

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА НА УРОВЕНЬ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ТЕПЛОЙ ЗАЩИТЫ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

МАЛЯВИНА Елена Георгиевна, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

ФРОЛОВА Анастасия Анатольевна, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Выбор уровня теплозащиты административных зданий сельскохозяйственного назначения должен опираться на экономические показатели этих зданий с учетом затрат на поддержание заданного теплового микроклимата помещений. Сделан вывод, что вначале необходимо определить энергетические затраты на отопление, свободное и машинное охлаждение зданий различных размеров и этажности в районах с различной продолжительностью отопительного периода и интенсивностью солнечной радиации.

Введение. Наиболее действенным мероприятием по экономии энергоресурсов на поддержание тепловых условий в помещениях зданий считается усиление теплозащиты наружных ограждающих конструкций [7].

При расчетах энергопотребления системами, поддерживающими тепловые условия в помещениях, учитываются теплоступления от солнечной радиации и от внутренних источников: бытовых или технологических.

Известно [3, 8], что на удельное энергопотребление зданием оказывает влияние размер здания, так как в зданиях различной длины и этажности соотношение помещений промежуточного и верхнего этажей различно.

Цель исследования – оценка энергетических показателей зданий различных размеров и этажности в районах с различной продолжительностью отопительного периода и интенсивностью солнечной радиации: в Москве и в Астрахани.

Методика исследований. Расчету подвергались здания прямоугольной формы с одинаковой шириной, равной 20,2 м. Длина зданий изменялась от 13,6 до 115,6 м. Все торцевые стены зданий без окон. Этажность зданий варьировала от 1 до 40 этажей. Доля остекления продольных

стен 0,55. Отдельные характеристики некоторых зданий приведены в табл. 1.

Здания состоят из помещений одинаковых размеров 6,8×10,1×3,9 м.

Было рассмотрено три варианта теплозащиты здания, отличающихся друг от друга сопротивлением теплопередаче наружной стены и покрытия. Для варианта 1 сопротивления теплопередаче приближаются к нормируемым формулой (5.4) СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» по санитарно-гигиеническим условиям. Вариант 3 теплозащиты соответствует базовым нормам, исходя из энергосбережения по табл. 3 того же СП. Для варианта 2 сопротивления теплопередаче наружных стен и покрытий рассчитаны по формуле (5.1) того же СП с применением понижающего коэффициента 0,63 для стен и 0,8 для покрытия по отношению к варианту 3 [6]. Величины сопротивлений теплопередаче, м²·°C/Вт, приведены в табл.2.

Удельные теплоступления в помещения учитывались с 9 до 18 часов и выбраны на трех уровнях: 0 Вт/м², 40 Вт/м², 80 Вт/м². В эту величину не входит проникающая через окна солнечная радиация.

В отопительный период года учитывалась круглосуточная работа системы отопления, под-

Таблица 1

Характеристики зданий

Параметр здания	Вариант здания					
	1	2	3	4	5	6
Длина, м	13,6	20,4	61,2	88,4	115,6	115,6
Этажность	2	1	15	24	22	40
Площадь здания, м ²	549	412	18 544	42 856	51 373	93 405
Площадь наружных ограждающих конструкций, м ²	802	729	10 760	22 116	25 638	44 705
Объем здания, м ³	2 143	1 607	72 320	167 140	200 353	364 279



Сопровиления теплопередаче ограждающих конструкций, м²·°С/Вт

Город	Наименование ограждающей конструкции	Вариант теплозащиты 1	Вариант теплозащиты 2	Вариант теплозащиты 3
Москва	Наружная стена	1,226/1,224	1,619/1,621	2,57/2,576
	Покрытие	1,379/1,371	2,74/2,748	3,42/3,423
	Окно	0,66	0,66	0,66
Астрахань	Наружная стена	1,05/1,057	1,40/1,400	2,22/2,224
	Покрытие	1,18	2,37/2,371	2,96/2,967
	Окно	0,59	0,59	0,59

Примечание: Над чертой показаны значения требуемых нормами сопротивлений теплопередаче, под чертой – расчетных.

держивающая внутреннюю температуру 20 °С. Система охлаждения помещения работала только в рабочее время, поддерживая в это время в помещении 22 °С. При расчетах принималось, что естественное охлаждение применяется при температуре наружного воздуха не выше 5 °С.

Для определения энергетических затрат на поддержание заданного микроклимата помещений был выполнен прямой расчет нестационарного теплового режима административных помещений. Некруглосуточное поддержание заданных температурных условий в помещениях и некруглосуточные тепловыделения объясняют нестационарность теплового процесса. В качестве инструмента исследования принята программа расчета нестационарного теплового режима помещения, в основу которой положен расчет в конечных разностях с построением неявной разностной схемы методом теплового баланса [1].

Расчеты выполнялись при различных значениях температуры наружного воздуха в течение года. Длительность наблюдения температуры определялась по [4] и приведена в табл. 3.

Приход суммарной солнечной радиации в каждый месяц года на горизонтальную поверхность является исходным материалом для расчета теплоступлений в помещения через светопрозрачные конструкции [2].

Результаты исследований. Расчетом исследовалась потребность в теплоте и холоде на поддержание заданного теплового режима в помещениях зданий в течение года. Причем в холодный период года в отдельные дни учитывалась необходимость отопления ночью и охлаждения днем [3]. В Москве отопительный период в среднем имеет продолжительность 205 сут., в Астрахани – 169 сут. Поэтому в Москве основная нагрузка ложится на приборы отопления, а в Астрахани на приборы охлаждения.

Оценка энергопотребления проводилась по затратам первичного топлива. При этом годовое потребление теплоты зданием приравнивалось количеству первичной энергии, при пересчете свободного охлаждения учитывался коэффи-

циент использования электрической энергии 6,95 и коэффициент полезного использования топлива на электростанции 0,3. При пересчете машинного охлаждения вводился коэффициент EER = 3,31 и коэффициент полезного использования топлива на электростанции 0,3.

В табл. 4 приведены удельные на 1 м² площади пола потребности в теплоте, свободном и машинном холоде, пересчитанные на первичное топливо.

Как уже упоминалось выше, в расчете всех суточных затрат учитывалась теплота солнечной радиации, проникающей через окно, и в рабочее время внутренние теплоступления, указанные слева в табл. 4. То, что потребность в теплоте при внутренних теплоступлениях 40 и 80 Вт/м² пола одинаковы, свидетельствует о покрытии всех теплотерь помещений уже при теплоступлениях 40 Вт/м². «Излишки» теплоступлений составляют нагрузку на охлаждение помещений. То, что с увеличением теплозащиты

Таблица 3

Число дней в году наблюдения температуры наружного воздуха

Интервал температур, °С	Средняя температура интервала, °С	Продолжительность, сут.
Москва		
+22 ≤ t	+28	12
+18 ≤ t < +21,9	+20,5	29
+8 ≤ t < +17,9	+13	110
-2 ≤ t < +7,9	+3	117
-10 ≤ t < -2,1	-4	59
-20 ≤ t < -10,1	-15	31
t ≤ -20,1	-25	8
Астрахань		
Выше 30 °С	35	12
22 ≤ t < 29,9	26	62
16 ≤ t < 21,9	19	62
8 ≤ t < 15,9	12	65
2 ≤ t < 7,9	5	54
-4 ≤ t < 1,9	-1	62
-18 ≤ t < -4,1	-11	44
-26 ≤ t < -18,1	-21	4



(от варианта 1 к варианту 3) нагрузка на отопление падает, понятно, а то, что эта нагрузка падает с увеличением длины и этажности здания, объясняется уменьшением числа угловых и верхних помещений относительно числа рядовых.

Потребность в свободном и машинном холоде растет от варианта 1 к варианту 3 утепления, так как конструкции с большим сопротивлением теплопередаче препятствуют оттоку теплоты из помещения. При увеличении длины здания нагрузка на свободное охлаждение в обоих городах возрастает из-за продолжительного периода времени свободного охлаждения, когда температура наружного воздуха ниже температуры внутреннего воздуха 22 °С. Заметную роль играет увеличивающаяся доля рядовых помещений из общего числа.

Потребность в машинном холоде формируется и в периоды, когда температура наружного воздуха ниже температуры внутреннего воздуха 22 °С, и когда выше внутренней. В этот второй период с увеличением теплозащиты падает нагрузка на машинный холод. В Астрахани влияние периода с более низкой температурой наружного воздуха в формировании нагрузки на машинное охлаждение превалирует, и суммарная годовая нагрузка на машинное охлаждение возрастает с увеличением теплозащиты. Увеличение размеров здания приводит к снижению удельной нагрузки на охлаждение машины.

В табл. 5 представлены удельные потребности на 1 м² площади пола в первичной энергии на поддержание заданных тепловых условий в зданиях с различной теплозащитой, которые свидетельствуют что выгодно устраивать теплозащиту с базовыми сопротивлениями теплопередаче в соответствии с СП 50.13330 (вариант 3).

Заключение. В результате исследования выявлено, что по энергетическим показателям в принятых к рассмотрению городах во всех случаях целесообразна наиболее мощная теплозащита. Теплопоступления от солнечной радиации создают дополнительную нагрузку на системы охлаждения здания в переходный и теплый периоды года. В холодный период года эти теплопоступления снижают нагрузку на системы отопления. Од-

нако при удельных технологических теплопоступлениях в помещение в рабочее время 40 Вт/м² и выше часты случаи, когда даже в отопительный период необходимо охлаждение здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берковский Б.М., Ноготов Е.Ф. Разностные методы исследования задач теплообмена. – М.: Наука и техника, 1976. – 145 с.
2. Бодров В.И., Смыков А.А. Теплофизические характеристики теплового контура зданий с газовыми инфракрасными излучателями // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2014. – № 7. – С. 52–55.
3. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Выбор энергетически целесообразной теплозащиты офисных зданий с круглогодичным поддержанием теплового микроклимата // Жилищное строительство. – 2019. – № 1–2. – С. 63–68.
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6, вып. 1–34. СПб.: Гидрометеиздат, 1989–1998.
5. Основные соотношения для расчета облучения солнечной радиацией стен отдельно стоящих зданий / Е.В. Коркина [и др.] // Жилищное строительство. – 2017. – № 6. – С. 27–33.
6. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095525>.
7. Mingottia N., Chenvidyakarn T., Woods A.W. Combined impacts of climate and wall insulation on the energy benefit of an extra layer of glazing in the façade // Energy and Buildings. 2013. No. 58. P. 237–249.
8. Prozumens A., Borodinecs A., Odineca T., Nemoiva D. Long-Term Buildings' Space Heating Estimation Method // Lecture notes in civil engineering. 2020. No. 70. P. 539–550.

Малявина Елена Георгиевна, канд. техн. наук, проф. кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Россия.

Фролова Анастасия Анатольевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Россия. 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26. Тел.: (495) 781-80-07.

Ключевые слова: варианты теплозащиты; доля остекления фасада; отопление здания; охлаждение здания; тепловыделения в помещении.

THE INFLUENCE OF THE CLIMATIC FEATURES OF THE CONSTRUCTION AREA ON THE LEVEL OF ENERGY-EFFICIENT THERMAL PROTECTION OF ADMINISTRATIVE AGRICULTURAL BUILDINGS

Malyavina Elena Georgievna, Candidate of Technical Sciences, Professor of the chair "Heat and Gas Supply and Ventilation", National Research Moscow State University of Civil Engineering, Russia.

Frolova Anastasiya Anatolyevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Heat and Gas Supply and Ventilation", National Research Moscow State University of Civil Engineering, Russia.

Keywords: thermal protection options; fraction of facade glazing; building heating; building cooling; heat dissipation in the room.

The choice of the level of thermal protection of administrative agricultural buildings should be based on the economic indicators of these buildings, taking into account the costs of maintaining a given thermal microclimate of the premises. It is concluded that first it is necessary to determine the energy costs for heating, free and machine cooling of buildings of various sizes and number of storeys in areas with different duration of the heating period and the intensity of solar radiation.

