

УДК 699.86

О.И. МАТВЕЕВА, канд. техн. наук, Л.С. САВВИНОВ, инженер (lubomir.05@mail.ru),
ОАО «Якутский государственный проектный, научно-исследовательский институт
строительства» (г. Якутск)

Опыт эксплуатации энергоэффективных окон жилых и общественных зданий в климатических условиях Якутии

Выполнен анализ экспертных оценок качества энергоэффективных окон, установленных в различных зданиях; определены наиболее распространенные дефекты оконных блоков и монтажных швов; рассмотрены результаты расчета энергоэффективности жилого дома с различными типами окон; определено влияние качества окон на снижение энергопотребления жилого дома за отопительный период. Дана оценка окупаемости применения дорогих светопрозрачных конструкций. Показана необходимость повышения качества узлов при закрытия оконных блоков к стенам и повышения теплотехнической однородности стен с оконными проемами.

Ключевые слова: тепловая защита, окна, монтажные швы, энергоэффективность, дефекты, окупаемость.

С введением в 1996-98 гг. новых нормативных требований по теплозащите зданий (изменения № 3 и № 4 к СНиП II-3-1998) перед проектировщиками и строителями Якутии были поставлены сложные задачи по одновременному обеспечению комфортных условий в жилых и общественных зданиях и сокращению энергоресурсов на их отопление. Якутия является одним из самых крупных субъектов Российской Федерации с площадью территории 3,103 тыс. км², 40% которой находятся за полярным кругом и где на 95% площади распространены многолетнемерзлые грунты. Климат Якутии относится к резко-континентальному со значительной амплитудой годового температурного перепада. Например, в Якутске абсолютная максимальная температура в июле зафиксирована на отметке +38,4°C, абсолютная минимальная температура –64,4°C, продолжительность зимнего периода (при $t_{\text{ср.с}} < 8^\circ\text{C}$) здесь составляет 256 сут; (при $t_{\text{ср.с}} < 0^\circ\text{C}$) – 216 сут. В указанных климатических условиях обеспечение нормативных показателей микроклимата в жилых домах и общественных зданиях требуют значительных затрат на теплозащиту зданий и больших затрат тепловой энергии на их отопление. Практически с 1998 г. в Якутии начали активно внедряться материалы, стеновые конструкции, фасадные системы и светопрозрачные

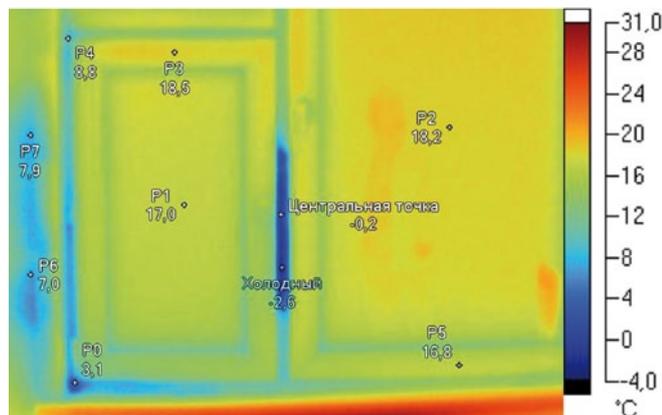
конструкции, снижающие энергопотребление в годовом режиме до 40%. Анализ результатов применения новых технических решений интересен с точки зрения обоснованности нормативных требований к теплозащитным характеристикам ограждающих конструкций и к удельным расходам тепловой энергии зданий, возводимых в суровых условиях, и полезен для совершенствования норм проектирования и строительства для районов Крайнего Севера.

Мировой опыт показывает, что история энергосбережения начинается с 70-х гг. прошлого столетия и продолжает развиваться по настоящее время [1]. За этот период произошли значительные преобразования в проектировании и строительстве зданий: внедрены в крупных масштабах новые материалы, конструкции, технологии, принимаются законодательные акты, стимулирующие экономию энергии. Рассматривая здание как объект потребления тепловой энергии, применяются методы оценки их эффективности с точки зрения энергопотребления в целом и отдельных элементов здания. Оценка доли каждого вида ограждающей конструкции здания в общем объеме потерь тепловой энергии указывает на то, что потери тепла через светопрозрачные конструкции могут достигать 30–40%. Поэтому к качеству этих конструкций наряду со стенами, цокольным и чердачным перекры-

Таблица 1

Повторяемость дефектов светопрозрачных конструкций в жилых и общественных зданиях
(по результатам экспертных оценок за 2003–2012 гг.)

Общее число экспертных проверок	Число несоответствий требованиям НД		Повторяемость дефектов, число (% от общего числа обследований)					
	конструктивных	монтажных	оконных блоков			монтажных швов		
			$t_n < T_p$ на профиле	отклонение от геометрических размеров	$t_n < 3^\circ\text{C}$ на стекле	Повреждение поверхности откосов (плесень, отслоение штукатурного слоя, краски)	Образование льда в швах $t < 0^\circ\text{C}$	$t < T_p$ на откосах и швах
71	52 (73%)	64 (90%)	21(29,6)	28(39,4)	11(15,5)	52(73,2)	41(57,8)	71 (100%)



Время изображения03.04.2012 9:57:31
 Формула стеклопакета.....4М-14-4М-14-4М
 Материал и марка профиляПВХ, Rehau-sib, 4 камерный
 Приведенное сопротивление теплопередаче оконного блока0,6 м²·°С/Вт
 Температура наружного воздуха-15°С
 Температура внутри помещения+22,3, °С

Рис. 1. Результаты тепловизионной съемки окна при обследовании объекта I (жилой дом монолитно-каркасный), год замены окон – 2011 г.: Изображение в инфракрасном свете.

Дефекты, обнаруженные при обследовании:

1. Инфильтрация холодного воздуха через неплотное примыкание створки.
2. То же, в узлах примыкания оконного блока к стене.
3. Наименьшая температура (-2,6°С) отмечается на поверхности профиля в местах неплотного примыкания притворов створок.
4. Локальные участки с температурой ниже точки росы на поверхности коробки оконного блока вследствие некачественной теплоизоляции монтажных швов узлов примыкания оконных блоков к стенам.

Таблица 2

Фактическая температура на поверхности оконного блока и узлов примыкания к стенам

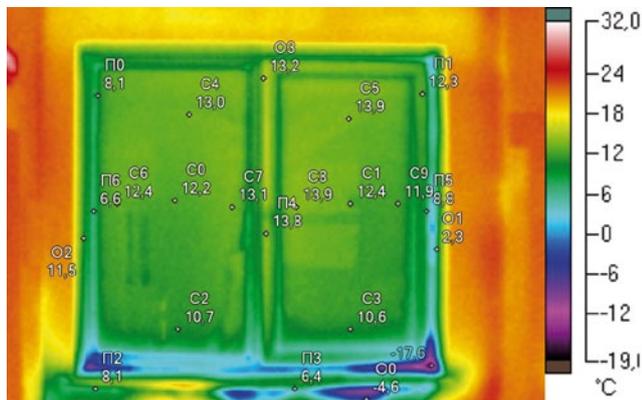
Номер точки измерения	Место расположения точки	Температура, °С	Нормативные требования	Оценка соответствия нормативному требованию, причина несоответствия
Центральная точка	Непрозрачная часть оконного блока, притвор профиля	-0,2	Не ниже точки росы $t_p = 10,7^\circ\text{C}$ (п.5.2.3 СП 23-101–2004)	Не соответствует, неплотное примыкание притвора
Холодный	Непрозрачная часть оконного блока, притвор профиля	-2,6		Не соответствует, то же
P0	Монтажный шов	3,1		Не соответствует, некачественное исполнение монтажного шва
P1	Светопрозрачная часть оконного блока, центр стеклопакета (левая створка)	17	Не ниже 3°С (СНиП 23-02–2003, п. 5.10)	Соответствует
P2	То же, центр стеклопакета (правая створка)	18,2		Соответствует
P3	Непрозрачная часть оконного блока, профиль	18,5		Соответствует
P4	Монтажный шов	8,8	Не ниже точки росы $t_p = 10,7^\circ\text{C}$ (п.5.2.3 СП 23-101–2004)	Не соответствует, недостаточная теплоизоляция шва
P5	Непрозрачная часть оконного блока, профиль	16,8		Соответствует
P6	Откос	7		Не соответствует, недостаточная теплоизоляция шва
P7	Откос	7,9		Не соответствует, то же

тиями уделяется значительное внимание. Ученые НИИСФ РААСН [2] считают, что поэтапное повышение требований может привести к усложнению ограждающих конструкций, снижению их долговечности и повышению стоимости конструкций, в суровых климатических условиях это может стать экономически нецелесообразным.

Рассматривая историю развития светопрозрачных конструкций в Якутии, можно отметить, что в период начала массовой застройки города Якутска каменными домами (1950–60-е гг.), окна в жилых и общественных зданиях выполнялись из отдельных одинарных рам в одной коробке шириной до 40–50 см. Позднее с введением в действие заводов крупнопанельного домостроения (1971, 1987 гг.) стали применяться раздельно спаренные окна размером 1,5×1,5 м с тремя листовыми стеклами в одной деревянной коробке шириной 138–146 см (ГОСТ 16289–86). Основными недостатками перечисленных окон по сравнению с современными окнами со стеклопакетами являлись низкое значение приведенного сопротивления теплопередаче и высокая воздухопроницаемость. Согласно требованиям СНиП II-3-79* приведенное сопротивление теплопередаче окон для жилых и общественных зданий в Якутске должно быть не менее 0,55 м²·°С/Вт. Фактическое значение R_{0}^{np} окон, использованных в массовом строительстве, составляло 0,35–0,36 м²·°С/Вт, прежде всего из-за низкого качества

деревянных рамных элементов окон, отсутствия материалов, снижающих воздухопроницаемость: герметиков, уплотнители и т. д. Эксплуатация таких окон требовала затрат на проведение ежегодной подготовки их к зиме. По сравнению со старыми окнами, конечно же, современные окна со стеклопакетами имеют значительные преимущества как по техническим показателям, так и по эксплуатационным.

В Якутске производство окон со стеклопакетами начато в 1996 г. на Табагинском лесокombинате, где была смонтирована немецкая технологическая линия (фирма WEINING) по выпуску деревянных оконных блоков с двухкамерными стеклопакетами. Ширина деревянных профилей коробки и рамных элементов составляла 68 мм, использовались стеклопакеты 4М1-6-4М1-6-4М1. В конце 1990-х гг. и в начале этого века в Якутске было создано достаточно много предприятий по выпуску оконных блоков из поливинилхлоридных профилей с двухкамерными стеклопакетами. В основном использовались технологические линии по выпуску оконных блоков из профилей немецких фирм Rehau, Gealan, Tissen, KBE, Veka. Позднее на некоторых предприятиях стали применять профили отечественного производства «Фаворит», PlusTec, Montblanc. Приведенное сопротивление теплопередаче большинства выпускаемых на этих предприятиях светопрозрачных конструкций составляет 0,62–0,64 м²·°С/Вт.



Дата обследования 16.03.2012 г.
Температура наружного воздуха, °С -31
Температура внутреннего воздуха, °С 22
Этаж 1
Помещение Коридор
Объект тепловизионного обследования окно, по оси 1 в осях Б-В
Модульный размер окна 16,5-18
Формула стеклопакета 4М1-14-4М1-14-4М1
Материал и марка профиля ПВХ, LGHausysL-700 4-камерный
Приведенное сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт 0,62

Рис. 2. Результаты тепловизионной съемки окна при обследовании объекта 2 (административное здание), год ввода 2010-й: изображение в инфракрасном свете.

Дефекты, обнаруженные при обследовании:

1. Инфильтрация холодного воздуха через неплотное примыкание створки.
2. То же, в узлах примыкания стены.
3. Наименьшая температура (-17,6°С) отмечается на поверхности монтажного шва.
4. Локальные участки с температурой ниже точки росы на поверхности коробки оконного блока вследствие некачественной теплоизоляции монтажных швов узлов примыкания оконных блоков к стенам.
5. Инфильтрация холодного воздуха под подоконной доской вследствие некачественной теплоизоляции монтажных швов.

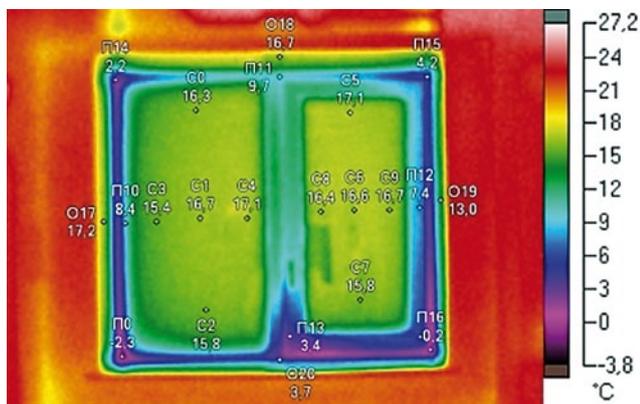
Таблица 3

Фактическая температура на поверхности оконного блока и узлов примыкания к стенам

Элемент оконного блока	Точки	Минимальная требуемая температура на поверхности $t_{n,req}$, °С	Фактическая температура на поверхности t_p , °С	Оценка соответствия СНиП 23-02-2003, п. 5.10
Светопрозрачная часть оконного блока	С0	Не ниже 3 (СНиП 23-02-2003, п. 5.10)	12,2	Соответствует
	С1		12,4	Соответствует
	С2		10,7	Соответствует
	С3		10,6	Соответствует
	С6		12,4	Соответствует
	С7		13,1	Соответствует
	С8		13,9	Соответствует
	С9		11,9	Соответствует
	С4		13	Соответствует
	С5		13,9	Соответствует
Непрозрачная часть оконного блока	П0	Не ниже точки росы $t_r=10,7$ (п. 5.2.3 СП 23-101-2004)	8,1	Не соответствует
	П1		12,3	Соответствует
	П2		8,1	Не соответствует
	П3		6,4	Не соответствует
	П4		13,8	Не соответствует
	П5		8,8	Не соответствует
	П6		6,6	Не соответствует
	П7		-17,6	Не соответствует
Откосы	О0		-4,6	Не соответствует
	О1		2,3	Не соответствует
	О2		11,5	Соответствует
	О3		13,2	Соответствует

В 1998 г. в СНиП II-3-79* введено изменение № 4 (от 19.01.98 г. постановление Госстроя РФ № 18-8) в части повышения требований к сопротивлению теплопередачи ограждающих конструкций, в том числе и светопрозрачных ограждающих конструкций. Согласно новым требованиям для района Якутска $R_{0,пр}$ окон должно назначаться не ниже 0,7 м²·°С/Вт. Это требование действует до настоящего времени и сохраняется в актуализированной версии СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» (СП 50.13330.2012). Для обеспечения такого показателя окон при их изготовлении должны применяться специальные стекла с энергоотражающим эффектом (к-стекло, i-стекло); широкие профили: деревянные не менее 96 мм,

поливинилхлоридные с числом камер не менее 4-х, с термовкладышами, терморазрывами; стеклопакеты с широкими распорными рамками (12–16 мм) и заполнением межстеклольного пространства инертным газом (аргон, криптон) [3–10]. Если в условиях налаженной транспортной схемы доставка перечисленных материалов до места производства окон не представляет технических и экономических сложностей, то для условий Якутии транспортная составляющая в стоимости материалов и комплектующих изделий достигает значительных значений (150–200% к отпускной стоимости). Транспортные потоки прерываются сезонным навигационным периодом и зимником на автомобильных дорогах. В таких эконо-



Дата обследования 12.03.2012 г.
Температура наружного воздуха, °С -21
Температура внутреннего воздуха, °С 24
Этаж 2
Помещение коридор
Объект тепловизионного обследования окно, по оси 1 в осях Б-В
Модульный размер окна 16,5–18
Формула стеклопакета И6-15Ar-4M1-15Ar-4M1
Материал и марка профиля алюминий, LG Hausys
Приведенное сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт 0,71

Рис. 3. Результаты тепловизионной съемки окна при обследовании объекта 2 (административное здание), год ввода 2010-й.: изображение в инфракрасном свете.

Дефекты, обнаруженные при обследовании:

1. Инфильтрация холодного воздуха через неплотное примыкание створки.
2. То же, в узлах примыкания оконного блока к стене.
3. Наименьшая температура (-2,3°С) отмечается на непрозрачном элементе окна, на профиле.

Таблица 4

Фактическая температура на поверхности оконного блока и узлов примыкания к стенам

Элемент окна	Точки	Минимальная требуемая температура на поверхности t_{n}^{req} , °С	Фактическая температура на поверхности $T_{в}$, °С	Оценка соответствия СНиП 23-02-2003, п. 5.10
Светопрозрачная часть оконного блока	C0	Не ниже 3 (СНиП 23-02-2003, п. 5.10)	16,3	Соответствует
	C1		16,7	Соответствует
	C2		15,8	Соответствует
	C3		15,4	Соответствует
	C4		17,1	Соответствует
	C5		17,1	Соответствует
	C6		16,6	Соответствует
	C7		15,8	Соответствует
	C8		16,4	Соответствует
	C9		16,7	Соответствует
Непрозрачная часть оконного блока	П0	Не ниже точки росы $t_{р}=10,7$ (п. 5.2.3 СП 23-101-2004)	-2,3	Не соответствует
	П10		8,4	Не соответствует
	П12		7,4	Не соответствует
	П11		9,7	Не соответствует
	П13		3,4	Не соответствует
	П14		2,2	Не соответствует
	П15		4,2	Не соответствует
	П16		-0,2	Не соответствует
Откосы	O17		17,2	Соответствует
	O18		16,7	Соответствует
	O19		13	Соответствует
	O20		3,7	Не соответствует

мических условиях дальнейшее повышение требований к теплозащитным характеристикам конструкций ведет к их удорожанию. В этой связи в настоящей работе дается оценка экономической целесообразности повышения теплозащитных свойств окон с R_{np}^0 от 0,61 до 0,71 м²·°С/Вт.

При этом решались следующие задачи:

- анализ результатов оценки качества окон на различных объектах, определение характерных дефектов и несоответствий нормативным требованиям;
- выполнение расчетов энергоэффективности зданий с различными конструкциями окон, оценка изменения тепловых потерь здания при использовании окон с R_{np}^0 от 0,61 до 0,71 м²·°С/Вт;
- оценка окупаемости единовременных затрат при применении окон с повышенными теплозащитными свойствами;

– предложение по оптимальному значению показателя R_{np}^0 окон для жилых и общественных зданий для северных районов.

Якутский государственный проектный научно-исследовательский институт строительства с начала использования современных оконных блоков одинарной конструкции со стеклопакетами приступил к изучению эффективности их эксплуатации и к разработке предложений по назначению оптимальных параметров конструкции. В первые годы освоения технологии производства новых окон при строительстве зданий во многих случаях качество окон и монтажа не обеспечивалось. Институтом постоянно выполняются работы по оценке качества окон, установленных в жилых и общественных зданиях. Комплекс испытаний, выполняемых на объектах, состоит из проведения тепло-

Таблица 5

Теплотехнические и экономические характеристики светопрозрачных конструкций,
выпускаемых местными предприятиями Якутска

Предприятие изготовитель	Характеристика окна (марка окна)	Приведенное сопротивление теплопередаче окна (в т. ч. по светопрозрачной части окна), м ² ·°С/Вт	Стоимость 1 м ² окна, р.*	Стоимость светопрозрачных ограждений дома представителя, тыс. р.**
ООО ПСК «Стройплощадка»	1. Двухстворчатый оконный блок с одной поворотной-откидной створкой; профиль Rehau, 5-камерный. Стеклопакет СПД 4M ₁ -14-4M ₁ -14-4M ₁	0,61 (0,49)	5990	4493,4
	2. Двухстворчатый оконный блок с одной поворотной-откидной створкой; профиль «Rehau», 5-камерный. Стеклопакет СПД 4M ₁ -14Ag-4M ₁ -14Ag-4K	0,7 (0,53)	7787	5841,4
ООО «Тиссен-Пласт»	3. Двухстворчатый оконный блок с одной поворотной-откидной створкой; профиль «КВЕ», 5-камерный. Стеклопакет СПД 4M ₁ -14-4M ₁ -14-4M ₁	0,61 (0,42)	5468,38	4102,1
	4. Двухстворчатый оконный блок с одной поворотной-откидной створкой; профиль «КВЕ», 5-камерный. Стеклопакет СПД 4M ₁ -14Ag-4M ₁ -14Ag-4K	0,71 (0,54)	7108,9	5332,7

* Стоимость 1 м² окна принята за I квартал 2013 г.
** В качестве дома-представителя принят жилой дом серии 112, построенный в 2005 г. в жилом комплексе ДСК: г. Якутск; 7-этажный, 81-квартирный со следующими теплотехническими показателями ограждающих конструкций: R_w=4,94 м²·°С/Вт; R_c=7,53 м²·°С/Вт; R_f=8,79 м²·°С/Вт.

Таблица 6

Технико-экономические показатели применения в жилом доме энергоэффективных окон

Наименование показателя	№ окна по табл. 5		
	3	4	2
Удельный расход теплотеплоэнергии q _n ^{des} , кДж/(м ² ·°С·сут),	77,9	75	74,7
Общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период Q _n , Гкал/%	<u>1270,8</u> 100	<u>1231,7</u> 97,6	<u>1227,2</u> 96,8
Стоимость теплотеплоэнергии на отопление здания за отопительный период, тыс. р./год (1 Гкал=1137,63 р.)*	1445,7	1401,2	1396,1
Снижение расхода на теплотеплоэнергию, Гкал/%	-	<u>-39,1</u> -2,3	<u>-43,6</u> -3,2
Сокращение стоимости на теплотеплоэнергию, тыс. р.	-	<u>-44,5</u> -3,1	<u>-49,6</u> -3,4
Стоимость светопрозрачных конструкций по объекту, тыс. р./%	<u>4102,1</u> 100	<u>5332,7</u> 129,9	<u>5841,4</u> 142,4
Удорожание на объекте, тыс. р.	-	1230,6	1739,3
Ориентировочный срок окупаемости применения энергоэффективных окон, лет	-	27,6	35,1

* Тариф: приказ ГКЦ-РЭК РС (Я) от 05.04.2012 г. № 60 «Об установлении уровня платы граждан за услуги отопления, водоснабжения и водоотведения на территории городского округа «Город Якутск» Республики Саха (Якутия)».
Норматив: постановление Правительства Республики Саха (Якутия) от 28.07.2011 № 332 «Об утверждении нормативов потребления тепловой энергии, воды и теплоносителя населением».

визуального обследования, измерений температуры на поверхности всех элементов окна (стеклопакетов, профилей, монтажных швов, откосов), измерений геометрических параметров оконных блоков и монтажных швов, определения их состава. Уже по опыту первых лет накопился большой объем экспериментальных данных практического использования современных окон в строительстве, на основе которого был разработан альбом «Детали примыкания блоков окон и балконных дверей жилых и общественных зданий» ЯПНИИС, 1998 г. В альбоме даны наиболее оптимальные конструкции узлов примыкания оконных блоков к стенам различных конструкций: к сборным железобетонным панелям, каменным стенам с внешним теплоизоляционным слоем. В качестве обязательных конструктивных элемен-

тов окон было предложено предусматривать образование в стенах четверти, устройство широких монтажных швов или применения деревянных фальшкоробок с шириной не менее 138 мм, обеспечивающих сопротивление теплопередаче монтажного шва не ниже 2 м²·°С/Вт.

Результаты многочисленных испытаний и экспертных проверок качества окон и монтажных швов показывают, что, как правило, в крупнопанельных зданиях требования к устройству монтажных швов обеспечиваются, а в каркасно-монолитных домах со стенами из бетонных стеновых камней с внешней теплоизоляцией, но с оконным проемом без образования четверти теплозащитные свойства монтажных швов в большинстве случаев не обеспечиваются. В табл. 1 приведены характерные дефекты, обнаруженные при обследова-

нии окон в различных зданиях. Из полученных показателей следует, что к наиболее распространенным несоответствиям монтажных швов относится пониженная температура на откосах и поверхности швов, способствующая образованию на поверхности откосов конденсата, льда, плесени, отслоение отделочных слоев (краска, штукатурный раствор). Температура на прозрачной части оконных блоков независимо от конструкции стеклопакета и его теплотехнических показателей достаточно высока, а наиболее холодными участками являются поверхности монтажных швов и откосов, а также профилей в местах неплотного их применения (рис. 1–3; табл. 2–4). Здесь зачастую наблюдается температура не только ниже температуры точки росы, но и отрицательная температура.

Оценка качества монтажных швов окон в жилых крупнопанельных домах серии 112, установленных в оконные проемы с четвертью, показала лучшее распределение температуры на поверхности швов и откосов. Как показывают результаты обследования в зданиях 112-й серии, основным дефектом являются образование конденсата на поверхности стеклопакетов, обусловленное повышенной влажностью воздуха из-за недостаточной вентиляции помещений жилых домов этой серии. Как правило, такая картина дефектов наблюдается в жилых домах с этажностью более 5 этажей.

Для климатических условий Якутска СНиП 23-02 предписывает применять при строительстве жилых и общественных зданий светопрозрачные конструкции со значением приведенного сопротивления теплопередаче не менее $0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Обеспечение такого значения $R_{\text{пр}}^0$ возможно при использовании энергоэффективных стекол, эффективных профилей, заполнении межстекольных камер инертным газом. Практически все местные крупные предприятия по производству окон имеют необходимое технологическое оборудование и материалы для изготовления таких окон. Стоимость окон с теплоотражающим стеклом, с заполнением межстекольных камер инертным газом существенно выше стоимости окна такой же конструкции, но с обычным стеклом и воздушным заполнением камер стеклопакетов. Повышение стоимости 1 м^2 окна составляет 522–2318 р., или 10–42%, а в целом по объекту, например для жилого дома серии 112 (7 этажей, 81 квартиры в жилом комплексе ДСК г. Якутска), может достигать от 391 до 1739,3 тыс. р. (табл. 5). В такой ситуации возникает вопрос надо ли еще повышать теплозащиту окон. Окупятся ли затраты на дорогие окна при эксплуатации здания?

Для оценки экономической окупаемости применения дорогих окон были выполнены расчеты энергоэффективности жилого дома с оконными блоками различной конструкции, приведенное сопротивление теплопередаче которых изменялось от 0,61 до $0,717 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Расчеты выполнены по СНиП 23-02–2003, СП 23-101–2004.

Результаты расчета показали, что при прочих равных условиях удельный расход тепловой энергии в зданиях с окнами 0,61 до $0,717 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ отличается несущественно (табл. 6). Общие теплотери здания за отопительный период при использовании энергоэффективных окон могут снизиться соответственно на 39,1–43,6 Гкал, что в стоимостном выражении составляет 44,5–49,6 тыс. р. в год. Удорожание объекта только за счет энергоэффективных окон ($R_{\text{пр}}^0 > 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$) достигает 1,23–1,74 млн р. Несложно определить, что применение энергоэффективных окон при сравнительно низкой экономии тепловой энергии за отопительный период окупится через значительный период эксплуатации

объекта через 27–35 лет (табл. 6). Из приведенных выше результатов расчетов следует, что использование дорогих энергоэффективных окон не во всех случаях может быть оправданно экономически. Опыт экспертных оценок качества окон в зданиях, возведенных в Якутске, показывает, что оконные блоки со стеклопакетами из обычного стекла обеспечивают одно из обязательных требований: температура на поверхности стеклопакета во всех случаях выше минимально допустимой ($> 3^\circ\text{C}$). Для обеспечения требуемой теплозащиты окон следует больше внимания уделять повышению теплозащитных свойств монтажных швов узлов примыкания оконных блоков к стенам, т. е. повысить тепло-техническую однородность ограждающей конструкции [2].

Выводы

1. Выполненный анализ применения энергоэффективных окон показал, что при строительстве жилых и общественных зданий в климатических условиях Якутии возможно применение окон с приведенным сопротивлением теплопередаче $0,62\text{--}0,64 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ при обеспечении энергоэффективности здания за счет теплозащитных свойств стен, цокольного и чердачного перекрытий, а также улучшения герметизации (воздухопроницаемости) оболочки здания и улучшения работы вентиляционной системы.

2. Опыт эксплуатации современных окон в климатических и экономических условиях Якутска указывает, что требования СНиП 23-02 к теплозащитным характеристикам светопрозрачных ограждений экономически не оправдываются из-за высокой стоимости специальных материалов.

Список литературы:

1. Шубин И.Л. Законодательство по энергосбережению в США, Европе и России. Пути решения // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2012. № 2. С. 14–18.
2. Шубин И.Л., Умнякова Н.П. Нормативные документы по энерго-сбережению и строительной акустике, разработанные в НИИСФ РААСН // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2012. № 12. С. 7–13.
3. Воробьев Г.А. Надо ли еще повышать теплозащиту окон? // Промышленное и гражданское строительство. 2008. № 12. С. 10–12.
4. Ляшенко А.В., Бакшуров В.С. Эффективный способ увеличения тепло-, шумоизоляции и деформационной стойкости ПВХ-окон // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 3. С. 55–56.
5. Спиридонов А.В. Энергосберегающее стекло – основной элемент современных зданий // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2012. № 2. С. 19–21.
6. Миков В.Л., Куренкова А.Ю. О долговечности окон // Светопрозрачные конструкции. 2008. № 2, 4. 2009. № 1–2. С. 31–36.
7. Могутов В.А. Новые принципы теплотехнических расчетов светопрозрачных конструкций // Светопрозрачные конструкции. 2009. № 1–2. С. 40–43.
8. Шведов Н.В. Перспектива применения окон различных конструкций в климатических условиях Российской Федерации // Светопрозрачные конструкции. 1999. № 1–2. С. 4–9.
9. Шведов Н.В. Десять лет спустя // Светопрозрачные конструкции. 2009. № 1–2. С. 22–23.
10. Миков В.Л. Замена оконных блоков и проблема вентиляции // Светопрозрачные конструкции. 2010. № 1–2. С. 33–37.