Сайфидинов Б., Мухин Н.Д.

Некоторые направления оценки теплопотерь в перегретых зонах стен возле отопительного прибора

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина
(Россия, Екатеринбург)

doi: 10.18411/trnio-01-2022-39

Аннотация

В данной статье рассматривается вопрос о дополнительных теплопотерях через перегретые участки ограждающих конструкций, и способ более энергетически-эффективного расположения отопительного прибора внутри помещения.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, тепловые потери, отопительный прибор.

Abstract

This article discusses the issue of additional heat loss through overheated sections of enclosing structures, and the method of more energy-efficient arrangement of the heating device indoors.

Keywords: energy efficiency, heat losses, heating device.

Вопрос о дополнительных потерях тепла через перегретую стену рассматривается с нескольких точек зрения. Приведены расчеты конвективного и радиационного теплообмена между наружной стенкой и радиатором. Величина тепловых потерь радиатора, установленного у наружной стены, сравнивается с потерями радиатора, установленного у внутренней стены. Установлено, что 30 % дополнительного тепла может просачиваться наружу через зону под радиатором. Обсуждаются различные причины дополнительных потерь тепла. Проблемы изготовления радиаторов, проектирования систем отопления и размещения отопительных приборов рассматриваются как причины, связанные с потерями тепла.

1. Моделирование и расчет процесса теплообмена между радиатором и наружной стеной.

Наибольшую часть энергопотребления здания составляет отопление. В особенности это относится к холодной зиме в России. С целью повышения энергетической эффективности и снижения затрат на отопления рассмотрим проблему «отопления наружного воздуха» из-за установки радиаторов под окнами. На рисунке 1 представлена фотография фасада здания, сделанная термографической камерой в России в зимнее время. Эти красные пятна под окнами являются зонами перегрева. Как можно понять из данной термографической съемки, тепло из перегретых зон частично «уходит на улицу», а значит, есть резон рассмотреть другую конфигурацию системы отопления.

Рисунок 1. Фасад с термографической камеры [5]

В работе преследуются следующие цели:

- моделирование и расчет процесса теплообмена между радиатором и наружной стенкой;
- анализ результатов и оценка потерь тепла через перегретую зону;
- предложение нетрадиционных способов избежать дополнительных потерь тепла.

Статья направлена на анализ всех аспектов проблемы перегретой зоны стены. Это относится к различным причинам этой проблемы, начиная от конструкции самого радиатора и заканчивая его размещением. Центром этой научной работы являются расчеты всех процессов теплообмена, которые происходят при работе радиатора. Это расчет конвекции и излучения воздуха от радиатора в окружающую среду внутри помещения, а также расчет конвекции и излучения между стеной и радиатором и расчет теплопроводности через стену.

Зона под радиатором должна быть на 20 и более градусов выше, что серьезно влияет на расчеты. При выполнении расчетов для моделирования процесса теплообмена мы должны применить все существующие математические методы, которые необходимы, и сделать максимально реалистичную математическую модель. В некоторых источниках представлен метод расчета конвекции воздуха между двумя нагретыми поверхностями одинаковой температуры [2], однако наша проблема заключается в двух поверхностях разной температуры, когда обе они теплее окружающего воздуха. В материале из методического пособия [3] обозначена проблема об отсутствии методики расчета теплопередачи конвекцией между двумя поверхностями в открытом пространстве. Проводится эксперимент и экспериментально находится число Нуссельта. (*один из основных критериев подобия тепловых процессов, характеризующий соотношение между интенсивностью теплообмена за счёт конвекции и интенсивностью теплообмена за счёт теплопроводности (в условиях неподвижной среды). Названо в честь немецкого инженера Вильгельма Нуссельта.*) Однако граничные условия его эксперимента не совпадают с нашими. Он рассматривал одну поверхность более холодной, чем окружающая, поэтому она также нагревалась воздухом. Поэтому мы можем с уверенностью сказать, что не существует метода конвективного теплообмена между двумя параллельными вертикальными поверхностями с разной температурой в открытом пространстве. Методика, которую мы использовали, примерно такая же, но она предназначена для замкнутого пространства [4]. Он подходит для ситуации, когда воздух заблокирован между радиатором и стеной, и может объяснить ситуацию, когда радиатор закрыт экраном. Конечно, в реальном случае воздух не полностью открыт (рисунок 2) и не полностью закрыт. Мы не можем определить открытость воздуха для циркуляции. Это зависит от ситуации и во всех установленных радиаторах по-разному.

Рисунок 2. Циркуляция воздуха и теплообмен по бокам радиатора

Модель анализирует проблему с научной точки зрения, чтобы понять реальные процессы и дать оценку современным практикам монтажа систем отопления. Результаты и обсуждение. Системы отопления в основном представлены статическим отоплением с радиаторами. Это дешевле, проще в проектировании и обслуживании. В большинстве крупных городов, таких как Санкт-Петербург, в России есть теплотрассы, поэтому дилемма между радиаторным отоплением и воздушным отоплением и, возможно, другим решена априори. Системы отопления представлены радиаторами, установленными на наружных стенах, у окон, скрытых под подоконником. Радиаторы отопления в основном изготовлены из алюминия. Этот материал обладает высокой теплопроводностью. Конструкция радиатора обеспечивает подачу тепла с обеих сторон радиатора. У него нет ни передней, ни задней стороны, нет также теплоизоляции с обратной стороны или, по крайней мере, материалов с теплопроводностью ниже, чем у алюминия. Проще говоря, когда мы ставим радиатор у стены, одна его сторона обогревает помещение, другая - стену. Технически мы можем установить его в середине комнаты, и он будет работать более эффективно. Другой пример, когда мы устанавливаем радиатор на внутренней стене, разделяющей две комнаты. Таким образом, он будет обогревать помещение с одной стороны, с другой стороны, он будет обогревать соседнюю комнату через стену. Однако тепловая энергия все еще остается в здании, и это все еще эффективно. Когда радиатор установлен во внешней стене, происходит потеря из-за перегрева стены. Передняя сторона радиатора обменивается энергией с воздухом помещения путем конвекции. Холодный воздух во время нагрева уменьшается в плотности и поднимается вверх, в то время как холодный воздух опускается. Эта циркуляция увеличивает теплообмен. Задняя сторона радиатора изменяется со стенкой за счет конвекции в ограниченном объеме. Циркуляция воздуха там ограничена стеной и подоконником (рис. 3). Немного тепла покидает эту область и уходит в комнату. Хуже ситуация, когда экраны устанавливаются рядом с радиаторами. Поскольку воздух должен лучше циркулировать для обогрева помещения, эти экраны предотвращают и даже полностью блокируют циркуляцию, направляя всю мощность радиатора на стену или сам экран.

Рисунок 3. Экран

Для оценки потерь тепла через перегретую стену был проведен расчет теплообмена между стеной и радиатором, а также между радиатором и воздухом в помещении. Тепло передается конвекцией и излучением. Обмен между стеной и радиатором определяется как обмен между двумя вертикальными поверхностями в ограниченном объеме и описывается формулой [3]:

$$P = 0.18(GrPr)^{.25} S(T_r - T_w)/\delta.$$

Тепловыделение радиатора в воздух составляет [3]:

$$P = 0.75(GrPr)^{.25} \left(\frac{Pr_w}{Pr_r} \right)^{.25} S(T_r - T_w) / \delta L$$

Расчеты были проведены для радиатора Purmo с 11-500-1200, закрытого нишей и кирпичной стеной 640 мм. Рассчитанная мощность радиатора совпадает с заявленной производителем мощностью $P=1400$ Вт; Теплообмен за счет конвекции и излучения между наружной стенкой и радиатором, когда воздух заблокирован между стеной и радиатором, составляет $P=370$ Вт; Следовательно, потери тепла в этом случае составляют 27 % от мощности радиатора. При проектировании системы отопления российский кодекс не обязывает рассчитывать дополнительные потери тепла через перегретую часть стены, но дает коэффициент увеличения от 1,05 до 1,13 [1].

Мы можем получить процент дополнительных потерь тепла через перегретую зону экспериментально с высокой точностью, измеряя температуру стены под радиатором и в любой другой части стены и используя формулу [4]:

$$q = \frac{ab(T_{wr} - T_w)}{AB(T_w - T_o)} \cdot 100\%,$$

где a, b – размеры радиатора; A, B – размеры стены, T_{wr} , T_w и T_o – температуры стены под радиатором, температура стены и наружная температура соответственно.

В целях эргономики инженеры удаляют слой стены или создают ниши (рисунок 4) для установки радиатора. Когда мы рассматриваем потери тепла через наружную стенку, мы видим, что проводимость больше, так как больше градиент температуры и меньше толщина стенки. В случае радиатора, установленного в нише, стена там еще тоньше, но температура поверхности стены под радиатором больше, чем в любом другом месте. В то время как температура внутренней поверхности стены зимой составляет от 15 до 20 °С, стена под радиатором сильно перегревается и может быть более 40 °С. Очевидно, что эта часть теряет больше тепла, но ниши значительно увеличивают эти потери. Проще говоря, таким образом мы нагреваем на открытом воздухе, через более тонкую стену, этот нагрев на открытом воздухе будет более выгодным.

Рисунок 4. Ниша

Существует распространенное заблуждение, что инфракрасное излучение отопительного радиатора является основным способом передачи тепла. На самом деле это не так. Однако почти вся энергия передается конвекцией. Вот почему так важно обеспечить циркуляцию воздуха вокруг него и избегать экранов и других барьеров для воздуха. Иногда инженеры устанавливают экраны из фольги рядом с радиатором. Фольга отражает инфракрасное излучение. Это заблуждение может привести к еще большим потерям тепла, так как тепловое сопротивление оловянной фольги практически равно нулю. В этой работе мы рассчитали излучаемый теплообмен между радиатором и стеной. Уравнение Кирха-Хоффа и Стефана–Больцмана вычисляет его с высокой точностью:

$$q_{rad} = \varepsilon C_0 \left(\frac{t_r}{100} - \frac{t_w}{100} \right)^4$$

Для радиатора Purmo c11-500-1200 мы получили потери тепла из-за излучения 2,24 Вт. Это слишком мало по сравнению с конвекцией. Излучение - это вещество при высоких температурах раскаленных тел в несколько сотен градусов Цельсия. Поэтому ни экраны из фольги, ни другие экраны против инфракрасного излучения не останавливают потери тепла через перегретую стену, но инсоляция с низкой теплопроводностью это делает. Одним из серьезных аргументов в пользу размещения радиатора на внешней стене является то, что стена может замерзнуть зимой. На самом деле на верхнюю часть стены влияет не тепло излучателя, а тепло воздуха в помещении. И верхняя часть никогда не замерзнет, даже если она не соприкасается с радиатором. Поэтому снятие радиатора с наружной стены и размещение его в любом месте помещения не приведет к замерзанию стены, поскольку она все равно будет контактировать с теплым воздухом температурой 20 градусов и нагреваться. [6]

Вывод

Неоспоримым фактом является то, что сегодня тенденцией в строительстве является энергоэффективность. Как было указано ранее, самые высокие потери энергии связаны с необходимостью обогрева здания зимой. Сегодняшняя технология проектирования систем отопления в России является наследием советских времен, когда задачи в гражданском строительстве были не интенсивными, а обширными, не эффективностью, а объемом работ. В настоящее время эти устаревшие методы проектирования систем отопления наносят ущерб устойчивости зданий. В то время как инженеры должны использовать прогрессивный опыт и высокие технологии сегодня, исследователи должны думать не о прошлом или сегодняшнем дне, а о проблемах завтрашнего дня и даже будущего послезавтра. С этих позиций делаются выводы текущего исследования. Они заявили следующее.

1. При проектировании радиаторов следует учесть особую конструкцию для радиаторов у наружных стен. Следует избегать возможности выделения большого тепла в сторону, прижатую к наружной стене. Для этой стороны прибора можно использовать материал, отличный от алюминия, с более низкой теплопроводностью или небольшим количеством изоляции, добавленной к задней стороне. В качестве примера наиболее энергоэффективной изоляции предлагается рассмотреть вакуум в качестве изоляции. Такую конструкцию можно изготовить в заводских условиях.
2. Радиатор можно разместить у внутренней стены (рисунок 5). Он будет отличаться по форме от привычного радиатора. Это будет компактное низкое, но длинное устройство, небольшая площадь теплообмена которого будет компенсирована большим количеством ребер, что обеспечит лучшее тепловыделение. Примером могут служить низкие длинные радиаторы с двумя или более конвекторами, которые имеют такую же мощность, как и традиционные. Таким образом, мы избегаем потерь тепла через перегретую стену, которые, как показали расчеты, могут достигать более 25 % мощности радиатора.

Рисунок 5. Радиатор, установленный на внутренней стене

3. Поскольку зона радиатора имеет более высокий температурный градиент, ей потребуется более высокое тепловое сопротивление, чем другим частям стены. Поэтому, когда радиатор установлен на наружной стене, он нуждается в дополнительной изоляции. И важно то, что это не может быть экран, отражающий инфракрасное излучение, потому что в этом случае они имеют нулевую эффективность.
4. Использование ниш и экранов для радиаторов неэффективно. Они не только снижают тепловое сопротивление стены, но и удерживают воздух в внутри ниши, препятствуя циркуляции и усиливая процесс конвекции.

1. Строительные правила. СП 60.13330.2012. Свод правил отопление, вентиляция. Свод правил отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха – 67 с.
2. Терехов, В.И. Ламинарная свободная конвекция между вертикальными параллельными пластинами с различными температурами/ В.И.Терехов, А.Л. Экаид // Теплофизика и аэромеханика - 2012– № 4. – с. 415–429.
3. Овинников С.В. Конвективный теплообмен. Методики инженерного расчета коэффициента конвективной теплоотдачи: Учебно-методическое пособие для студентов физического факультета /С.В. Овчинников [Электронный ресурс] URL: http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/1483.pdf дата обращения 17.11.2021
4. Коновалова, Л.С. Теоретические основы теплотехники: Учебное пособие /Л.С. Коновалова, Ю.А. Загоров – Томск: Из ТПУ, 2001-116 с.
5. «ЮгЕнергоконсалтинг» Энерго-аудит, энергосбережение, Дефектоскопия [Электронный ресурс] – URL: <http://www.yec.org.ua> дата обращения 17.11.2021
6. Теплопотери с перегретой части стены под радиатором Элесханов Р.Р., Муратбеков Э.М. // Экология и строительство – 2018 - №1 – С. 27-32