

Сравнение нагрузок на отопление жилых, общественных и производственных зданий

Рецензия эксперта на статью получена 20.01.2021 [The expert review on the article received on January 20, 2021].

Нормы теплозащиты жилых, общественных и производственных зданий в нашей стране в 2000-х годах были резко повышены. Нормирование по условиям энергосбережения оставило далеко позади сопротивления теплопередаче, требуемые по санитарно-гигиеническим соображениям. Риск выпадения конденсата на внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций при средней (нормируемой?) по площади температуре этой поверхности исключён (речь не идёт о локальных узлах). Однако различные уровни норм теплозащиты жилых, общественных и производственных зданий остались, как при нормировании по санитарно-гигиеническим условиям.

Разумеется, нормы теплозащиты диктуются не только теплотехническими соображениями. Они значительно влияют на экономику страны. С одной стороны, повышение уровня теплозащиты увеличивает капитальные затраты на строительство, с другой — снижает расход топлива на отопление, мощность и стоимость инженерных систем, обслуживающих здание, а также плату на присоединение к теплоснабжающим сетям [1].

В статьях, посвящённых теплозащите зданий, вышедших в последние годы, обсуждается масса проблем. Рассмотрены современные подходы к проблеме энергосбережения и обеспечения комфортных условий жизнедеятельности [2]. Проблема энергоэффективности и энергосбережения включает в себя несколько подходов к сокращению затрат ресурсов в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: архитектурно-строительные решения, использование возобновляемых источников энергии, оптимизация систем обеспечения микроклимата [3, 4].

Влияние социального аспекта на затраты теплоты на отопление жилого здания

отмечено в статье [5]. В ней указывается на важность учёта плотности заселения квартир для правильной оценки необходимого расхода воздуха на вентиляцию помещений. Авторы [6, 7] считают, что важнейшей составляющей решения задачи повышения энергетической эффективности зданий является совершенствование нормативно-технической документации в области теплотехнического расчёта в современном домостроении.

Нормы теплозащиты также значительно влияют на экономику страны. С одной стороны, повышение уровня теплозащиты увеличивает капитальные затраты на строительство, с другой — снижает расход топлива на отопление и т.д.

Ими предложено для повышения энергетической эффективности зданий при реконструкции применять мероприятия, направленные на увеличение эффекта от потребления топливно-энергетических ресурсов [8, 9].

Важность учёта климатического фактора, причём круглогодичного, в выборе уровня теплозащиты отмечается в [10]. Предлагается добиваться сокращения теплотребления в реконструируемых домах путём замены старых окон на современные оконные конструкции с обязательным недопущением нарушения температурно-влажностного режима на границе оконного откоса и собственно конструкции окна [11, 12, 13] и/или путём наружного утепления стен современными минераловатными утеплителями [14]. Большое внимание уделяется выбору экономически целесообразной теплозащиты [1, 15].

УДК 697.12.13. Номер научной специальности: 05.23.03.

Сравнение нагрузок на отопление жилых, общественных и производственных зданий

Е. Г. Малявина, к.т.н., профессор; А. В. Здоронков, студент; Д. С. Озерчук, студентка, кафедра «Теплогасоснабжение и вентиляция» (ТГВ), Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Изучается влияние нормативного уровня теплозащиты жилых, общественных и производственных зданий на отопительную нагрузку и сезонные затраты теплоты на отопление в различных климатических условиях РФ. Расчёты выполнены на примере пятиэтажного здания. Предлагается при пересмотре норм теплозащиты экономически обосновать принимаемые нормы с учётом стоимости топлива в различных районах РФ.

Ключевые слова: район строительства, средняя температура наиболее холодной пятидневки, средняя температура отопительного периода, продолжительность отопительного периода, трансмиссионные теплопотери, инфильтрационные теплопотери, потребление теплоты за отопительный период.

UDC 697.12.13. The number of scientific specialty: 05.23.03.

Comparison of heating loads in residential, public and industrial buildings

E. G. Malyavina, PhD, Professor; A. V. Zdoronok, student; D. S. Ozerchuk, student, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

Provision has been made of studying the influence of the standard thermal protection of residential, public and industrial buildings on the heating load and seasonal heat consumption for heating in various climatic conditions of the Russian Federation. The calculations have been performed on the example of a five-story building. It is proposed to economically justify the adopted standards, taking into account the cost of fuel in different regions of the Russian Federation, when revising the norms of thermal protection.

Key words: construction area, average temperature of the coldest five-day period, average temperature of the heating period, duration of the heating period, transmission heat loss, infiltration heat loss, heat consumption for the heating period.

Но со времени повышения норм нам не встретилось ни одной публикации, обосновывающей необходимость различных требований к теплозащите зданий различного функционального назначения по условиям энергосбережения. Неясна и роль сниженной теплозащиты производственных зданий в формировании стоимости продукции, изготавливаемой в этих зданиях, особенно в условиях постоянного повышения стоимости топлива. Целью настоящей статьи является выяснение влияния уровня теплозащиты на отопительную нагрузку в различных российских климатических условиях, то есть подготовка данных для последующего экономического исследования. Для достижения поставленной цели были определены расчётные теплопотери (отопительная нагрузка) и затраты теплоты в год на отопление пятиэтажных строений, теплозащита и тепловой режим в которых соответствуют нормативам для жилого, общественного и производственного зданий.

Долгое время в нормативных документах РФ не освещалась методика расчёта тепловых нагрузок на системы отопления и вентиляции. Последний раз она нормировалась в СНиП 2.04.05–91, а начиная с 1 января 2004 года, когда был введён в действие СНиП 41-01–2003, все пользовались методикой предыдущего СНиП.

Первый раз после долгого отсутствия методика появилась в Приложении Г СП 60.13330.2016 (с Изменением №1, далее — СП 60), утверждённого приказом Минстроя России от 22 января 2019 года №24/пр. Следует уточнить, что постановлением Правительства РФ от 4 июля 2020 года №985, появившегося позже введения Изменения №1 СП 60, Приложение Г не внесено в «перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил)», обязательных для применения. Впоследствии та же версия методики повторена в Проекте СП 60. Однако, поскольку она не признана обязательной, абсолютное большинство проектировщиков используют методику СНиП 2.04.05–91, повторённую в основном в МГСН 3.01-01 «Жилые здания» (Московские городские строительные нормы). Предлагаемая статья касается расчётных теплопотерь и расходов теплоты на отопление. Поэтому уместно обсудить новшества методики СП 60.13330.2020 и методики, по которым выполнялся расчёт в статье.

Сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций в расчётах, результаты которых приводятся в статье, приняты по значениям сопротивлений теплопередаче, требуемых табл. 3 СП 50.13330.2012 (с Изм. №1). В данном материале считается, что все неоднородности в ограждающих конструкциях уже учтены.

Автор методики расчёта теплопотерь СП 60 [16] предлагает вести расчёт с учётом линейных и точечных неоднородностей в ограждающих конструкциях каждого отдельного помещения. Однако это предложение натывается на сложности организации проектирования в России. Теплопотери рассчитывают специалисты по отоплению, которые не выполняют теплотехнический расчёт ограждающих конструкций. Постановлением Правительства РФ от 16 февраля 2008 года №87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» теплозащиту зданий поручается выполнять архитекторам и конструкторам. Постановление утверждает, что раздел 4 проекта «Конструктивные и объёмно-планировочные решения» должен содержать: *«л) обоснование проектных решений и мероприятий, обеспечивающих: соблюдение требуемых теплозащитных характеристик ограждающих конструкций».*

Но, как известно, научная дисциплина, изучающая процессы теплопередачи, — вовсе не «любимый конёк» архитекторов и конструкторов. Выполнить требование могли бы специалисты по разделу «Энергоэффективность», но они делают теплотехнический расчёт ограждающих конструкций по всему зданию в целом и, как правило, в тот момент, когда теплотери уже давно рассчитаны.

Новацией методики СП 60 является полное упразднение добавочных теплотерь, в том числе на ориентацию и на угловые помещения. Отказ от учёта раз-ной нагрузки в различно ориентирован-ных по сторонам света помещениях обос-нован двумя соображениями. Во-первых, конвективная часть теплоотдачи наруж-ной поверхности ограждающей конструк-ции нормами заведомо завышена приня-тием высокой величины её коэффици-ента теплоотдачи на уровне $23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. В то же время известные автору методики [16] натурные исследования отмечают бо-лее низкие значения. Во-вторых, меньшее облучение солнцем наружных поверхно-стей северной ориентации, приводящее к большей эксплуатационной влажности строительных материалов за этими по-верхностями, компенсировано довольно высокой эксплуатационной влажностью при нормировании величины теплопро-водности строительных материалов в СП 50.13330.2012. Однако добавка на ориен-тацию учитывала не вообще повышен-ную влажность, а повышенную на север-ных ориентациях за счёт не только мень-шего прогрева их солнцем, но и за счёт более холодных северных ветров [17].

Добавка на угол упразднена вследствие учёта линейной теплотехнической неод-нородности, вносимой изгибом наружной стены. В то же время в [16] признается, что этот учёт не компенсирует перевод обме-ра наружных ограждений с наружного на внутренний. Факт снижения радиацион-ной температуры угловых комнат предла-гается учитывать не добавкой к основным теплотерям, а увеличением температу-ры воздуха угловой комнаты на 2°C , как это довольно давно делалось для жилых зданий. Только в методике СП 60 это не нормируется ни для жилых, ни для дру-гих зданий с иной функциональностью. Без учёта снижения радиационной темпе-ратуры на границе обслуживаемой зоны помещения упразднение этой добавки не-корректно [17, 18].

Теплота, требующаяся на нагрев на-ружного воздуха, врывающегося через входные наружные двери, в методике СП 60 учтена расчётом инфильтрацион-ных теплотерь. То, что методика расчё-



та нагрузки на нагревание врывающегося в здание наружного воздуха согласована с методикой расчёта расхода теплоты на эти цели за отопительный сезон, хорошо. Однако для расчёта нужны справочные данные о сопротивлении воздухопрони-цанию входных дверей: одинарных, двой-ных, тройных с тамбурами и без. Эти со-противления в разделе проекта «Энерго-эффективность» обычно принимаются в диапазоне $0,12\text{--}0,16 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$ при разно-сти давлений 10 Па . Но откуда эти оценки взялись, никто сказать не может.

Рассматриваемое в статье пятиэтаж-ное здание имеет размеры $29,78 \times 11,98 \text{ м}$, с высотой этажа от пола до пола $3,2 \text{ м}$. Чердак и подвал неотапливаемые. Высота этажа в жилых, общественных и произ-водственных зданиях может быть различ-ной, а холодные чердаки в современном строительстве применяется всё реже. Од-нако для единообразия исходных данных для зданий различного функционального назначения эти позиции приняты одина-ковыми, при допущении, что на результат расчётов при поставленной цели эти мел-кие несоответствия не окажут значимого влияния. Высота вентиляционной шах-ты над чердачным перекрытием — $3,9 \text{ м}$. Ориентация по сторонам света и площа-ди их наружных ограждающих конструк-ций следующие: выходящих на северо-восток наружных стен — $363,2 \text{ м}^2$, окон — 108 , входных дверей — $5,28$; выходящих на юго-восток и северо-запад наружных

стен — $169,18$, окон — $22,5$; выходящих на юго-запад наружных стен — $363,2$, окон — $112,5 \text{ м}^2$. Перекрытия над подва-лом и чердачные перекрытия имеют пло-щадь $325,6 \text{ м}^2$.

Температура внутреннего воздуха ос-новных помещений во всех зданиях при-нята одинаковой — 20°C , а жилых ком-нат в городах Улан-Удэ и Воркуте — 21°C . В этих городах температура наиболее хо-лодной пятидневки обеспеченностью $0,92$ ниже -31°C . В угловых комнатах жилых домов в соответствии с МГСН 3.01-01 температура внутреннего воздуха счита-ется на 2°C выше температуры рядовых комнат. А в общественных и производ-ственных помещениях применена добав-ка 5% к основным теплотерям каждого вертикального ограждения помещения.

В соответствии с ГОСТ 30494 в кухнях жилых зданий задана температура 18°C , а на лестничных клетках — 14°C . На лест-ничных клетках общественных и произ-водственных зданий принята величина температуры 16°C .

В табл. 1 приведены использованные в расчётах показатели отопительного пе-риода городов, для которых определялась отопительная нагрузка и расходы теплоты на отопление в представленных выше зданиях. Далее в табл. 1 города поставле-ны по убыванию расчётной температуры наружного воздуха для отопления (наибо-лее низкая — последняя). На отопитель-ную нагрузку влияет не только разность внутренней и наружной температуры, но и скорость ветра. В рассматриваемых го-родах температура наиболее холодной пя-тидневки имеет значение в пределах от -2 до -41°C . Расчётная скорость ветра тоже изменяется в широких пределах — от 2 до $10,1 \text{ м}/\text{с}$. Есть города с сочетанием низкой расчётной температуры и высокой рас-чётной скорости ветра (Воркута), а есть населённые пункты, в которых не самая низкая расчётная температура наружного воздуха сочетается с довольно высоким расчётным ветром (Феодосия).

Меньшее облучение солнцем наружных поверхностей северной ориентации, приводящее к большей эксплуатационной влажности строительных материалов за этими поверхностями, компенсировано довольно высокой эксплуатационной влажностью при нормировании вели-чины теплопроводности строи-тельных материалов в СП 50

Следует обратить внимание на то, что порядок городов по убыванию числа градусо-суток (ГСОП) отопительного периода не следует за порядком по убыванию средней температуры наиболее холодной пятидневки и даже средней температуры отопительного периода, так как свою роль играет ещё и продолжительность отопительного периода.

Для строения определённого функционального назначения требуемое сопротивление теплопередаче каждой ограждающей конструкции, кроме входной двери в здание, зависит только от величины ГСОП. Для входных дверей в здание определяющей является температура наиболее холодной пятидневки. В табл. 2 приведены сопротивления теплопередаче всех наружных ограждающих конструкций, а также сопротивления окон воздухопроницанию.

Последние для жилых и общественных зданий равны потому, что нормируемая поперечная воздухопроницаемость окон в пластиковых или алюминиевых переплётах для зданий обоих назначений ограничена сверху одной и той же величиной — $5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Для производственных зданий ограничение составляет $8 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Поэтому требуемое сопротивление воздухопроницанию окон в производственных зданиях значительно ниже. Сопротивления воздухопроницанию входных дверей зданий всех функциональных назначений заданы на уровне $0,16 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$ при разности наружного и внутреннего давлений воздуха 10 Па .

Отметим, что сопротивления теплопередаче всех ограждающих конструкций, кроме окон и входных дверей, последовательно снижаются от жилых зданий к производственным, причём значи-

тельно. Нормы теплозащиты массивных наружных ограждающих конструкций не менялись с 2000-х годов. Однако логика соотношений этих норм для зданий различного функционального назначения, для различных градаций ГСОП и для различных ограждающих конструкций или не была опубликована никогда, или «затерялась в веках». А она должна быть опубликована в учебниках, так как вузы должны готовить не ремесленников, а инженеров.

Сопротивления теплопередаче входных дверей в жилых зданиях больше, чем в общественных, что обусловлено стоящими в знаменателе при их расчёте значениями нормируемого температурного перепада между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности наружной стены. В жилых зданиях это значение равно 4°C , а в общественных составляет $4,5^\circ\text{C}$. Разные требования к температуре на внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций в жилых и общественных зданиях не вызывают возражений.

Неприятие здесь вызывает то, что коренной переработке норм теплозащиты зданий подверглись подходы к нормированию теплозащиты только ограждения одного назначения — окон. Что касается окон, то их сопротивления теплопередаче для жилых и общественных зданий после переработки норм равны.

Разные нормы теплозащиты для зданий различного назначения могут явиться препятствием при перепрофилировании функционального назначения здания, которое иногда требуется.

В табл. 3 представлены расчётные теплотопотери зданий через каждую ограждающую конструкцию. Отличие трансмиссионных теплотопотерь через окна жилых и общественных зданий объясняется более низкой температурой внутреннего воздуха на кухнях.

Интересно, что, несмотря на значительное расхождение в расчётных значениях температуры наружного воздуха, расчётные трансмиссионные теплотопотери через наружные стены, перекрытия над неотапливаемыми подвалами и чердачные перекрытия в Магадане меньше не только чем в Москве, но и в Феодосии. Такое положение объясняется соотношением требуемых сопротивлений теплопередаче одноименных ограждений, выбранных по ГСОП в разных городах.

Расчётная скорость ветра тоже играет заметную роль в формировании потребности в теплоте на нагревание инфильтрационного воздуха, проникающего через окна. Например, в Феодосии эти теплотопотери значительно больше, чем в Улан-Удэ.

Климатическая характеристика городов, принятых для расчётов

табл. 1

Район строительства	Темп-ра воздуха наиболее холодной пятидневки, $^\circ\text{C}$	Средняя темп-ра воздуха за отопительный период, $^\circ\text{C}$	Продолжительность отопит. периода, сут.	Расчётная скорость ветра, м/с	Средняя скорость ветра [м/с] за период со средней суточной темп-рой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$	Градусо-сутки отопит. периода, $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}/\text{год}$
Сочи	-2	6,6	94	2,5	3,5	1259
Феодосия	-12	3,6	135	5,4	5 (по Керчи)	2214
Москва	-25	-2,2	205	2	2	4551
Магадан	-29	-7,5	279	4,8	3,9	7972
Улан-Удэ	-35	-10,3	230	2,1	1,9	6969
Воркута	-41	-9,1	306	10,1	5,8	8905

Теплотехнические характеристики наружных ограждающих конструкций

табл. 2

Район строительства	Приведённое сопротивление теплопередаче, м ² ·°С/Вт				Расчётное сопротивление воздухопроницанию окон, м ² ·ч/кг, при ΔP = 10 Па
	Наружные стены	Окна	Перекрытия над подвалом и чердачное	Входная дверь в здание	
Жилое здание					
Сочи	1,84	0,49	2,47	0,38	0,24
Феодосия	2,17	0,50	2,89	0,55	0,39
Москва	2,99	0,66	3,95	0,77	0,37
Магадан	4,09	0,747	5,35	0,85	0,47
Улан-Удэ	3,84	0,74	5,04	0,95	0,43
Воркута	4,52	0,76	5,91	1,05	0,80
Общественное здание					
Сочи	1,58	0,49	1,74	0,34	0,24
Феодосия	1,86	0,50	2,07	0,49	0,39
Москва	2,57	0,66	2,89	0,69	0,37
Магадан	3,59	0,75	4,09	0,75	0,47
Улан-Удэ	3,29	0,74	3,74	0,84	0,43
Воркута	3,87	0,76	4,42	0,93	0,80
Производственное здание					
Сочи	1,25	0,23	1,25	0,22	0,15
Феодосия	1,44	0,26	1,44	0,32	0,25
Москва	1,91	0,31	1,91	0,44	0,23
Магадан	2,59	0,40	2,59	0,48	0,29
Улан-Удэ	2,39	0,37	2,39	0,54	0,27
Воркута	2,78	0,42	2,78	0,60	0,50

Методики СНиП 2.04.05–91 и СП 60 расчёта затрат теплоты на нагревание воздуха, проникающего в помещения через неплотности в окнах, одинаковы. Инфильтрационные теплотопотери через входные в здание двойные двери с тамбуром (на нагрев врывающегося в здание воздуха) по методике СНиП рассчитаны добавкой $0,27H$ к основным теплотопотерям, где H — высота от земли до верха вентиляционной шахты.

Расчёт по методике СП 60 выполнен с учётом расчётной разности давлений воздуха, сформированных под действием теплового и ветрового напоров на наружной и внутренней поверхностях входных дверей и их сопротивления воздухопроницанию. В данной статье в суммарных теплотопотерях учтены инфильтрационные теплотопотери по действующим нормам СП 60.13330.2016. В зданиях всех трёх функциональных назначений принято одинаковое сопротивление воздухопроницанию входных дверей, однако из-за различной температуры в лестничных клетках инфильтрационные теплотопотери через входные в здание двери в жилых зданиях немного меньше, чем в общественных и производственных.

В методике СП 60 на инфильтрационные теплотопотери через входные двери влияют только аэродинамические характеристики дверей и расчётная температура наружного воздуха, а в старой методике, кроме того, ещё и сопротивление теплотопередаче дверей, что не верно. Поэтому теплотопотери на нагревание врывающегося через двери воздуха, рассчитанные по старой методике, были значительно завышены. Новая методика учитывает и температуру наружного воздуха, и скорость ветра, что заметно при сравнении инфильтрационных теплотопотерь в Сочи и в Феодосии, а также в Улан-Удэ и в Воркуте.

Структура теплотопотерь зданий

табл. 3

Район строительства	Трансмиссионные [Вт], через					Инфильтрационные [Вт], через		
	стены	окна	входные двери	чердачное перекрытие	перекрытие над подвалом	окна	входные двери*	входные двери**
Жилое здание								
Сочи	13668,00	12353,15	244,40	2185,67	1457,11	3652,61	123,69	1193,12
Феодосия	16784,00	17596,37	274,56	2727,97	1818,65	7578,53	253,53	1340,35
Москва	17081,98	19045,51	294,47	2813,84	1875,89	6154,61	470,05	1437,53
Магадан	13590,21	18423,66	294,70	2263,32	1508,88	9030,93	546,92	1438,66
Улан-Удэ	16445,88	21078,32	298,82	2723,98	1815,99	7484,54	671,12	1458,79
Воркута	15468,03	22866,03	303,47	2575,29	1716,86	16926,48	805,97	1481,48
Общественное здание								
Сочи	15955,24	12422,93	310,07	3073,79	2049,19	3652,61	129,72	1513,70
Феодосия	19715,54	17922,29	331,60	3776,39	2517,59	7578,53	261,36	1618,81
Москва	20196,14	19087,05	345,29	3825,44	2550,30	6154,61	479,60	1685,62
Магадан	15714,24	18540,80	348,04	2948,51	1965,68	9030,93	556,92	1699,05
Улан-Удэ	19263,46	21106,54	351,41	3624,27	2416,18	7484,54	681,71	1715,52
Воркута	18168,96	22823,52	354,12	3405,96	2270,64	16926,48	817,09	1728,76
Производственное здание								
Сочи	20109,11	26488,35	482,33	4274,16	2849,44	5844,17	129,72	2354,64
Феодосия	25473,87	35443,12	515,82	5430,85	3620,56	12125,65	261,36	2518,15
Москва	27122,37	40236,04	537,11	5793,34	3862,23	9847,37	479,60	2622,08
Магадан	21754,33	34811,08	541,39	4648,50	3099,00	14449,49	556,92	2642,96
Улан-Удэ	26481,03	41719,02	546,64	5661,16	3774,10	11975,26	681,71	2668,59
Воркута	25293,41	40992,63	550,86	5409,30	3606,20	27082,37	817,09	2689,18

* По СП 60. ** По СНиП 2.04.05–91.

Структура теплотопотерь через отдельные ограждающие конструкции, приведённая в табл. 3, свидетельствует о том, что инфильтрационные теплотопотери через окна превышают сумму трансмиссионных потерь через перекрытия (над неотапливаемым подвалом) и чердачных, причём во всех рассматриваемых городах вне зависимости от расчётной скорости ветра.

При этом следует оговориться, что сопротивления воздухопроницанию окон приняты по расчёту требуемых величин, исходя из нормируемых воздухопрони-

цаемостей окон. Окна, применяемые в современном строительстве, часто плотнее принятых в статье.

В табл. 4 даны расчётные теплотопотери за счёт теплопередачи и инфильтрационные теплотопотери. Кроме того, в данной таблице приведены затраты теплоты на отопление здания за отопительный сезон.

Если сравнивать порядок городов по убыванию расчётных суммарных теплотопотерь и суммарных затрат теплоты, то приходится отметить, что этот порядок разный. В перечне городов, поставленных по убыванию величины затрат теплоты, вторым для зданий различного функционального назначения является город Магадан, тогда как вторым городом по величине расчётных теплотопотерь является город Улан-Удэ. В данных городах отношение наибольшей нагрузки на отопление для зданий одного функционального назначения к наименьшей лежит в пределах 1,72–1,8, тогда как отношение сезонного расхода теплоты равно 3,52–3,63.

В то же время средние отношения нагрузки на отопление в одном городе для зданий различного назначения и средние отношения сезонных расходов теплоты очень близки друг к другу и составляют: для производственного здания к общественному — 1,6, а общественного здания к жилому — 1,1.



Расчётные теплопотери здания и расход теплоты на отопление

табл. 4

Район строительства	Расчётные теплопотери, Вт			Сезонные затраты теплоты, кВт·ч		
	трансмиссионные	инфильтрационные	суммарные	трансмиссионные	инфильтрационные	суммарные
Жилое здание						
Сочи	29908,33	3776,30	33684,62	42256,26	6347,81	48604,08
Феодосия	39201,55	7832,06	47033,61	66789,88	10697,32	77487,20
Москва	41111,68	6624,65	47736,33	101617,48	10177,79	111795,27
Магадан	36080,77	9577,85	45658,62	142333,29	25392,55	167725,84
Улан-Уде	42362,99	8155,66	50518,65	128959,80	15173,54	144133,34
Воркута	42929,69	17732,44	60662,13	149660,48	26852,49	176512,97
Общественное здание						
Сочи	33811,22	3846,18	37657,40	48556,67	6347,81	54904,49
Феодосия	44263,41	7960,91	52224,32	75557,08	10697,32	86254,39
Москва	46004,22	6723,76	52727,98	114892,83	10177,79	125070,61
Магадан	39517,26	9726,40	49243,66	156329,96	25392,55	181722,51
Улан-Удэ	46761,86	8267,84	55029,70	144368,49	15173,54	159542,04
Воркута	47023,21	18080,62	65103,83	166289,69	26852,49	193142,18
Производственное здание						
Сочи	54203,38	5973,89	60177,27	76832,32	10137,32	86969,64
Феодосия	70484,22	12387,01	82871,24	119362,79	16664,87	136027,66
Москва	77551,09	10326,97	87878,06	191882,51	16358,40	208240,91
Магадан	64854,30	15006,40	79860,70	255919,98	41127,25	297047,23
Улан-Удэ	78181,94	12656,97	90838,91	240241,71	24143,01	264384,72
Воркута	75852,39	27899,45	103751,84	268066,58	42933,06	310999,63

Сравнение соотношений нагрузок на систему отопления и сезонных затрат теплоты на отопление зданий различного назначения, с учётом принятых теплотехнических норм, не выявило ничего необычного: в жилых зданиях эта нагрузка наименьшая, а в производственных наибольшая. Причём в производственных зданиях увеличение нагрузки по сравнению с жилыми зданиями возрастает в 1,75–1,86 раз. Без проведения специальных исследований невозможно однозначно утверждать, что такое положение дел является экономически выгодным.

Несмотря на бытующее мнение о том, что требуемые сопротивления теплопередаче и воздухопроницанию ограждающих конструкций нормируются исходя из попытки выровнять затраты теплоты на отопление в различных районах России, видно, что работы в этом направлении ещё «непечатый край». Может быть, стоит даже не «выравнивать», а просто в нормах учесть стоимость топлива в данных районах РФ

Выводы

1. Различные нормы теплозащиты зданий различного функционального назначения усложняют проектирование зданий, а в ряде случаев могут быть препятствием для перепрофилирования назначения здания.

2. Необходимо экономически обосновать принятые подходы к нормированию теплозащиты в зданиях и сооружениях различного назначения.

3. Несмотря на бытующее мнение о том, что требуемые сопротивления теплопередаче и воздухопроницанию ограждающих конструкций нормируются исходя из попытки выровнять затраты теплоты на отопление в различных районах России, видно, что работы в этом направлении ещё «непечатый край».

Хотя, может быть, даже стоит не «выравнивать», а просто в нормах учесть стоимость топлива в различных районах Российской Федерации.

4. Желательно согласовать подход к выбору теплозащиты наружных входных дверей с подходом к выбору теплозащиты остальных наружных ограждающих конструкций, а также привести справочные данные по реальному сопротивлению воздухопроницанию входных дверей с тамбурами и без них.

5. В методике расчёта теплопотерь необходимо повышением расчётной температуры углового помещения или добавкой к основным теплопотерям учесть дополнительное возрастание теплопотерь в этом помещении из-за кривизны наружной стены.

6. Необходимо также вернуть добавки на ориентацию по сторонам света в методику расчёта теплопотерь, так как они учитывают различную влажность строительных материалов стен, выходящих на разные стороны. ●

1. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Экономическое обоснование выбора теплозащиты офисных зданий // Известия вузов. Строительство, 2018. №9. С. 56–65.
2. Martínez-Molina A., Tort-Ausina I. Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 61. Pp. 70–85.
3. Лысов В.И., Шилин А.С. Направления повышения энергоэффективности зданий и сооружений // Научный журнал ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование, 2017. №2–3. С. 18–25.
4. Серегин А.И. Энергоэффективный квартал в условиях Крайнего Севера. Уникальный опыт Республики Саха (Якутия) // Энергосбережение, 2020. №8. С. 78–87.
5. Ананьев А.И., Рымаров А.Г., Войтович Е.В., Латушкин А.П. Влияние социальных факторов на требуемый уровень тепловой защиты наружных стен жилых зданий // Вестник МГСУ, 2017. Т. 12. Вып. 7. С. 741–746.
6. Сташевская Н.А., Минина А.П. Особенности теплотехнического расчёта в современном домостроении // Системные технологии, 2017. №23. С. 47–50.
7. Пиир А.Э., Козак О.А., Агафонов И.М. Нормативный коэффициент теплопередачи жилого здания //

- Известия вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика, 2015. №5. С. 69–76.
8. Леонова А.Н., Курочка М.В. Методы повышения энергоэффективности зданий при реконструкции // Вестник МГСУ, 2018. Т. 13. Вып. 7. С. 805–813.
9. Осипов С.Н., Пилипенко В.М. О некоторых особенностях энергоснабжения жилых зданий в отопительный период // Известия вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика, 2017. Т. 60, №1. С. 77–96.
10. 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.
11. Пиир А.Э., Козак О.А., Кунтыш В.Б. Пути снижения нормативных теплопотерь в жилых зданиях // Наука и техника, 2017. Т. 16. №2. С. 113–118.
12. Vihola Ja., Sorri Ja., Heljo Ju., Kero P. Heat loss rate of the Finnish building stock. Procedia Economics and Finance. 2015. Vol. 21. Pp. 601–608.
13. Матехина О.В., Осипов Ю.К. Обобщённая теоретическая модель тепловой защиты жилых зданий с помощью наружных ограждающих конструкций // Вестник СибГИУ, 2015. №1. С. 50–55.

14. Бжахов М.И., Карданов Л.Т., Кучуков М.А., Антипова Е.А., Люев А.Х. Повышение теплозащитных качеств наружной ограждающей конструкции жилого дома типовой серии [Электр. текст] // Инженерный вестник Дона, 2016. №2. Режим доступа: ivdon.ru. Дата обращ: 15.01.2021.
15. Толстова Ю.И. Тепловая защита зданий и сооружений — экономический подход / Энергосбережение и энергоэффективность на промышленных предприятиях и в жилищно-коммунальном хозяйстве: Сб. мат. I Всерос. науч.-техн. конф., посвящённой памяти д.т.н., проф. А.А. Сандера. Ноябрь 2016. — Новосибирск: Изд-во АНС «СибАК», 2017. 212 с.
16. Неклюдов А.Ю. Расчёт характеристик энергопотребления здания при определении трансмиссионных тепловых потерь // Жилищное строительство, 2016. №7. С. 11–14.
17. Сканива А.Н. Конструирование и расчёт систем водяного и воздушного отопления зданий. Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1983. 304 с.
18. Малявина Е.Г., Умнякова Н.П. Величина добавки к основным теплопотерям помещения с числом наружных стен более одной // Технология текстильной промышленности, 2017. №2. С. 291–296.

References — see page 78.

Comparison of heating loads in residential, public and industrial buildings. Pp. 58–63.

Elena G. Maljavina, PhD, Professor; Andrey V. Zdoronok, student; Daria S. Ozerchuk, student, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

1. E.G. Maljavina, A.A. Frolova. *Jekonomicheskoe obosnovanie vybora teplozashchity ofisnyh zdaniy* [Economic substantiation of the choice of thermal protection of office buildings]. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo* [News of higher educational institutions. Construction]. 2018. No. 9. Pp. 56–65. [In Russian]
2. A. Martínez-Molina, I. Tort-Ausina. Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 61. Pp. 70–85.
3. V.I. Lysev, A.S. Shilin. *Napravenija povyshenija jenergoeffektivnosti zdaniy i sooruzhenij* [Directions for improving the energy efficiency of buildings and structures]. *Nauchnyj zhurnal Universiteta ITMO. Holodil'naja tehnika i kondicionirovanie* [Scientific journal of the St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics (ITMO University). Series: Refrigeration and air conditioning]. 2017. No. 2–3. Pp. 18–25. [In Russian]
4. A.I. Serjogin. *Jenergoeffektivnyj kvartal v uslovijah Krajnego Severa. Unikal'nyj opyt Respubliki Saha (Jakutija)* [Energy efficient quarter in the Far North. The unique experience of the Republic of Sakha (Yakutia)]. *Jenergoberezhenie* ["Energy saving" Magazine]. 2020. No. 8. Pp. 78–87. [In Russian]
5. A.I. Anan'ev, A.G. Rymarov, E.V. Vojtovich, A.P. Latushkin. *Vlijanie social'nyh faktorov na trebuemyj uroven' teplovoj zashchity naruzhnyh sten zhilyh zdaniy* [Influence of social factors on the required level of thermal protection of the outer walls of residential buildings]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of the Moscow State University of Civil Engineering (Vestnik MGSU)]. 2017. Vol. 12. Issue 7. Pp. 741–746. [In Russian]
6. N.A. Stashevskaja, A.P. Minina. *Osobennosti teplotnicheskogo raschjota v sovremennoy domostroenii* [Features of heat engineering calculation in modern housing construction]. *Sistemnye tehnologii* ["System technologies" Magazine]. 2017. No. 23. Pp. 47–50. [In Russian]
7. A.Je. Piir, O.A. Kozak, I.M. Agafonov. *Normativnyj koefitsient teploperedachi zhilogo zdaniya* [Standard coefficient of heat transfer of a residential building]. *Izvestija vuzov i jenergeticheskikh ob#edinenij SNG. Energetika* [News of higher educational institutions and energy associations of the Commonwealth of Independent States. Series: Power engineering]. 2015. No. 5. Pp. 69–76. [In Russian]
8. A.N. Leonova, M.V. Kurochka. *Metody povyshenija jenergoeffektivnosti zdaniy pri rekonstrukcii* [Methods for improving the energy efficiency of buildings during reconstruction]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of the Moscow State University of Civil Engineering (Vestnik MGSU)]. 2018. Vol. 13. Issue 7. Pp. 805–813. [In Russian]
9. S.N. Osipov, V.M. Pilipenko. *O nekotoryh osobennostjah jenergosnabzheniya zhilyh zdaniy v otopitel'nyj period* [On some features of the power supply of residential buildings during the heating season]. *Izvestija vuzov i jenergeticheskikh ob#edinenij SNG. Energetika* [News of higher educational institutions and energy associations of the Commonwealth of Independent States. Series: Power engineering]. 2017. Vol. 60. No. 1. Pp. 77–96. [In Russian]
10. E.G. Maljavina, A.A. Frolova. *Vlijanie klimaticeskikh osobennostej rajona stroitel'stva na uroven' jenergoeffektivnoj teplovoj zashchity administrativnyh zdaniy sel'skohozjajstvennogo naznachenija* [Influence of climatic features of the construction area on the level of energy efficient thermal protection of administrative buildings for agricultural purposes]. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal* [Agrarian Scientific Journal]. 2020. No. 10. Pp. 111–114. [In Russian]
11. A.Je. Piir, O.A. Kozak, V.B. Kuntysch. *Puti snizhenija normativnyh teplopoter' v zhilyh zdaniyah* [Ways to reduce the standard heat loss in residential buildings]. *Nauka i tehnika* ["Science and technology" Magazine]. 2017. Vol. 16. No. 2. Pp. 113–118. [In Russian]
12. Ja. Viholo, Ja. Sorri, Ju. Heljo, P. Kero. Heat loss rate of the Finnish building stock. *Procedia Economics and Finance*. Vol. 21. 2015. Pp. 601–608.
13. O.V. Matehina, Ju.K. Osipov. *Obobshhennaja teoreticheskaja model' teplovoj zashchity zhilyh zdaniy s pomoshh'ju naruzhnyh ograzhdajushhih konstrukcij* [Generalized theoretical model of thermal protection of residential buildings using external enclosing structures]. *Vestnik SibGIU* [Bulletin of the Siberian State Industrial University]. 2015. No. 1. Pp. 50–55. [In Russian]
14. M.I. Bzhahov, L.T. Kardanov, M.A. Kuchukov, E.A. Antipova, A.H. Ljuev. *Povyshenie teplozashchitnyh kachestv naruzhnoj ograzhdajushhej konstrukcii zhilogo doma tipovoj serii* [Improving the heat-shielding qualities of the external enclosing structure of a residential building of a standard series]. *Inzhenernyj vestnik Dona* [Don's Engineering Bulletin]. 2016. No. 2. Web-source: ivdon.ru. Access data: January 15, 2021. [In Russian]
15. Ju.I. Tolstova. *Teplovaja zashchita zdaniy i sooruzhenij — jekonomicheskij podhod* [Thermal protection of buildings and structures — an economic approach]. *Jenergoberezhenie i jenergoeffektivnost' na promyshlennyh predpriyatiyah i v zhilishhno-kommunal'nom hozjajstve: Sb. mat. I Vseros. nauch.-tehn. Konf., posvjashhjonnoj pamjati d.t.n., prof. A.A. Sander* [Energy saving and energy efficiency in industrial enterprises and in housing and communal services. Coll. vol. of the First All-Russian Scientific and Technical Conference dedicated to the memory of Doctor of Technical Sciences, Professor A.A. Sander]. November 2016. Novosibirsk. *Izd-vo ANS "SibAK"* [Publishing House of the Association of Scientific Researchers "Siberian Academic Book" (ASE Sibac)]. 2017. 212 p. [In Russian]
16. A.Ju. Nekljudov. *Raschet harakteristik jenergotreblenija zdaniya pri opredelenii transmissionnyh teplovyh poter* [Calculation of the characteristics of the energy consumption of the building when determining the transmission heat losses]. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* ["Housing construction" Magazine]. 2016. No. 7. Pp. 11–14. [In Russian]
17. A.N. Skanavi. *Konstruirovanie i raschet sistem vodjanogo i vozdušnogo otopenija zdaniy* [Design and calculation of water and air heating systems for buildings]. 2th edition, rev. and exp. Moscow. *Strojizdat* [Publishing House of literature on the construction and architecture ("Stroiizdat" Publishers)]. 1983. 304 p. [In Russian]
18. E.G. Maljavina, N.P. Umnjakova. *Velichina dobavki k osnovnym teplopoterjam pomeshhenija s chislom naruzhnyh sten bolee odnoj* [The value of the additive to the main heat loss of a room with more than one external wall]. *Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti* ["Textile industry technology" Magazine]. 2017. No. 2. Pp. 291–296. [In Russian]