



Определение экономически целесообразной теплозащиты офисного здания со значительными теплоизбытками

Введение

Вопрос о целесообразной теплозащите зданий и влиянии на неё технических и экономических факторов с различных сторон рассматривается в современных публикациях, например [1, 2]. В предлагаемой статье выбор целесообразной теплозащиты офисного здания различного объёма в Москве осуществляется на основе сравнения совокупных дисконтированных затрат для различных вариантов теплозащиты зданий при различных стоимостных показателях самого утепления и средств поддержания микроклимата в помещениях здания в течение всего года.

Потребность здания в теплоте и холоде для поддержания заданного температурного режима помещений в условиях города Москвы определялась [3] расчётом нестационарного суточного теплового режима офисных помещений при различных значениях температуры наружного воздуха. Температура офисных помещений поддерживалась в пределах допустимых норм по [4].

Рассматриваемые варианты зданий

Варианты размеров здания отличались друг от друга различной длиной и различной этажностью. Ширина здания принята во всех случаях одинаковой и равной 20,2 м по наружному обмеру. Все торцевые стены глухие (без окон).

Рассматривались здания следующих длин: 20,2; 40,8; 61,2 м. При увеличении длины здания растёт как площадь продольных стен, так и площадь покрытий. Площади глухих торцевых стен сохраняются неизменными. Рассматривались здания в три и 12 этажей. Доля остекления продольных стен представлена в трёх вариантах: 0,25; 0,326; 0,55. Окна достаточно плотные, чтобы не учитывать инфильтрацию. В зданиях находятся офисные помещения одинаковых размеров h (д × ш × в), равных 10,1 × 6,8 × 3,9 м.

Причём рассматривались помещения четырёх видов: рядовые на промежуточных этажах, рядовые на верхнем этаже, угловые на промежуточных этажах, угловые на верхнем этаже. Помещения имеют большую глубину (10,1 м), что приводит

Выбор целесообразной теплозащиты офисного здания различного объёма в городе Москве осуществляется на основе сравнения совокупных дисконтированных затрат для различных вариантов теплозащиты зданий при различных стоимостных показателях утепления и средств поддержания микроклимата в помещениях

УДК 697.97.975.003.1

Определение экономически целесообразной теплозащиты офисного здания со значительными теплоизбытками

Е. Г. Малявина, к.т.н., профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции; А. А. Фролова, аспирантка, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (МГСУ)

Для экономической оценки вариантов утепления здания выбраны совокупные дисконтированные затраты (СДЗ). Значения СДЗ приняты на горизонте 10 лет. Были исследованы зависимости СДЗ от ряда факторов. Результатом исследования явилось определение области сочетаний геометрических параметров утепляемых зданий и стоимостных характеристик отдельных составляющих капитальных и эксплуатационных затрат, в которых целесообразно различное утепление офисных зданий.

Ключевые слова: стоимость утеплителя, стоимость систем поддержания микроклимата, стоимость присоединения к энергосетям, стоимость энергоносителей.

UDC 697.97.975.003.1

Determination of economically reasonable heat-shielding of the office building with considerable heatexcesses

E. G. Maljavina, PhD, Professor at the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation; A. A. Frolova, PhD student, National Research University Moscow State University of Civil Engineering (NRU MSUCE)

For an economic evaluation of options of winterization of the building the total discounted costs are chosen (TDC). Values TDC are accepted in 10 years. Dependences TDC on a number of factors have been investigated. Result of a research areas of combinations of geometrical parameters of the warmed buildings and cost characteristics of the separate constituting capital and operating costs in which reasonably various winterization of office buildings turned out.

Key words: cost of building insulation, cost of systems of maintenance of a microclimate, cost of join the energy networks, cost of energy.

к значительному разбросу тепловыделений, приходящихся на единицу площади наружных ограждающих конструкций. Например, в рядовых помещениях на среднем этаже наружные ограждения имеют суммарную площадь 26,5 м², а в угловых помещениях на верхнем этаже составляют 134,6 м².

Были рассмотрены три варианта теплозащиты здания, отличающиеся друг от друга сопротивлением теплопередаче наружной стены и покрытия.

Для первого варианта сопротивление теплопередаче наружной стены и покрытия приближается к нормируемым формулой (5.4) Свода Правил [5] по санитарно-гигиеническим условиям. Третий вариант теплозащиты соответствует нормам исходя из энергосбережения по табл. 3 [5]. Для второго варианта сопротивления теплопередаче наружных стен и покрытий рассчитаны по формуле (5.1) того же СП [5] с применением понижающего коэффициента 0,63 для стен и 0,8 для покрытия по отношению к третьему варианту.

Величины сопротивлений теплопередаче [м²·°С/Вт] для наружных ограждающих конструкций, соответствующие первому, второму и третьему вариантам по нормативам города Москвы, следующие: для стен — 1,25; 1,8; 2,6; для покрытий — 1,4; 2,9; 3,6. Сопротивление теплопередаче окон во всех вариантах принято равным 0,54 м²·°С/Вт. Теплопоступления в офисные помещения выбраны на трёх уровнях: 30, 50 и 70 Вт/м². Причём в эту величину входит и проникающая через окна солнечная радиация.

На мощность отопления при любой температуре наружного воздуха накладываются два ограничения. Во-первых, она не должна превосходить мощность отопления, поддерживающего круглосуточно в помещении температуру 20°С. Во-вторых, температура помещения к началу рабочего дня не должна быть ниже 18°С, а к концу рабочего времени — выше 24°С. Потоки охлаждения подбирались для каждого конкретного варианта расчёта индивидуально. При этом температура помещения в течение всего дня не превышала 24°С.

Результаты расчёта годового энергопотребления здания

На теплопотребление здания больше всего влияют теплозащита и особенно, как элемент теплозащиты, размер окна. Например, при одинаковых значениях общих коэффициентов здания теплопередачи величина удельного энергопотребления при остеклённости фасада 0,55 в полтора раза больше, чем при остеклённости 0,25. Чем теплозащита меньше (больше общий коэффициент теплопередачи), тем больше теплопотребление на отопление здания. При теплозащите по санитарно-гигиеническим условиям (вариант теплозащиты 1) годовая потребность в теплоте здания по варианту 4 в семь раз больше, чем при базовой теплозащите (вариант теплозащиты 3) при тепловыделениях в 50 Вт/м². На энергопотребление здания большое влияние оказывают тепловыделения внутри него. При отоплении теплопоступления играют положительную роль. В течение рабочего дня они компенсируют часть или все теплопотери. Поэтому при теплопоступлениях 70 Вт/м² пола помещения теплопотребление ниже относящихся к теплопоступлениям 50 и 30 Вт/м².

Что касается охлаждения, то тепловыделения в здании играют отрицательную роль, и удельная потребность в холоде возрастает с увеличением удельных тепловыделений.

В годовом разрезе нагрузка на системы машинного и свободного охлаждения меньше в зданиях с наименьшей теплозащитой (вариант теплозащиты 1) и при меньших теплопоступлениях в помещение. Интересно, что нагрузка на охлаждение меньше при большей остеклённости фасада, так как при этом теплозащита здания снижается, что подтверждает предыдущий тезис. При экономическом сравнении самые большие сезонные нагрузки на охлаждение возникают в вариантах нормативной теплозащиты (вариант 3).

Экономическое сравнение вариантов утепления здания

Для ответа на вопрос о целесообразности степени утепления офисного здания недостаточно полученных энергетических оценок. Следует выполнить экономические сравнения, которые представлены в данной статье.

Для экономической оценки вариантов утепления здания выбраны совокупные дисконтированные затраты (СДЗ) [6]. При этом значения СДЗ приняты на горизонте 10 лет, так как срок службы холодильного оборудования равен приблизительно этому промежутку времени. Кроме того, если окупаемость вложенных средств не укладывается в этот срок, то вариант нельзя считать выгодным. Этот тезис подтверждается тем, что в советские времена срок окупаемости в экономических расчётах для строительства был принят равным $T = 10$ лет.

В качестве единовременных затрат в СДЗ учитываются: стоимость утеплителя с учётом его транспорта и монтажа; стоимость системы отопления, включающей в себя не только трубопроводы с запорно-регулирующей арматурой и отопительные приборы, но и циркуляционный насос, теплообменник и сетчатый фильтр [7], стоимость оборудования для

свободного и машинного охлаждения [8], стоимость присоединения к тепловым и электрическим сетям.

Эксплуатационные расходы состоят из стоимости теплоты, холода и амортизационных отчислений. Так как все составляющие капитальных и эксплуатационных затрат могут изменяться в значительных пределах, для расчётов выбраны диапазоны изменения каждого из них:

- стоимость утеплителя от 9000 до 22000 руб/м³;
- стоимость систем отопления от 15000 до 100000 руб/кВт мощности системы отопления;
- стоимость системы машинного охлаждения от 29400 до 32100 руб/кВт мощности системы машинного охлаждения;
- стоимость системы свободного охлаждения от 9700 до 21000 руб/кВт мощности системы свободного охлаждения;
- стоимость присоединения к тепловым сетям от 550 до 50000 руб/кВт;
- стоимость присоединения к электросетям от 550 до 100000 руб/кВт;
- стоимость теплоты от 1,81 до 3,0 руб/(кВт·ч);
- стоимость электроэнергии от 3,61 до 5,68 руб/(кВт·ч);
- ставка дисконта изменялась от 5 до 10%.



На рис. 1 приведены некоторые результаты расчётов. Данные расчёты были осуществлены при различной стоимости [систем отопления — 60000 руб/кВт; систем свободного охлаждения — 10500 руб/кВт; машинного охлаждения — 27600 руб/кВт мощности каждой системы; тепловой энергии — 3,0 руб/(кВт·ч); машинного холода — 1,95 руб/(кВт·ч); свободного холода — 0,76 руб/(кВт·ч); утепления — 22000 руб/м³; присоединения к электросетям — 100000 руб/кВт] в зависимости:

а. от стоимости присоединения к тепловым сетям при стоимости электроэнергии 5,68 руб/(кВт·ч) для трёхэтажного здания размером 40,8×20,2 м с остеклённостью фасада 0,25;

б. то же для 12-этажного здания размером 61,2×20,2 м с остеклённостью фасада 0,55;

в. от стоимости электроэнергии при стоимости присоединения к тепловым сетям 50000 руб/кВт для трёхэтажного здания размером 40,8×20,2 м с остеклённостью фасада 0,25;

г. то же для 12-этажного здания размером 61,2×20,2 м с остеклённостью фасада 0,55.

Анализ влияния отдельных факторов на соотношение совокупных дисконтированных затрат при различном утеплении для условий города Москвы выявил следующие тенденции.

При принятых диапазонах изменения стоимостных показателей возрастание ставки дисконта с 5 до 10% практически не влияет на выбор экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций офисного здания.

Влияние размера здания подтвердило существующее мнение, что здания меньшего объёма следует утеплять сильнее.

Возрастание стоимости утеплителя с учётом монтажа от 9000 до 22000 руб/м³ приводит к значительному увеличению величины СДЗ.



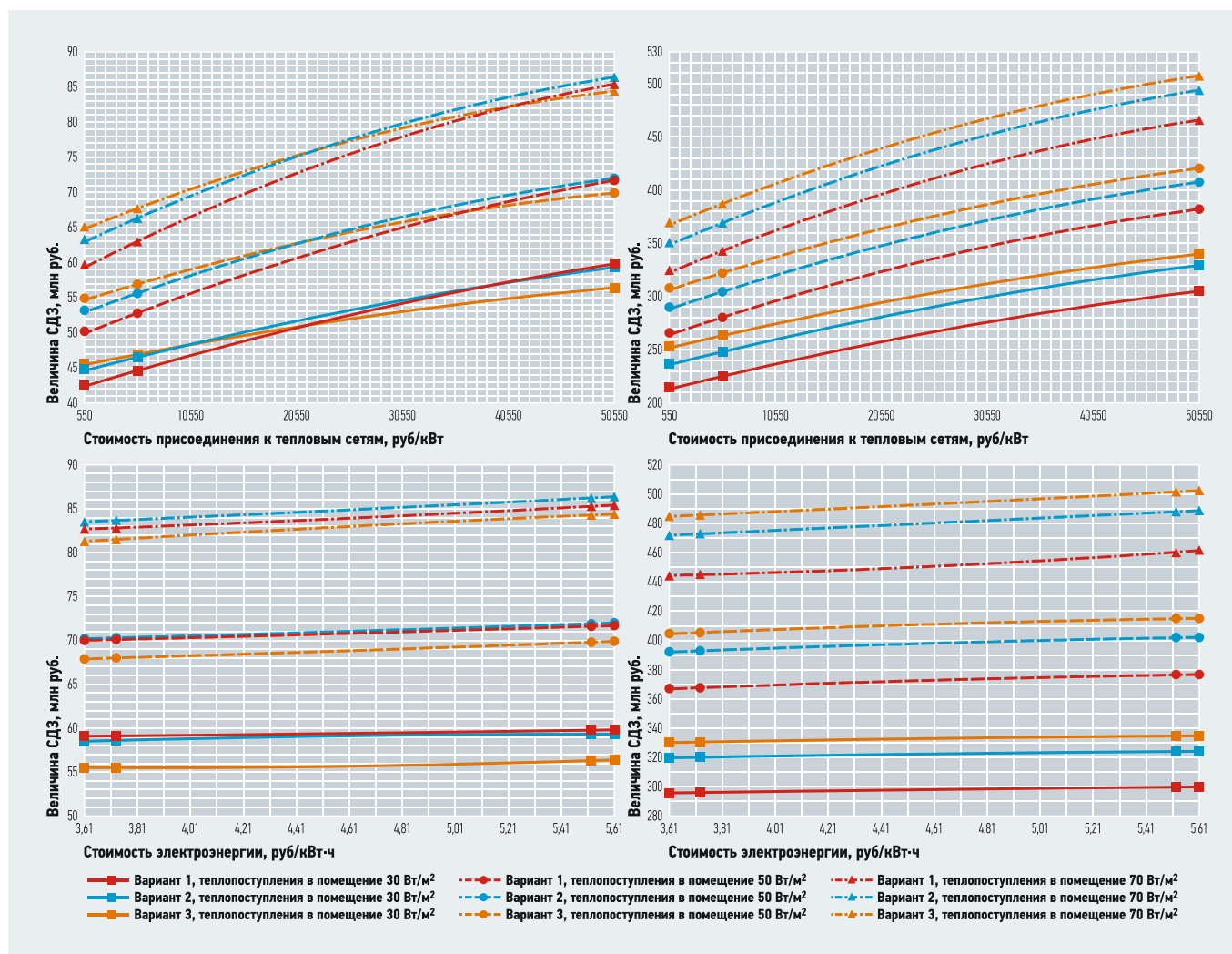


Рис. 1. Изменение значений СДЗ при норме дисконта $p = 10\%$ при различной стоимости систем

Изменение стоимости системы отопления в диапазоне 15 000–100 000 руб/кВт мощности системы вызывает увеличение СДЗ для всех вариантов сначала интенсивное, а выше 60 000 руб/кВт мощности системы отопления увеличение СДЗ затухает и растёт медленно. Для низких стоимостей системы отопления выгодным вариантом теплозащиты здания является утепление по санитарно-гигиеническим условиям, для высоких — по базовому варианту.

Изменение стоимости систем охлаждения в диапазонах, указанных выше, вызывает увеличение СДЗ для всех вариантов сначала медленное, а выше 20 500 руб. за 1 кВт мощности систем охлаждения увеличение СДЗ интенсифицируется. Для низких стоимостей систем выгодным вариантом теплозащиты здания является утепление по санитарно-гигиеническим условиям, для высоких — по базовому варианту.

Возрастание стоимости теплоты приводит к равномерному, практически линейному возрастанию СДЗ. При этом

более дешёвая теплота способствует выгоде утепления по санитарно-гигиеническим нормам, а дорогая — по базовому варианту.

Увеличение стоимости электроэнергии приводит к незначительному увеличению СДЗ.

Рост стоимости присоединения к электросетям также вызывает рост СДЗ, причём до 70 000 руб/кВт присоединяемой мощности это увеличение идёт интенсивно, а выше — замедляется.

Увеличение стоимости присоединения к тепловым сетям носит тот же характер, что и к электрическим.

Вывод

Исследование подтвердило, что здания малого объёма (три этажа и менее) целесообразно утеплять более основательно, чем здания большого объёма. Здания в 12 этажей чаще выгодно утеплять по санитарно-гигиеническим нормам. Однако для того, чтобы выделить области сочетаний стоимостей отдельных составляющих капитальных и эксплуатационных

затрат и размеров офисных зданий, при которых выгодны те или другие варианты утепления, необходимо провести дальнейшее исследование. ●

1. Григорьев К.А. Повышение энергоэффективности зданий и сооружений за счёт дестратификации // Журнал С.О.К. 2016. №6. С. 70–73.
2. Самарин О.Д., Шевченко И.С. Оценка теплотехнической однородности наружной стены при изменении толщины утеплителя // Журнал С.О.К. 2016. №3. С. 42–43.
3. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Анализ годового энергопотребления на отопление и охлаждение офисного здания // АВОК. 2017. №1. С. 18–23.
4. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: Межгосударственный стандарт. — М.: Росстандарт, 2012.
5. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуал. ред. СНиП 23–02–2003. — М.: Минрегионразвития, ФАУ «ФЦС», 2012.
6. Гагарин В.Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий // АВОК. 2009. №1. С. 10–17, №2. С. 14–23, №3. С. 62–68.
7. Фролова А.А., Савина А.В., Астанина О.В., Барбарова А.Н. Определение усреднённых стоимостных показателей системы отопления // Успехи современной науки и образования, 2016. №12. Том 5. С. 62–64.
8. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Экономическое сравнение вариантов перехода на свободное охлаждение кондиционируемых помещений // Известия вузов. Строительство. 2013, №4. С. 78–83.

Determination of economically reasonable heat-shielding of the office building with considerable heatexcesses. Pp. 88–91.

A. A. Frolova, PhD student, National Research University Moscow State University of Civil Engineering (NRU MSUCE)