

УДК 699.86.003.1

Е.Г. МАЛЯВИНА, А.А. ФРОЛОВА

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЙОНА  
СТРОИТЕЛЬСТВА НА ЭКОНОМИЧЕСКИ ВЫГОДНЫЙ УРОВЕНЬ  
ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ОФИСНЫХ ЗДАНИЙ**

Нормативный уровень тепловой защиты зданий не учитывает экономические показатели эксплуатации инженерных систем, обслуживающих здание, и не рассматривает энергозатраты на поддержание теплового микроклимата в теплый период года. В статье показано, что экономическая оценка теплозащиты здания должна учитывать круглогодичные эксплуатационные затраты на поддержание теплового микроклимата в нем и капитальные затраты на сами системы и присоединение их к энергоснабжающим сетям. Предложено определять экономически целесообразный уровень утепления зданий с учетом стоимости всех затрат в условиях климата района строительства и территориальных экономических показателей.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** круглогодичное поддержание теплового микроклимата помещений, отопление, естественное (свободное) охлаждение, машинное охлаждение, совокупные дисконтированные затраты (СДЗ).

DOI 10.32683/0536-1052-2020-743-11-89-99

Требуемый уровень теплозащиты различных зданий влияет на стоимость их возведения [1, 2]. Кроме того, от уровня теплозащиты зависит энергопотребление зданием на его отопление и охлаждение [3, 4]. Важным оказывается и мощность инженерных систем, обслуживающих здание [5–8]. Все это делает строительство главным фактором экономического развития страны.

В качестве критерия для выбора экономически целесообразного уровня теплозащиты ранее предложено и обосновано [9, 10] сочетание значений удельной теплозащитной характеристики здания и совокупных дисконтированных затрат (СДЗ) на поддержание в здании заданных температурных условий. Основная задача работы состоит в выяснении экономически целесообразного уровня теплозащиты здания в различных климатических условиях.

Задача решалась расчетным путем. Расчету подвергались здания прямоугольной формы с одинаковой шириной, равной 20,2 м по наружному обмеру в городах Москва и Астрахань. Длина зданий изменялась от 13,6 до 115,6 м. Все торцевые стены зданий – глухие (без окон). Этажность зданий варьировалась от 1 до 40 этажей. Доля остекления продольных стен 0,55. Окна достаточно плотные, чтобы не учитывать инфильтрацию. Отдельные характеристики некоторых зданий приведены в табл. 1.

Тепловой режим и энергозатраты на поддержание заданного микроклимата рассчитывались индивидуально для помещений одинаковых размеров  $6,8 \times 10,1 \times 3,9$  (h) м четырех видов: рядовых промежуточных этажей, рядовых

Таблица 1. Основные геометрические 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 <sup>2</sup>	549	412	18 544	42 856	51 373	93 405
Площадь наружных ограждающих конструкций, м <sup>2</sup>	802	729	10 760	22 116	25 638	44 705
Объем здания, м <sup>3</sup>	2 143	1 607	72 320	167 140	200 353	364 279

верхнего этажа, угловых на промежуточных этажах, угловых на верхнем этаже.

В статье рассматриваются общественные здания с рабочим днем с 9 до 18 ч, удельные тепlopоступления в помещения которых выбраны на трех уровнях: 0, 40 и 80 Вт/м<sup>2</sup>. В течение суток отдельно учитывалась теплота солнечной радиации, проникающей через окно, и в рабочее время внутренние тепlopоступления, указанные выше. При рассмотрении тепlopоступлений от солнечной радиации учитывались коэффициенты общего пропускания солнечной энергии двухкамерным стеклопакетом 0,72, переплетами 0,8 и солнцезащитными устройствами на уровне 0,4.

В Москве отопительный период в среднем имеет продолжительность 205 сут, т.е. большую часть года, в Астрахани – 169 сут, т.е. немного меньше половины года<sup>1</sup>. В отопительный период при температуре наружного воздуха +8 °С и ниже учитывалась круглосуточная работа системы отопления, поддерживающей внутреннюю температуру на уровне 20 °С. Считалось, что система охлаждения помещения работала только в рабочее время, поддерживая в помещении 22 °С.

В годовых энергозатратах рассматривалась потребность зданий в теплоте и холоде на поддержание заданного теплового микроклимата помещений. Никакие потери из-за неэффективности работы систем, обслуживающих помещения, и дополнительные затраты энергии на приготовление теплоносителей для систем отопления и охлаждения не рассматривались. Согласно расчетам естественное (свободное) охлаждение применяется при температуре наружного воздуха не выше +5 °С. В экономических оценках учитывалась стоимость тепловой энергии на отопление и электрической энергии на работу парокомпрессионной холодильной машины. Расход электроэнергии на охлаждение определялся пересчетом из необходимого расхода холода. При этом для свободного охлаждения принимался средний коэффициент EER = 6,95, для машинного охлаждения – средний коэффициент EER = 3,31, КПД электростанции – 0,3.

Было рассмотрено три варианта теплозащиты здания, отличающихся друг от друга сопротивлением теплопередаче наружной стены и покрытия. Для варианта 1 сопротивление теплопередаче наружной стены и покрытия приближается к нормируемым формулой (5.4) СП 50.13330.2012 «Тепловая

<sup>1</sup> СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* (с Изменениями N 1, 2). М.: Стандартинформ, 2018. 96 с.

Таблица 2. Характеристики ограждений в вариантах теплозащиты здания в Москве и Астрахани

Наименование наружной ограждающей конструкции	Сопrotивление теплопередаче (требуемое/приведенное), $\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$		
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
<i>г. Москва</i>			
Наружная стена	1,226/1,2236	1,619/1,621	2,57/2,576
Покрытие	1,379/1,371	2,74/2,7475	3,42/3,4226
Окно	0,66	0,66	0,66
<i>г. Астрахань</i>			
Наружная стена	1,05/1,0567	1,40/1,4004	2,22/2,224
Покрытие	1,18/1,18	2,37/2,3709	2,96/2,967
Окно	0,59	0,59	0,59

защита зданий»<sup>2</sup> по санитарно-гигиеническим условиям. Вариант 3 теплозащиты соответствует базовым нормам, исходя из энергосбережения по таблице 3 того же СП. Для варианта 2 сопротивления теплопередаче наружных стен и покрытий рассчитаны по формуле (5.1) того же СП с применением понижающих по отношению к варианту 3 коэффициентов 0,63 для стен и 0,8 для покрытия. Величины сопротивлений теплопередаче,  $\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , для наружных ограждающих конструкций, соответствующих вариантам 1, 2 и 3, приведены в табл. 2.

Понятно, что с увеличением теплозащиты (от варианта 1 к варианту 3) нагрузка на отопление падает. Ранее было выяснено [11], что потребность в свободном и машинном холоде растет от варианта 1 к варианту 3 утепления ограждающих конструкций потому, что конструкции с большим сопротивлением теплопередаче активнее препятствуют оттоку теплоты из помещения. Нагрузки на охлаждение помещений в режиме свободного охлаждения в обоих городах при усилении теплозащиты возрастают, потому что продолжителен период времени свободного охлаждения, когда температура наружного воздуха ниже температуры внутреннего воздуха 22 °С. Потребность в машинном холоде формируется и в периоды, когда температура наружного воздуха ниже температуры внутреннего воздуха 22 °С и когда наружная температура выше внутренней. В этот второй период с увеличением теплозащиты нагрузка на машинный холод падает. В Астрахани период с высокой температурой наружного воздуха продолжителен. Несмотря на это влияние периода с более низкой температурой наружного воздуха на формирование нагрузки на машинное охлаждение превалирует, поэтому суммарная годовая нагрузка на машинное охлаждение возрастает с увеличением теплозащиты.

В результате исследования выявлено [12], что по энергетическим показателям в принятых к рассмотрению городах во всех случаях целесообразна наиболее мощная теплозащита. Внутренние теплопоступления и от солнечной радиации создают дополнительную нагрузку на системы охлаждения

<sup>2</sup> СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003 (с Изменением N 1). М.: Стандартинформ, 2018. 89 с.

здания в переходный и теплый периоды года. В холодный период года эти теплопоступления снижают нагрузку на системы отопления. Однако при удельных внутренних теплопоступлениях в помещение в рабочее время 40 Вт/м<sup>2</sup> и выше часты случаи, когда даже в отопительный период приходится прибегать к охлаждению здания.

При экономической оценке уровня теплозащиты здания продуктивным оказалось сравнение совокупных дисконтированных затрат (СДЗ) на срезе 25 лет. Важно учесть все факторы, влияющие на формирование СДЗ рассматриваемого варианта теплозащиты [10, 13]. Вариант теплозащиты здания, приводящий к наименьшему значению СДЗ при равных стоимостях утепления здания, теплоты и холода в течение года на отопление и охлаждение, систем поддержания заданного микроклимата в помещениях здания, присоединения их к энергоснабжающим сетям, считался целесообразным. Ранее было показано, что обобщение разнообразных геометрических характеристик здания удобно и правомерно выполнить с помощью его удельной теплозащитной характеристики<sup>2</sup>.

Так как удельная теплозащитная характеристика  $k_{об}$  зависит не только от геометрических размеров здания, но и от сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций, которые в Москве и Астрахани разные, то и значения  $k_{об}$  одинаковых по геометрии зданий в разных городах разные. Соответствие значений удельной теплозащитной характеристики  $k_{об}$  зданиям различной геометрии и теплозащиты приведено на рис. 1.

В расчетах приняты стоимости отдельных составляющих, действовавшие в 2019 г.:

- присоединение к электросетям от 550 до 100 000 руб./кВт;
- присоединение к тепловым сетям от 550 до 50 000 руб./кВт;
- стоимость системы отопления от 17 250 до 115 000 руб./кВт;
- стоимость тепловой энергии в Москве от 2,2 до 4,5 руб./кВт · ч, в Астрахани от 1,6 до 4,5 руб./кВт · ч;
- стоимость электроэнергии в Москве от 4,0 до 6,5 руб./кВт · ч, в Астрахани от 3,53 до 5,85 руб./кВт · ч;
- стоимость холодильного оборудования для искусственного охлаждения от 46 000 до 92 000 руб./кВт;
- стоимость холодильного оборудования для естественного охлаждения от 1 725 до 8 050 руб./кВт;
- стоимость утеплителя от 9 000 до 22 000 руб./м<sup>3</sup>.

Минимум 50 % величины СДЗ для Москвы и 70 % для Астрахани зависит от стоимости систем машинного и свободного охлаждения, а также подключения к электросетям. До 20 % величины СДЗ для Москвы и 10 % для Астрахани зависит от стоимости системы отопления и подключения к тепловой сети.

По результатам расчета удельных (на 1 м<sup>2</sup> площади помещений) совокупных дисконтированных затрат определены зоны их сочетаний со значениями удельной теплозащитной характеристики зданий для различных уровней экономически целесообразного утепления в климатических условиях Москвы и Астрахани. Некоторые результаты этих расчетов приведены на рис. 2.

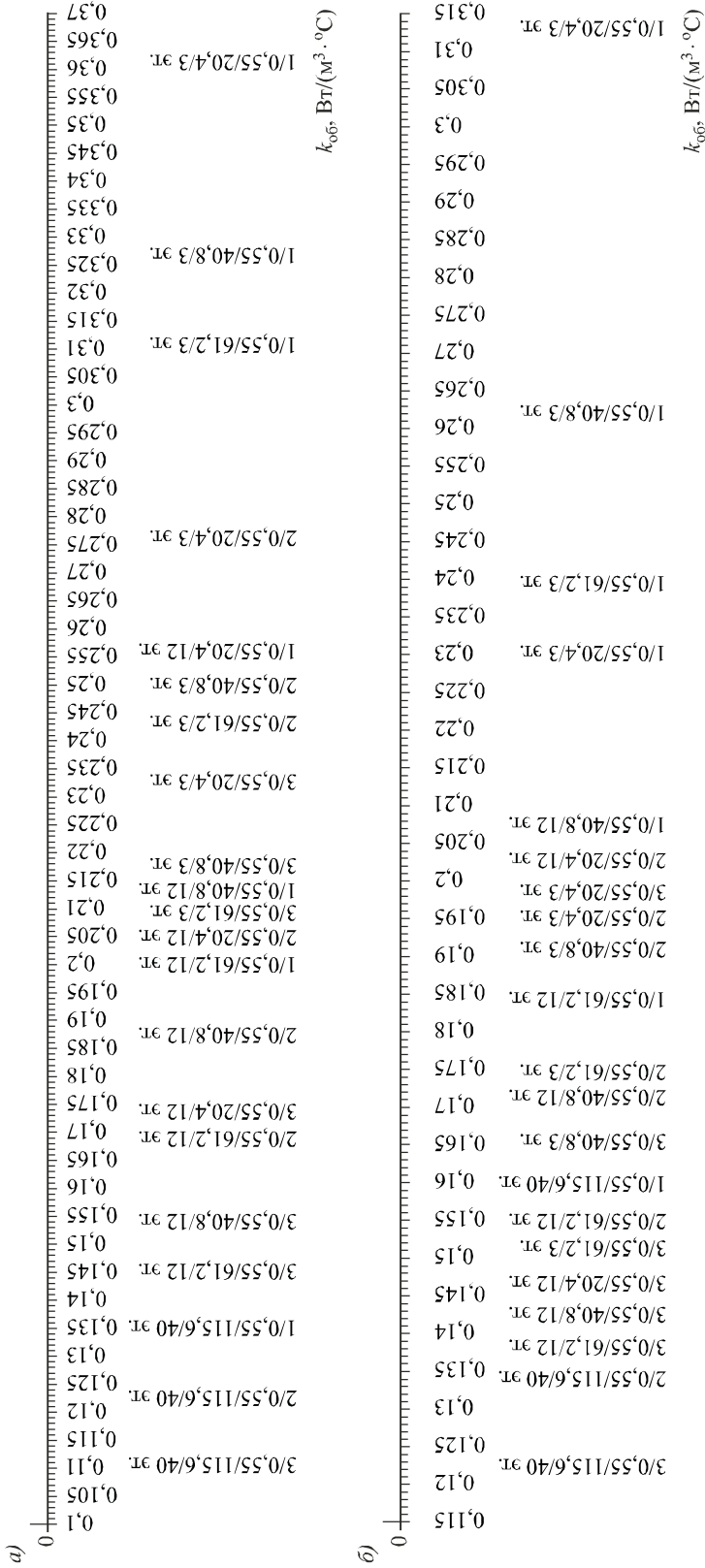
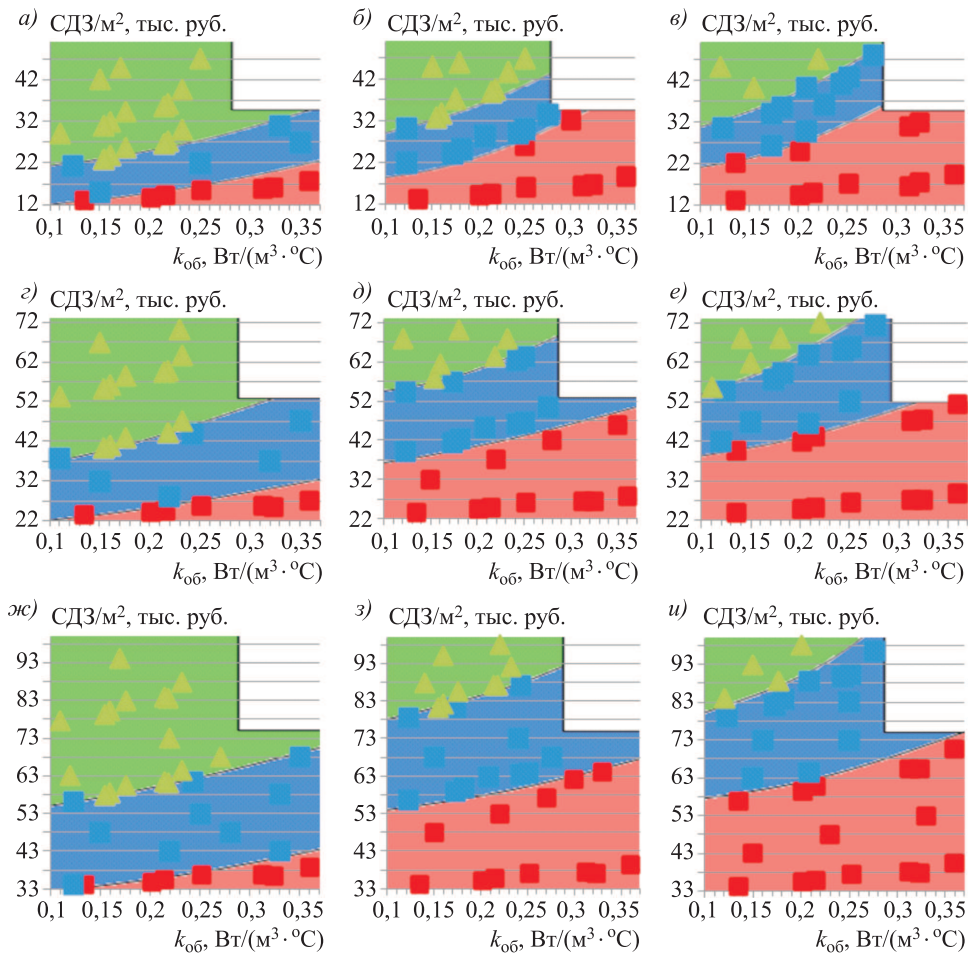


Рис. 1. Расшировка значений удельной теплозащитной характеристики  $k_{об}$ , Вт/(м<sup>3</sup> · °C), для вариантов рассматриваемых зданий в г. Москве (а) и в г. Астрахани (б)

Последовательно указаны: вариант теплозащиты здания, коэффициент остекленности, длина здания, м, количество этажей

I



Из рис. 2 видно, что при минимальной стоимости всех составляющих выгоден вариант с наименьшими требованиями к теплозащите. С увеличением стоимости составляющих совокупных дисконтированных затрат менее выгодно усиленное утепление. Причем в Астрахани вариант утепления по нормам таблицы 3 СП 50.13330.2012 (вариант 3) не целесообразен при самом дорогом утеплителе в условиях отсутствия внутренних тепловыделений, а при значительных удельных внутренних тепловыделениях  $80 \text{ Вт}/\text{м}^2$  такое утепление выгодно только при дорогих энергоносителях и инженерных системах и дешевом утеплителе. В Москве та же тенденция прослеживается, но так как основную долю времени в году работает более дешевая по сравнению с системой кондиционирования воздуха система отопления, потребляя более дешевую, чем электроэнергия, теплоту, то усиленное утепление здания целесообразно при дорогих энергоносителях, причем зоны целесообразных сочетаний  $k_{об}$  и СДЗ уменьшаются с увеличением удельных внутренних теплопоступлений и удорожании утеплителя. Такое положение дел обосновывается тем, что при высоких теплопоступлениях в помещение при температуре наружного воздуха ниже температуры внутреннего снижение холодильной нагрузки происходит естественным путем



II

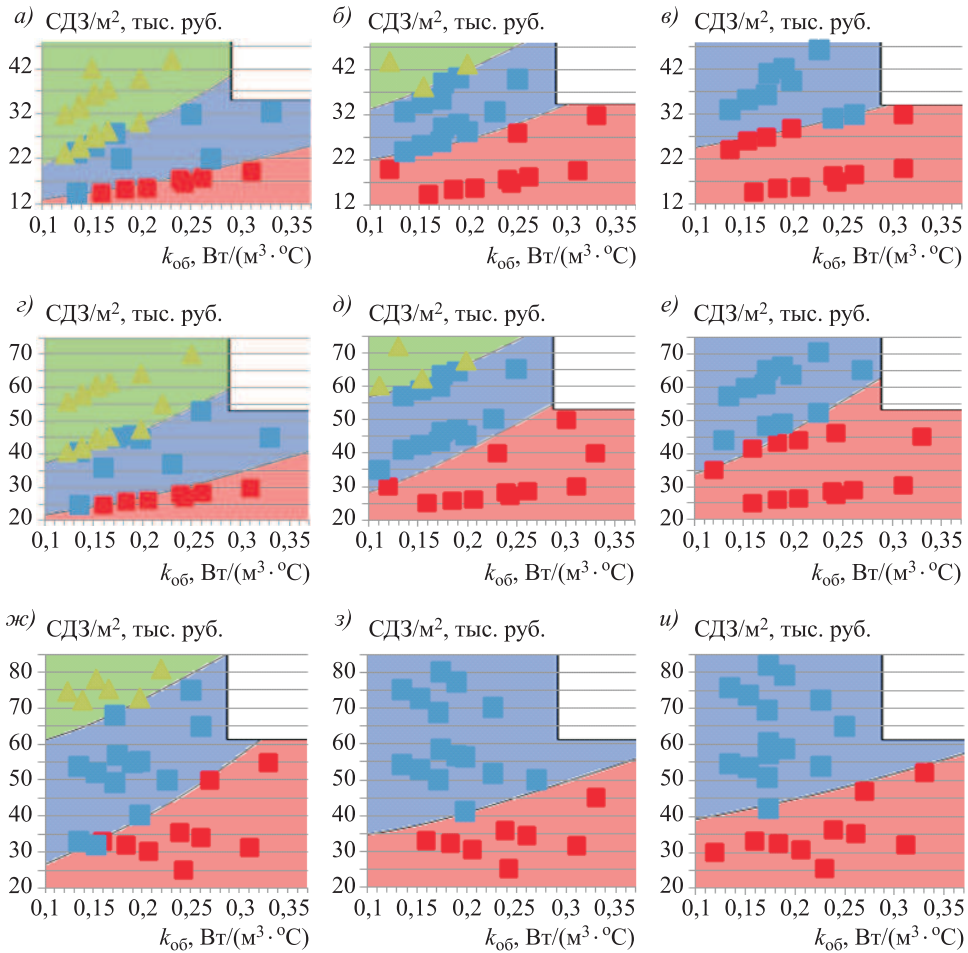


Рис. 2. Экономически целесообразные варианты утепления зданий в г. Москве (I) и в г. Астрахани (II)

(красное – вариант 1, синее – вариант 2, зеленое – вариант 3) при изменении удельной теплозащитной характеристики зданий  $k_{об}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°C), при стоимости утепления 9000 руб./м<sup>3</sup> (а, з, ж), при стоимости утепления 15 000 руб./м<sup>3</sup> (б, д, з), при стоимости утепления 22 000 руб./м<sup>3</sup> (в, е, и). При внутренних теплопоступлениях а, б, в – 0 Вт/м<sup>2</sup>, з, д, е – 40 Вт/м<sup>2</sup>, ж, з, и – 80 Вт/м<sup>2</sup>.

При норме дисконта 10 %

при ограждающих конструкциях с меньшим сопротивлением теплопередаче.

Интересно, что при снижении стоимости утеплителя в обоих городах снижается зона целесообразного утепления по санитарно-гигиеническим нормам (вариант 1). В Москве эта тенденция проявляется более явно, так как усиление теплозащиты здесь приводит в основном к сокращению затрат более дешевой теплоты на отопление, а в Астрахани более дорогой электроэнергии на охлаждение. Интересно еще и то, что в зданиях небольшого объема с высокими значениями  $k_{об}$  теплозащита по санитарно-гигиеническим условиям выгодна при более высоких СДЗ/м<sup>2</sup>, чем в зданиях большего объема.

Так как внутренние тепловыделения снижают нагрузку на более дешевое отопление и повышают нагрузку на более дорогое охлаждение, в Астрахани

сильнее проявляется тенденция с увеличением теплопоступлений к снижению теплозащиты.

Если в совокупных дисконтированных затратах учитывать только стоимость утепления и теплоты, то картина экономически целесообразных зон сопротивлений теплопередаче здания окажется совершенно другой. Некоторые результаты такого расчета показаны в работе [10]. Эти результаты подтверждают то, что для правильной оценки целесообразности определенного уровня теплозащиты необходимо учитывать все составляющие затрат на круглогодичное поддержание микроклимата в помещениях офисного здания.

**Выводы.** 1. Для экономического обоснования уровня теплозащиты зданий, в которых параметры внутренней среды поддерживаются круглогодично, необходимо рассматривать энергозатраты на протяжении всего года. Следует учитывать все издержки, на которые влияет теплозащита здания: в качестве капитальных затрат – стоимости утепления здания, оборудования отопления и охлаждения, присоединения систем к энергоснабжающим сетям; в качестве эксплуатационных затрат – стоимости теплоты, электроэнергии и амортизационные отчисления.

2. Чем дороже теплозащита, тем при более высокой цене составляющих СДЗ/м<sup>2</sup> вариант теплозащиты по санитарно-гигиеническим условиям остается выгодным. В обоих городах чем дешевле утепление здания, тем выгоднее вариант усиленного утепления. В зданиях небольшого объема теплозащита по санитарно-гигиеническим условиям выгодна при более высоких СДЗ/м<sup>2</sup>, чем в зданиях большего объема.

3. В Москве для основной части года требуется более дешевое отопление, а в Астрахани – более дорогое охлаждение здания. Поэтому в Москве при высоких значениях СДЗ/м<sup>2</sup> утепление по базовому варианту выгодно при любых стоимостях утеплителя. В Астрахани при высоких значениях СДЗ/м<sup>2</sup> базовое утепление выгодно только при дешевом утеплителе.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Толстова Ю.И. Тепловая защита зданий и сооружений – экономический подход // Энергосбережение и энергоэффективность на промышленных предприятиях и в жилищно-коммунальном хозяйстве / Сб. тр. конф. Новосибирск, 2017. С. 188–194.
2. Hong T., Le Yang, Hill D. et al. Data and analytics to inform energy retrofit of high performance buildings // Applied Energy. 2014. No. 126. P. 90–106.
3. Скорик Т.А., Глазунова Е.К., Безуглый А.В. Разработка алгоритма расчета показателей тепловой защиты зданий // Транспорт – 2017 / Сб. тр. конф. Ростов н/Д: Ростов. гос. ун-т путей сообщения, 2017. С. 163–167.
4. Orr H., Wang J., Fetsch D., Dumont R. Technical note: Airtightness of older-generation energy-efficient houses in Saskatoon // Journal of Building Physics. 2013. No. 36. P. 294–307.
5. Резанов Е.М., Петров П.В. К вопросу повышения эффективности утепления тепловой изоляцией наружных ограждающих конструкций стен зданий // Актуальные вопросы энергетики / Сб. статей конф. Омск, 2017. С. 18–21.
6. D’Orazio M., Perna C.Di., Giuseppe E.Di., Morodo M. Thermal performance of an insulated roof with reflective insulation: Field tests under hot climatic conditions // Journal of Building Physics. 2013. No. 36. P. 229–246.



7. *Васильев Г.П.* Эффективная теплозащита – дань моде или экономическая необходимость? // Энергосбережение. 2011. № 6. С. 14–23.
8. *Макарова О.П., Красильникова Г.В.* Экономическое обоснование вариантов утепления наружных ограждающих конструкций // Современные проблемы и перспективы социально-экономического развития предприятий, отраслей, регионов / Сб. статей. Йошкар-Ола: Приволж. гос. технол. ун-т, 2016. С. 37–41.
9. *Малявина Е.Г., Фролова А.А.* Энергетическая и экономическая оценка теплозащиты офисного здания // Вестн. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 64–69.
10. *Малявина Е.Г., Фролова А.А.* Экономическое обоснование выбора теплозащиты офисных зданий // Изв. вузов. Строительство. 2018. № 9 (717). С. 56–65.
11. *Малявина Е.Г., Фролова А.А.* Анализ годового энергопотребления на отопление и охлаждение офисного здания // АВОК. 2017. № 1. С. 18–23.
12. *Малявина Е.Г., Фролова А.А.* Влияние климатических особенностей района строительства на уровень энергоэффективной тепловой защиты административных зданий сельскохозяйственного назначения // Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 111–114.
13. *Лантева С.И., Полякова М.З.* Определение совокупных дисконтированных затрат при сравнении вариантов теплозащиты нестенопрозрачных ограждений // Экономика и предпринимательство. 2017. № 10-1 (876-1). С. 724–727.

**Малявина Елена Георгиевна**, канд. техн. наук, проф.; E-mail: [emal@list.ru](mailto:emal@list.ru)  
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

**Фролова Анастасия Анатольевна**, канд. техн. наук, доц.;  
E-mail: [FrolovaAA@mgsu.ru](mailto:FrolovaAA@mgsu.ru)

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Получено 12.10.2020

**Malyavina Elena Georgievna**, PhD, Professor; E-mail: [emal@list.ru](mailto:emal@list.ru)  
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Russia  
**Frolova Anastasiya Anatol'evna**, PhD, Ass. Professor;  
E-mail: [FrolovaAA@mgsu.ru](mailto:FrolovaAA@mgsu.ru)  
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Russia

## **THE INFLUENCE CLIMATE FEATURES OF THE CONSTRUCTION AREA ON THE ECONOMICALLY FAVORABLE LEVEL THERMAL PROTECTION IN OFFICE BUILDINGS**

At present, the thermal protection of buildings is determined by an estimate of the heat consumption for heating and ventilation of buildings during the cold period, which should not exceed those selected according to the energy consumption standards. At the same time, the economic indicators of the operation of engineering systems serving the building are not taken into account, and energy costs for maintaining the thermal microclimate during the warm season are not considered. The economic assessment of the thermal protection of a building should take into account the year-round operating costs of maintaining the thermal microclimate in it and the capital costs of the systems themselves and their connection to power supply networks. These costs are in antiphase with the capital costs of building insulation, which increase with the strengthening of thermal protection. Since building insulation is a very expensive part of construction,

it is important to determine its economically feasible level, taking into account the cost of all the listed costs in the conditions of the climate of the construction area and territorial economic indicators.

**Key words:** year-round maintenance of the thermal microclimate in the premises, heating, natural (free) cooling, machine cooling, total discounted costs (TDC).

## REFERENCES

1. *Tolstova Yu.I.* Teplovaya zashchita zdaniy i sooruzheniy – ekonomicheskii podkhod [Thermal protection of building and structures – economic approach]. *Energoberezheniye i energoeffektivnost' na promyshlennykh predpriyatiyakh i v zhilishchno-kommunal'nom khozyaystve. Sbornik trudov konferentsii* [Energy saving and energy efficiency at industrial enterprises and in housing and communal services. Collection of conference proceedings.]. Novosibirsk, 2017. Pp. 188–194. (in Russian)
2. *Hong T., Le Yang, Hill D. et al.* Data and analytics to inform energy retrofit of high performance buildings. *Applied Energy*. 2014. No. 126. Pp. 90–106.
3. *Skorik T.A., Glazunova E.K., Bezuglyy A.V.* Razrabotka algoritma rascheta pokazateley teplovoy zashchity zdaniy [Development of an algorithm for calculating indicators of thermal protection of buildings]. *Transport – 2017. Sbornik trudov konferentsii* [Transportation – 2017. Collection of conference proceedings]. Rostov-on-Don, Rostov State Transport University, 2017. Pp. 163–167. (in Russian)
4. *Orr H., Wang J., Fetsch D., Dumont R.* Technical note: Airtightness of older-generation energy-efficient houses in Saskatoon. *Journal of Building Physics*. 2013. No. 36. Pp. 294–307.
5. *Rezanov E.M., Petrov P.V.* K voprosu povysheniya effektivnosti utepleniya teplovoy izolyatsiyey naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruktsey sten zdaniy [On the issue of improving the efficiency of thermal insulation thermal insulation of the outer walling of the walls of buildings]. *Aktual'nyye voprosy energetiki. Sbornik statey konferentsii* [Current issues of energy. Collection of articles of the conference]. Omsk, 2017. Pp. 18–21. (in Russian)
6. *D'Orazio M., Perna C.Di., Giuseppe E.Di., Morodo M.* Thermal performance of an insulated roof with reflective insulation: Field tests under hot climatic conditions. *Journal of Building Physics*. 2013. No. 36. Pp. 229–246.
7. *Vasil'ev G.P.* Effektivnaya teplozashchita – dan' mode ili ekonomicheskaya neobkhodimost'? [Effective thermal protection – a tribute to fashion or an economic necessity?]. *Energoberezhenie* [Energy saving]. 2011. No. 6. Pp. 14–23. (in Russian)
8. *Makarova O.P., Krasil'nikova G.V.* Ekonomicheskoye obosnovaniye variantov utepleniya naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruktsey [The economic rationale for options for insulation of external enclosing structures]. *Sovremennyye problemy i perspektivy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya predpriyatiy, otrasley, regionov. Sbornik statey* [Modern problems and prospects of socio-economic development of enterprises, industries, regions. Digest of articles]. Yoshkar-Ola, Volga State University of Technology, 2016. Pp. 37–41. (in Russian)
9. *Malyavina E.G., Frolova A.A.* Energeticheskaya i ekonomicheskaya otsenka teplozashchity ofisnogo zdaniya [Energy and economic assessment of thermal protection of an office building]. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova* [Bulletin of BSTU of V.G. Shukhov]. 2017. No. 8. Pp. 64–69. (in Russian)
10. *Malyavina E.G., Frolova A.A.* Jekonomicheskoye obosnovaniye vybora teplozashchity ofisnykh zdaniy [Economic justification of the choice of the thermal protection of office buildings]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2018. No. 9 (717). Pp. 56–65. (in Russian)

11. *Malyavina E.G., Frolova A.A.* Analiz godovogo energopotrebleniya na otopleniye i okhlazhdeniye ofisnogo zdaniya [Analysis of the year power consumption for heating and cooling of an office building]. AVOK [AVOK]. 2017. No. 1. Pp. 18–23. (in Russian)
  12. *Malyavina E.G., Frolova A.A.* Vliyaniye klimaticheskikh osobennostey rayona stroitel'stva na uroven' energoeffektivnoy teplovoy zashchity administrativnykh zdaniy sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [The influence of the climatic features of the construction area on the level of energy-efficient thermal protection of administrative agricultural buildings]. Agrarnyy nauchnyy zhurnal [The Agrarian Scientific Journal]. 2020. No. 10. Pp. 111–114. (in Russian)
  13. *Lapteva S.I., Polyakova M.Z.* Opredeleniye sovokupnykh diskontirovannykh zatrat pri sravnenii variantov teplozashchity nesvetoprozrachnykh ograzhdeniy [Determination of total discounted costs when comparing options for thermal protection of non-translucent fences]. Ekonomika i predprinimatel'stvo [Economy and Entrepreneurship]. 2017. No. 10-1 (876-1). Pp. 724–727. (in Russian)
-