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}; \end{aligned}$$

$$R_o = 2,382 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} > R_o^{\text{тп}} = 2,27 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Таким образом, для утепления пенопластом наружных стен лабораторного корпуса с целью нормализации тепловой обстановки учебного процесса в зимнее время достаточно толщины 50 мм .

Для сопоставительного анализа вариантов утепления толщина минеральной ваты принята 50 мм . Тогда термическое сопротивление теплопередаче с учётом этого утеплителя составит

$$\begin{aligned} R_o &= (R_g + R_n + R_k) = \\ &= \left(\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,39}{0,4} + \frac{0,05}{0,045} \right) = \\ &= 2,273 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}; \end{aligned}$$

$$R_o = 2,273 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \approx R_o^{\text{тп}} = 2,27 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Сопоставление термического сопротивления теплопередаче наружной стены при утеплении пенопластом и минеральной ватой показывает, что применение пенопласта эффективнее на 4% .

Выводы:

1. Увеличение термического сопротивления наружных стен лабораторного корпуса является актуальной задачей повышения энергетической эффективности рассматриваемого здания с целью создания в нём комфортных температурно-влажностных условий для процесса обучения.

2. Проведены расчёты энергетической эффективности применения двух видов теплоизоляционных материалов для утепления фасадов лабораторного корпуса. Получены теоретические данные сопротивления теплопередаче стены с утеплителем из пенопласта и минеральной ваты. Установлено, что при одинаковой толщине сопоставляемых утеплителей пенопласт даёт более высокие показатели термического сопротивления теплопередаче по сравнению с минеральной ватой (на 4 %):

$$R_{o \text{ (пен.)}} = 2,382 \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}},$$

тогда как у минеральной ваты

$$R_{o \text{ (мин.в.)}} = 2,273 \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Библиографический список

1. СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах [Текст]. — Введ. 2017-01-01. — М., 2016. — 72 с.
2. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях [Текст]. — Введ. 2013-01-01. — М.: Стандартинформ, 2013. — 11 с.
3. Глушкина, И. К. Анализ микроклимата помещений. Теплотехнический расчёт стен как гарант обеспечения благоприятного микроклимата [Текст] / И. К. Глушкина, Е. В. Гречишкіна, Е. К. Николаева // Сборник научных работ студентов ДонГТУ. — Алчевск: ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2018. — Вып. 11, ч. I. — С. 344–348.
4. СНиП 23-01–99*. Строительная климатология [Текст]. — Введ. 2000-01-01. — М., 2003. — 58 с.
5. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий [Текст]. — Введ. 2004-06-01. — М., 2004. — 186 с.
6. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 [Текст]. — Введ. 2012-01-01. — М.: Аналитик, 2012. — 96 с.
7. СТО 00044807-001–2006. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий [Текст]. — М., 2006. — 67 с.

© Николаева Е. К.

© Гречишкіна Е. В.

**Рекомендована к печати д.т.н., проф. ПГС и АИ СА и ЖКХ ЛНУ им. В. Даля Дроздом Г. Я.,
и. о. зав. каф. СК, к.т.н., доц. ДонГТУ Псюком В. В.**

Статья поступила в редакцию 05.11.19.

к.т.н. Николаева О. К., к.т.н. Гречишкіна О. В. (ДонГТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ ЗОВНІШНІХ СТІН ЛАБОРАТОРНОГО КОРПУСУ ДонГТУ

Розглянуто варіанти вирішення проблеми існуючих порушень мікрокліматичних норм. Наведено результати теоретичних досліджень, в ході яких отримано фактичні значення опору теплопередачі існуючої зовнішньої стіни і модернізованої зовнішньої стіни з утеплювачем.

Ключові слова: мікроклімат, тепловий комфорт, утеплювач, теплоізоляція, зовнішня стіна.

PhD in Engineering Nikolaieva E. K., PhD in Engineering Grechishkina E. V. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

THERMOMODERNIZATION OF THE OUTER WALLS OF THE LABORATORY BUILDING OF DonSTU

The variants of solving the problem of existing violations of microclimatic norms are considered. The results of theoretical studies are presented, during which the actual values of the heat transfer resistance of the existing outer wall and the improved outer wall with insulation are obtained.

Key words: *microclimate, thermal comfort, insulation, heat insulation, outer wall.*