



РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ОСТЕКЛЕННОСТИ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ОСТЫВАНИЕ ЗДАНИЯ ПРИ АВАРИЯХ В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: коэффициент остекленности, остывание помещения здания, безопасность, аварийное отключение теплоснабжения, коэффициент аккумуляции тепловой энергии

Г. П. Васильев, доктор техн. наук, профессор кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция» Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ), главный научный сотрудник лаборатории «Инновационные технологии энергоэффективности» Научно-исследовательского института строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (ФГБУ «НИИСФ РААСН»); **С. В. Саргсян**, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Теплогасоснабжение и вентиляция», директор НОЦ ТГВ, НИУ МГСУ; **В. А. Личман**, канд. физ.-мат. наук, начальник экспертно-методического отдела ГБУ «Мосстройразвитие», старший научный сотрудник ООО «ИЦ «ИНСОЛАР»»; **В. Ф. Горнов**, директор проектного отделения ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ», заведующий лабораторией «Инновационные технологии энергоэффективности» ФГБУ «НИИСФ РААСН»»; **А. Н. Дмитриев**, доктор техн. наук, профессор кафедры «Управление проектами и программами Капитал Групп» Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова; **М. В. Колесова**, заместитель генерального директора по устойчивому развитию ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ», старший научный сотрудник лаборатории «Инновационные технологии энергоэффективности» ФГБУ «НИИСФ РААСН»»; **В. А. Лесков**, генеральный директор ООО «ИНСОЛАР-ЭНЕРГО», старший научный сотрудник лаборатории «Инновационные технологии энергоэффективности» ФГБУ «НИИСФ РААСН»»; **А. С. Стронгин**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией ФГБУ «НИИСФ РААСН»»; **Е. В. Абрамова**, доктор техн. наук, главный научный сотрудник ФГБУ «НИИСФ РААСН»¹

¹ Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

В статье рассматривается вопрос зависимости процесса остывания здания после прекращения подачи тепла от степени остекленности, в том числе в различных климатических зонах. Целью исследования являются вопросы безопасности жителей в случае возникновения аварийных ситуаций с централизованным теплоснабжением. Угроза аварий в системах теплоснабжения касается двух третей населения страны, притом что техническое состояние тепловых сетей вызывает обеспокоенность. Исследование актуально в контексте проблем ЖКХ и современных архитектурных тенденций, направленных на увеличение остекленности зданий, и предлагает меры для повышения энергоэффективности и безопасности.

Безопасность является главным требованием, предъявляемым к строительному объекту, в особенности если речь идет о жилом доме. Но есть аспекты безопасности, на которые обычный жилец МКД повлиять никак не может. К этой категории относится, в частности, система централизованного теплоснабжения, от надежной работы которой, учитывая разнообразие климатических условий нашей страны, зачастую зависит не столько комфорт, сколько безопасность человека.

Про проблемы отечественного ЖКХ написано уже немало, и перечислять их в данной статье нет необходимости. Приведем лишь несколько официальных фактов, указанных в распоряжении Правительства РФ № 3268-р²:

- в домах с центральным отоплением проживает 67 % населения страны;
- протяженность тепловых сетей составляет около 170 тыс. км. Из этого числа нормативный срок превышен более чем у 60 %;
- по состоянию на конец 2020 года доля тепловых сетей, нуждающихся в замене, достигает 30,8 %. Учитывая, что каждый год аварийными признаются около 3 % сетей, а ремонтируется только порядка 1–2 %, на дату публикации данной статьи доля нуждающихся в замене тепловых сетей может быть еще выше;
- ежемесячно на объектах ЖКХ происходит в среднем 6 000 происшествий.

Как видно из представленных цифр, угроза безопасности, связанная с потенциальными авариями в системах теплоснабжения, напрямую касается двух третей населения страны, а учитывая техническое состояние сетей, возможность ее реализации оказывается не так уж и мала.

Рассмотрим влияние климатических условий участка строительства и степени остекленности здания, а именно

многоквартирного жилого дома, на способность последнего сохранять тепло в случаях аварийных ситуаций в сетях и на источниках теплоснабжения.

Материалы и методы

Действующие нормативы предусматривают ситуацию, когда подача тепла в дом прерывается вследствие аварии в системе центрального теплоснабжения, и содержат требования, которые в основном сводятся к недопущению снижения температуры воздуха за время устранения аварий ниже определенного минимального уровня. Таких документов несколько: постановление Правительства РФ № 354 (далее – ПП РФ № 354)³, СП 60.13330.2020⁴, СП 124.13330.2012⁵, СП 253.1325800.2016⁶, но в них данное требование сформулировано с некоторыми отличиями. В настоящей статье будем опираться на требования ПП РФ № 354, где сказано, что температура воздуха в жилых помещениях в течение 16 часов с момента прекращения подачи тепла не должна опускаться от нормативной ниже 12 °С.

Дальнейшее рассмотрение будет выполняться на примере базового дома, в качестве которого рассматривается проект конкретного МКД, построенного в Москве. Основные характеристики базового дома представлены в табл. 1, а площади и приведенные сопротивления теплопередаче основных элементов ограждающих конструкций, используемые в расчетах, – в табл. 2.

Предлагаемая теоретическая модель процесса остывания основана на принципах, изложенных в [1, 2]. Внутренняя температура принята в соответствии с ГОСТ 30494–2011⁷. При этом в расчетах учитываются:

- трансмиссионные теплотери (СП 253.1325800.2016, СП 131.13330.2020⁸, СП 50.13330.2024⁹ и СП 230.1325800.2015¹⁰);

Таблица 1 Основные характеристики базового дома

Этажность	Площадь, м ²			Отапливаемый объем V _{от} , м ³	Заселенность, м ² /чел.	Высота этажа (от пола до пола) h, м
	отапливаемая A _{от}	квартир A _{кв}	жилая A _ж			
31	46 505	32 370	22 180	151 296	20	3

² Распоряжение Правительства РФ от 31 октября 2022 года № 3268-р «Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года».

³ Постановление Правительства РФ от 6 мая 2011 года № 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов».

⁴ СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

⁵ СП 124.13330.2012 «Тепловые сети».

⁶ СП 253.1325800.2016 «Инженерные системы высотных зданий».

⁷ ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

⁸ СП 131.13330.2020 «Строительная климатология».

⁹ СП 50.13330.2024 «Тепловая защита зданий».

¹⁰ СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей».

Таблица 2 Площади и приведенные сопротивления теплопередаче основных элементов ограждающих конструкций базового дома

Наименование наружной ограждающей конструкции	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_{пр}$, м ² ·К/Вт	Площадь A , м ²
Стена тип 1, железобетон + минвата, вентфасад	2,99	334
Стена тип 2, железобетон +штукатурка	2,99	495
Стена тип 3, газобетон + минвата, вентфасад	2,99	2 247
Стена тип 4, газобетон + минвата, штукатурка	2,99	621
Окна	0,66	19 339
Перекрытие	3,94	1 576
Покрытие	4,46	1 576
Двери	0,81	21

- инфильтрация (ГОСТ 31167–2009¹¹);
- бытовые теплопоступления [3];
- наличие внутренних перекрытий и перегородок (ISO 13790:2008¹²), мебели, внутренней отделки и предметов в помещениях.

Анализ полученных результатов

Влияние степени остекления

Результаты оценки влияния степени остекления f на температуру внутри помещения при отключении отопления в период действия расчетной температуры наружного воздуха для условий Москвы приведены в табл. 3.

Температура воздуха в помещениях при $f = 0,19$ за 16 часов опускается до 13,2 °С, что соответствует требованиям ПП РФ № 354. Однако при увеличении коэффициента остекленности более $f = 0,25$ она становится ниже требуемого значения (12 °С). При $f = 0,84$ за 16 ч температура воздуха опускается до 5,5 °С.

Требуемое значение удельной теплозащитной характеристики для Москвы составляет $k_{ог}^{тр} = 0,155$ Вт/(м³·°С). Из данных табл. 3 следует, что при принятых конструктивных и теплотех-

нических характеристиках можно строить МКД с коэффициентом остекленности не выше $f \approx 0,55$. Увеличение коэффициента остекленности потребует улучшения теплозащитных качеств ограждающих конструкций, в первую очередь светопрозрачных.

Критерий безопасности по минимально допустимой температуре остывания при аварии теплосети оказывается более жестким, чем требование по удельной теплозащитной характеристике. Для выполнения этого критерия нужно не только улучшать теплозащитные качества ограждений, но и увеличивать теплоаккумулирующие свойства здания. А вот рост степени остекленности только усложняет выполнение данного критерия.

Влияние климата

Чтобы выяснить, как влияет климат на выполнение рассматриваемого критерия, гипотетически поместим базовый МКД в другие города России, расположенные в разных климатических зонах. Климатологические параметры, используемые в расчетах, определяются по СП 131.13330.2020 для соответствующего города, а значения приведенных сопротивлений теплопередаче наружных ограждений принимаются равными значениям, требуемым по СП 50.13330.2024 для каждого типа ограждений.

Значения температуры воздуха в помещениях спустя регламентированные 16 ч после прекращения подачи тепла приведены в табл. 4. Температура наружного воздуха в течение всего рассматриваемого периода соответствует расчетной согласно СП 60.13330.2020 и СП 131.13330.2020. Из табл. 4 видно, что спустя 16 ч после отключения отопления температура внутреннего воздуха изменяется весьма значительно в зависимости от степени остекленности как для городов, расположенных в теплом климате (Сочи, Краснодар), так и для городов, находящихся в умеренном (Москва) и холодном (Красноярск, Воркута) климате.

Требуемое значение внутренней температуры не обеспечивается в подавляющем большинстве случаев, причем для высокой степени остекленности ($f = 0,84$) данный критерий не выполняется ни для одного из рассмотренных городов. Аналогично данный критерий не выполняется ни при одном из рассмотренных вариантов остекленности для городов, расположенных в холодном климате (Красноярск, Воркута).



¹¹ ГОСТ 31167–2009 «Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях».

¹² ISO 13790:2008 «Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling».

Таблица 3 Зависимость некоторых расчетных параметров от коэффициента остекленности базового МКД, расположенного в Москве

Степень остекления f	Коэффициент аккумуляции тепловой энергии β , ч	Температура воздуха спустя 16 ч, °С	Удельная теплозащитная характеристика $k_{об}$, Вт/(м ³ ·°С)
0,19	100,2	13,2	0,088
0,25	89,4	12,5	0,100
0,32	80,5	11,7	0,112
0,38	73,0	10,9	0,124
0,45	66,7	10,2	0,135
0,51	61,2	9,4	0,147
0,58	56,5	8,6	0,159
0,64	52,3	7,9	0,171
0,71	48,6	6,1	0,183
0,77	45,3	6,3	0,194
0,84	42,4	5,5	0,206

Таблица 4 Температура внутреннего воздуха в базовом МКД, расположенном в городах с разным значением ГСОП

Город	ГСОП, °С·сут./год	Температура внутреннего воздуха в базовом МКД спустя 16 ч после отключения отопления, °С		
		$f = 0,25$	$f = 0,51$	$f = 0,84$
Сочи	1 246	15,6	13,9	11,8
Краснодар	2 526	13,3	10,6	7,2
Москва	4 529	12,5	9,4	3,3
Красноярск	6 224	11,1	7,5	2,8
Воркута	8 791	11,5	7,7	2,7

Конечно, на примере рассмотренного базового МКД, являющегося в значительной степени гипотетическим, нельзя делать далекоидущих выводов о том, что нормативные требования по обеспечению жизнестойкости многоквартирных домов при аварии на тепловых сетях в большинстве случаев не выполняются. Однако полученные результаты вызывают как минимум озабоченность. Авторы не располагают информацией о том, производится ли проверка по данному критерию в ходе экспертизы проектной документации, но полагают, что осуществление такой проверки было бы весьма полезным.

Выводы и рекомендации

Степень остекленности существенным образом влияет на способность здания аккумулировать и сохранять тепло. Выполненные расчеты продемонстрировали, что при увеличении коэффициента остекленности с 0,19 до 0,84 коэффициент аккумуляции тепловой энергии в здании уменьшается почти в два с половиной раза: с 100,2 до 42,4 ч.

Требования безопасности при аварии на системах теплоснабжения, установленные ПП РФ № 354, для рассмотренных условий выполняются только при остекленности $f = 0,19$ и 0,25. При больших значениях остекленности требования ПП РФ № 354 не обеспечиваются.

Расчеты, выполненные для 5 городов, находящихся в разных климатических условиях, показали, что требуемое значение внутренней температуры для высокой степени остекленности ($f = 0,84$) при выбранных конструктивных решениях рассматриваемого дома не выдерживается ни для

одного из рассмотренных городов. Для городов, расположенных в холодном климате (Красноярск, Воркута), данное требование не выполняется во всех рассмотренных вариантах остекленности.

По результатам исследования может быть рекомендовано проведение на стадии проектных работ расчетной проверки соответствия принятых объемно-планировочных, конструктивных и теплотехнических решений здания требованиям безопасности, установленным ПП РФ № 354.

Данная тема представляется крайне важной, особенно учитывая тревожное состояние коммунальной инфраструктуры во многих российских регионах и тенденции в современной архитектуре, направленные на повышение степени остекленности фасадов как общественных, так и жилых зданий в любых климатических зонах.

Литература

1. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. М.: МЭИ, 2001.
2. Богословский В. Н., Сканави А. Н. Отопление. М.: Стройиздат, 1991.
3. Проведение комплексных исследований, оценка фактической величины бытовых тепловыделений для квартир в многоквартирных домах, построенных в 2016–2017 гг., при различных вариантах заселения и определение научно-обоснованных требований к нормативному удельному потреблению тепловой энергии многоквартирными домами, планируемыми к строительству по программе реновации пятиэтажного жилищного фонда города Москвы. УДК 620.9:662.6. М., 2019. ■