

Выводы

1. Система напольного отопления не создает требуемых параметров микроклимата в рабочей зоне, так как обогревает малое пространство над поверхностью пола. Поток холодного воздуха поступающий через неплотности оконных проемов, вытесняет нагретый воздух по стенам в верхнюю часть помещения.
2. Воздушное отопление с помощью щелевых решеток не обеспечивает требуемые параметры микроклимата в помещении, так как малая скорость потока нагретого воздуха не позволяет ему достичь нижней части помещения и обеспечить требуемые параметры воздуха.

Литература

1. Строительная климатология : СНБ 2.04.02-2000. – Введ. 07.12.200. – Минск : Минстройархитектуры РБ, 2007. – 37 с.
2. Ливанский, Д. Г. Формирование микроклимата при радиаторном отоплении / Д. Г. Ливанский, Е. В. Голуб // Инновационные технологии в водном, коммунальном хозяйстве и водном транспорте : материалы Международной научно-технической конференции, Минск, 17–18 октября 2024 г. / редкол.: С. В. Харитончик [и др.]. – Минск, 2024. – С. 108–114.
3. Здания жилые и общественные. Параметры микроклиматов в помещениях : ГОСТ 30494 – 2011. – Введ. 01.01.2013. – М. : Стандартиформ, 2013. – 15 с.
4. Ливанский, Д. Г. Температурно-влажностный режим ледовых площадок многофункциональных сооружений : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.03 / Ливанский Дмитрий Геннадьевич ; Белорусский национальный технический университет. – Минск, 2020. – 203 с.

УДК 697.92

Анализ и оптимизация теплоступлений через заполнение световых проемов в помещениях общественных зданий в теплый период года

Борухова Л. В., Канашиц В. В., Дубовский С. Д.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В данной работе рассматриваются основные подходы к расчету тепловых поступлений через остекление световых проемов, обусловленных солнечным излучением, а также проводится сопоставление этих значений с совокупными теплоступлениями в помещения в теплое время года. Проанали-

зированы существующие методики, применяемые в разных странах. Определены направления повышения эффективности светопрозрачных ограждающих конструкций общественных зданий в теплый период.

Оценка тепловых притоков внутрь помещения играет ключевую роль при анализе его энергоэффективности и обеспечении комфортных условий для пребывания людей.

Поступление теплоты через остекленные проемы обусловлено воздействием солнечной радиации и теплопередачей [1], Вт:

$$Q_{\Pi} = Q_{\Pi p} + Q_{\Pi m} = (q_{\Pi p} a_n + q_{\Pi m}) F_{\Pi}, \quad (1)$$

где F_{Π} – площадь световых проемов; $q_{\Pi p}$ и $q_{\Pi m}$ – тепlopоступления за счет солнечной радиации и за счет теплопередачи соответственно через 1 м² вертикального заполнения световых проемов, Вт/м²; a_n – коэффициент, отражающий долю солнечного теплота, участвующей в нагреве воздуха внутри помещения, рассчитываемый исходя из тепловой инерции здания, интенсивности конвективного теплообмена, времени максимального облучения и расчетного часа.

Тепловой приток за счет солнечного света на 1 м² вертикального остекления, Вт/м², определяется следующим образом:

$$q_{\Pi p} = (q_{\Pi}^B K_{\text{инс}} + q_p^B K_{\text{обл}}) K_{\text{отн}} \tau_2, \quad (2)$$

где q_{Π}^B и q_p^B – мощность прямого и рассеянного солнечного излучения, Вт/м², поступающего в помещение в расчетный час через одинарное остекление, зависящие от географического положения и ориентации здания [1], за расчетный принимается час с наибольшим значением солнечного излучения; $K_{\text{отн}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий особенности конкретного типа остекления по сравнению со стандартным; τ_2 – коэффициент, отражающий уровень затенения светового проема; $K_{\text{инс}}$ – инсоляционный коэффициент, характеризующий часть площади остекления, пропускающую прямое излучение; $K_{\text{обл}}$ – коэффициент рассеянного облучения, указывающий на долю остекления, через которую проходит рассеянный свет.

На основании анализа формулы можно выделить ключевые параметры, влияющие на величину тепlopоступлений: площадь остекления, ориентация фасадов, климатическая зона, время суток и года, тип остекления, наличие защитных или затеняющих элементов [1–3].

С использованием описанных зависимостей были рассчитаны (табл.) теплопритоки через светопрозрачные элементы различных общественных и административных зданий.

Доля теплопоступлений от солнечной радиации в общем тепловом балансе варьируется от 7 до 45 %. В среднем, согласно проведенным исследованиям, она составляет около 28 %. В зданиях с большим количеством остекленных поверхностей приток солнечного тепла в теплый период года является значимым компонентом общих теплопоступлений.

Таблица

Теплопоступления для различных помещений общественных и административных зданий в теплый период года

Наименование помещения	Объем помещения, м ³	Площадь остекления, м ²	Теплопоступления за счет солнечной радиации, Вт	Общие теплопоступления, Вт	%
Зал заседаний	230	9	640	3080	21
Обеденный зал на 90 мест	285,6	29,2	1100	5800	19
Торговый зал «продукты»	1131,12	6,77	1586	6248	25
Офис	1384	180,9	7620	33757	23
Зал совещаний	175,5	7,6	440	2140	21
Зал собраний	53,5	6,75	260	1052,6	25
Клуб	935	6,6	2310	11290	20
Операционный зал банка	135	156,6	2188	4829	45
Выставочный зал	220	3,36	1369	3480	39
Зал собраний	1571,4	39,5	4010	10990	36
Столовая	204,7	8,1	705	2625	27
Торговый зал магазина	478,8	15,5	1091	4091	27
Гладильное отделение	161	11,6	489	962	51
Торговый зал кафе буфета	122,51	4,5	420	1240	34
Зал кафе	448	24,3	1537	8197	19
Зал кафе	303,6	31,5	1398	8058	17
Зал йоги	114,1	6	371	1021	36
Зал совещаний административного здания	143,5	2,1	479	2217	22
Гимнастический зал	559	13,1	1580	4010	39
Агентство недвижимости	105,4	4,8	62	861	7

Ключевым недостатком представленной методики является использование базового значения теплового потока для одинарного остекления, которое затем корректируется коэффициентом $K_{отн}$ для учета типа стеклопакета. Однако данный коэффициент не всегда отражает реальные показатели со-

временных стекольных технологий. В последние годы в строительстве широко применяются более совершенные стеклопакеты: однокамерные, двухкамерные, а также стекла с низкоэмиссионными покрытиями (Low-E), заполненные инертными газами (аргон, ксенон) или осушенным воздухом, что значительно улучшает их теплоизоляционные характеристики. В справочной литературе отсутствуют точные значения коэффициентов $K_{отн}$ и τ_2 для подобных современных стекол.

Сравнительный анализ зарубежных расчетных подходов [2] показывает, что в международной практике активно применяется понятие «солнечного фактора» (g) – интегрального коэффициента пропускания солнечной энергии. Он представляет собой отношение общего количества тепловой энергии, проникающей в помещение, к энергии, падающей на наружную сторону стекла. Общий тепловой поток включает как непосредственно прошедшую через стекло радиацию, так и тепло, переданное в помещение вследствие поглощения и последующего излучения стеклом.

Значение солнечного фактора g указывается в технических характеристиках стеклопакетов и может колебаться от 0,37 до 0,88 в зависимости от типа остекления [2]. Таким образом, при использовании этого параметра тепловой расчет проводится с учетом конкретного типа стеклопакета и полного спектра солнечного излучения (прямого и рассеянного), что делает расчеты более точными. В этом случае формула (2) преобразуется следующим образом [2, 3], Вт:

$$Q_p = (Sk_{инс} + Dk_{обл}) g k_{сзу} \tau_2 F_{II}, \quad (3)$$

где S , D – удельные тепловые потоки прямой и рассеянной солнечной радиации, поступающие на наружную поверхность стекла, Вт/м²; g – солнечный фактор конкретного остекления; $k_{сзу}$ – коэффициент теплопропускания солнцезащитных устройств.

В рамках данной работы были выполнены исследования и оценка теплопритоков и воздухообмена в офисном помещении общественного здания с фасадным остеклением, согласно методикам (2) и (3). Площадь анализируемого пространства составляет 407 м², объем – 1384 м³, площадь остекленной поверхности – 180 м². В исследовании рассматривался двухкамерный стеклопакет 4М1-Аг10-И4-Аг10-И4, для которого интегральный коэффициент пропускания солнечной радиации (солнечный фактор) равен $g = 0,4$, приведенное сопротивление теплопередаче остекления – $R = 1,21$ м²·К/Вт, а коэффициент теплопропускания солнцезащитных устройств принят равным $k_{сзу} = 0,4$. Результаты расчетов теплопритоков по формуле (2) составили 13410 Вт, а по формуле (3) – 5510 Вт, что соответствует 88 % и 72 % от общего

количества поступающего тепла в помещении в теплый период года соответственно. Анализ воздухообмена, выполненный на основе теплового баланса для ассимиляции теплоступлений, показал сокращение необходимого воздухообмена в два раза: с 22720 м³/ч до 11380 м³/ч. Такое уменьшение воздухообмена на этапе проектирования вентиляционных и климатических систем способствует значительному снижению капитальных расходов на материалы и установку оборудования, а также уменьшает потребление тепловой и электрической энергии.

Необходимость анализа и управления солнечными теплопритоками обусловлена несколькими важными задачами:

- **энергосбережение**: понимание вклада солнечного излучения позволяет оптимизировать системы вентиляции, охлаждения и отопления зданий;
- **архитектурное проектирование**: учет солнечной активности помогает при выборе остекления, планировании ориентации здания, а также для достижения баланса между естественным освещением и перегревом;
- **снижение эксплуатационных расходов**: контроль над солнечными теплопритоками позволяет сократить расходы на энергоснабжение, особенно в коммерческой недвижимости;
- **климатическая адаптация**: расчеты теплопритоков позволяют учитывать местные климатические условия и готовиться к их возможным изменениям;
- **прогнозирование и моделирование**: данные о солнечной радиации применяются при создании энергетических моделей зданий для оценки комфорта и энергопотребления.

Таким образом, системный подход к расчету и оптимизации солнечных тепловых поступлений способствует улучшению энергоэффективности, снижению затрат и созданию устойчивых архитектурных решений.

Литература

1. Борухова, Л. В. Расчет теплоступлений через заполнения световых проемов и массивные ограждающие конструкции : пособие по курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 1 -70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» / Л. В. Борухова, А. С. Шибeko. – Минск : БНТУ, 2015. – 57 с.
2. Борухова, Л. В. Совершенствование методики расчета теплоступлений через светопрозрачные конструкции и рекомендации по их уменьшению / Л. В. Борухова, А. С. Шибeko // Энергетика. Изв. высш. учеб. завед. и энергетических объединений СНГ. – 2016. Т. 59, № 1. – С. 65–79.
3. Борухова, Л. В. Проектирование конструктивных солнцезащитных устройств / Л. В. Борухова, А. С. Шибeko // Наука и техника. – 2016. – Т. 15, № 2. – С. 107–114.