



УДК: 05.23.00

**MODELING OF ENERGY DEMAND AND MICROCLIMATE
PARAMETERS FOR BUILDINGS**
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОТРЕБНОСТИ В ЭНЕРГИИ И СОЗДАНИИ
КОМФОРТНОГО МИКРОКЛИМАТА ЗДАНИЙ****Raimonda Sudziuviene / Суджювене Р. А.**

Лектор

*Klaipėda State University of Applied Sciences, Faculty of Technologies, Department of
Environmental and Civil Engineering, Bijūnų St. 10, Klaipėda, Lithuania*
Клайпедская государственная коллегия, Факультет Технологий, кафедра окружающей
среды и строительной инженерии, ул. Биюну № 10, г. Клайпеда, Литва

Dalia Parisauskiene / Паришаускене Д.

Лектор

*Klaipėda State University of Applied Sciences, Faculty of Social Sciences, Jaunystės St. 1,
Klaipėda, Lithuania*
Клайпедская государственная коллегия, Факультет Предпринимательства, кафедра
администрирования и экологии, ул. Яунистес №1, г. Клайпеда, Литва

Аннотация: основная цель этой статьи – доказать, что потребность тепла каждого дома зависит от его географического положения, иначе говоря, от его средней температуры отопления во время сезона и от продолжительности отопления, обращая внимание на коэффициент теплопроводности, который является различным при различных условиях. Иногда приходится сталкиваться с неоправданной спешкой в строительстве домов, когда не учитываются погодные условия, затраты энергии, забываются перспективы и затраты. Очень важно понять, что при помощи архитектурных и технологических решений, климатических условий окружающей среды и поведения потребителей формируются потребности в энергии и чистом воздухе для поддержания теплового комфорта и хорошего микроклимата. Гарантировать эти потребности помогают системы отопления, охлаждения и вентиляции. Количество теплоты, использованной для отопления, прямо пропорционально длительности отопительного сезона и средней за отопительный сезон наружной температуре.

Ключевые слова: перегородки, тепловые потери, вентиляция, коэффициент теплопроводности, микроклимат зданий.

Вступление.

Для удовлетворения своих потребностей человек обязан постоянно обеспечивать себя различными товарами и услугами. Но в жизни важно не только получать, так как почти за всё надо платить, и вот тогда мы сталкиваемся с проблемой, как рассчитаться за полученные товары или услуги. Большинство товаров отличаются специфическими особенностями. К таким товарам можем отнести и теплоту. Во-первых, теплота не вещество, а энергия. Теплоту, не потеряв ни малейшего её количества, нельзя сохранить даже и в очень плотно закрываемом помещении. Теплота через стенки любого вещества будет двигаться в том направлении, где температура ниже. При отоплении зданий, теплота распространяется по перегородкам помещения. Для того, чтобы солнечная теплота дошла бы до нас, не нужны ни провода, ни



трубы, ни любые другие средства. Теплота со всей поверхности Солнца излучается по способу излучения [2, 13]. Во время перемешивания различных жидкостей или газа, теплота распространяется и по способу конвекции. Интенсивность переноса этой теплоты зависит от свойств вещества или величины разности температур. Как вычислить теплоту и рассчитаться за неё, так как распространения теплоты стены не останавливают и не ограничивают. Измерить теплоту единицами энергии, примерно как вещество единицами массы и объёма, иногда бывает очень сложно. Используя вводный счётчик, можно довольно точно установить, насколько теплота проникла в здание. Однако посчитать, в каком количестве, и каким образом полученной теплотой воспользовались жители дома – задача с точки зрения физики возможная, но очень дорогая.

Самая большая часть получаемой и используемой энергии в Европе предназначена для отопления зданий. Расходы на отопление, по сравнению со всеми другими расходами (на освещение, приготовление еды, вентиляцию, расходы на лифт и др.) самые большие, поэтому экономия энергии на отопление, особенно в странах с прохладным климатом, очень важна как в масштабах государства, так и в масштабах населения [4, 21].

Анализ литературы.

Литва находится в зоне прохладного континентального климата, в котором летний период средней теплоты, а зимний период лёгкий прохладный. Температура зимних месяцев – 5 градусов мороза. Разница между средними температурами лета и зимы – около 20 градусов. В Литве случались и очень жаркие летние месяцы, когда температура воздуха достигала до 30—35 градусов жары. Зимой Литва поддается влиянию Атлантических циклонов, которые гонят снег, снег с дождём или более тёплый воздух, появляется более толстый снежный покров. Иногда с восточной и с северной стороны приходят антициклоны, которые приносят прохладную и солнечную погоду. В эти дни температура воздуха поднимается до $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ или до $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$, а по ночам достигает $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ или даже до $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ [2, 24]. Затраты теплоты того же здания различаются, в зависимости от того, какой был год – тёплый или холодный. Проектные, инженерные расчёты, оценка принимаемых решений, связанные с потребностями теплоты зданий, выполняются согласно нормативным актам. При прохладной погоде нужную температуру в помещения необходимо поставлять по двум причинам: [3, 11]

1. когда температура во дворе ниже, чем в помещении, теплота через стены, окна, пол, двери, крыши распространяется наружу;
2. через форточки естественной и искусственной вентиляции, через щели, зазоры тёплый воздух из помещения вырывается наружу, а в помещение таким же образом попадает холодный воздух, который должен быть согрет до нужной температуры.

Потребности в теплоте неизбежны и пропорциональны разнице упомянутых температур.

Для стен, крыши, окон и других частей конструкции здания обязательны определённые свойства, в том числе и тепловые. Именно от этих тепловых



свойств, от показателей передачи теплоты и зависит количество тепловой энергии, необходимое для отопления здания. Коэффициент теплопроводности измеряется $W/(m^2K)$. Чем больше значимость коэффициента теплопроводности, тем больше поток тепловой энергии объекта, передаваемый через единицу определённой площади [1, 12].

Ход исследования.

Суть исследования – подсчитать и определить потребности и убытки в отоплении и вентиляции здания во время отопительного периода. Выбранное здание - жилое, двухэтажное, с конкретно указанными объёмами отдельных помещений, поэтому использовались коэффициенты теплопроводности, предназначенные для жилых помещений.

Выбраны показатели воздухообмена, показывающие, сколько раз в течение часа воздух этого помещения должен быть заменён чистым воздухом, чтобы в помещении сохранить комфортные условия. Показатели необходимы для того, чтобы в помещении уменьшить влагу и препятствует образованию плесени. Для определения потребностей и убытков в отоплении и вентиляции здания были осуществлены три этапа работы, а главными задачами определены следующие:

1. здание переносится в выбранный город Литвы, конкретно в город Клайпеду и по конкретной средней наружной температуре и периоду отопления, определены потребности и убытки (табл. 2,3);

2. дом переносится в выбранный город Европы, применяя нормативные требования того города для подсчёта перегородок. Выбран город Рим в Италии (табл. 4,5);

3. дом переносится из Рима в Клайпеду, применив среднюю температуру воздуха, суточное отопление, только используя нормативные требования для подсчёта перегородок (табл. 6,7).

Основные данные подсчёта здания (табл. 1):

Таблица 1

Основные данные подсчёта здания

Average temperature in Klaipėda °C	1,9
Average temperature in Rome °C	10,12
C (specific heat capacity of air) kJ/kg*K	1,20

Сравнительный анализ.

Потери тепловой энергии первого и второго этажей самые маленькие в Риме (рис. 1.). В этом городе нужно самое маленькое количество энергии на отопление здания в период отопительного сезона. Такой результат не случаен, так как средняя наружная температура в г. Риме в течение отопительного периода в 5 раз выше, чем средняя наружная температура в течение отопительного периода в г. Клайпедо. Эта диаграмма отражает, что нормативные требования к перегородкам зданий г. Рима являются специфическими и не могут быть применимы к зданиям, которые находятся в г. Клайпедо.

Таблица 2

Здание в городе Клайпеде

Первый этаж здания в г. Клайпеде /The first floor of a building in Klaipėda

Room	Air flow rate, 1/h	Volume, m ³	Heat conductivity, W/K	Temperature difference, K	Time, days	Degree Days	Heat losses, kWh	Distribution of heat losses, %
1.1 Hall	0,5	6,26	68,02	18,1	191	3457	86,61	1,90%
1.2 Coridor	0,5	3,61	34,92	16,1	191	3075	44,46	0,97%
1.3 Bathroom	1,5	3,64	138,38	21,1	191	4030	176,21	3,86%
1.4 Kitchen	1,5	15,45	503,39	18,1	191	3457	640,99	14,04%
1.5 Living room	0,5	42,27	459,04	18,1	191	3457	584,52	12,81%
Σ			1203,76				1532,79	33,58%
Element of building envelope	Heat transfer coefficient (W/m ² *K)	Area, m ²	Heat conductivity, W/K	Temperature difference, K	Time, days	Degree Days	Heat losses, kWh	Distribution of heat losses, %
Exterior wall	0,2	39,63	143,88	18,15	191	3467	659,55	14,45%
Windows	1,6	9,18	266,61		191	3467	1222,12	26,78%
Doors	1,6	1,97	57,10		191	3467	261,74	5,73%
Floor on the ground	0,25	42,70	193,76		191	3467	888,19	19,46%
Σ			661,34				3031,61	66,42%
Sum for the first floor:			1865,11				4564,39	

Таблица 3

Второй этаж здания в г. Клайпеде /The second floor of a building in Klaipėda

Room	Air flow rate, 1/h	Volume, m ³	Heat conductivity, W/K	Temperature difference, K	Time, days	Degree Days	Heat losses, kWh	Distribution of heat losses, %
2.1 Hall	0,5	6,94	75,41	18,1	191	3457	96,02	2,47%
2.2 Workroom	0,5	14,47	157,15	18,1	191	3457	200,10	5,14%
2.3 Bedroom	0,5	15,94	173,12	18,1	191	3457	220,44	5,67%
2.4 Clockroom	0,5	3,61	39,22	18,1	191	3457	49,94	1,28%
2.5 Bathroom	1,5	7,22	274,32	21,1	191	4030	349,30	8,98%
2.6 Bedroom 2	0,5	16,26	176,62	18,1	191	3457	224,90	5,78%
2.7 Bedroom 3	0,5	14,07	152,83	18,1	191	3457	194,61	5,00%
Σ			1048,67				1335,30	34,32%
Element of building envelope	Heat transfer coefficient (W/m ² *K)	Area, m ²	Heat conductivity, W/K	Temperature difference, K	Time, days	Degree Days	Heat losses, kWh	Distribution of heat losses, %
Exterior wall	0,2	47,85	175,85	18,38	191	3510	806,12	20,72%
Windows	1,6	7,81	229,73		191	3510	1053,08	27,06%
Doors	0,16	51,68	151,95		191	3510	696,53	17,90%
Σ			557,53				2555,73	65,68%
Sum for the second floor:			1606,20				3891,03	
Sum for the whole building:			3471,31				8455,43	



Таблица 4

Здание в г. Риме

Первый этаж здания в г. Риме /The first floor of a building in Rome

Room	Air flow rate, 1/h	Volume, m ³	Heat conductivity, W/K	Temperature difference, K	Time, days	Degree Days	Heat losses, kWh	Distribution of heat losses, %
1.1 Hall	0,5	6,26	37,13	9,9	151	1492	37,38	1,37%
1.2 Coridor	0,5	3,61	17,09	7,9	151	1190	17,21	0,63%
1.3 Bathroom	1,5	3,64	84,47	12,9	151	1945	85,03	3,11%
1.4 Kitchen	1,5	15,45	274,78	9,9	151	1492	276,61	10,13%
1.5 Living room	0,5	42,27	250,57	9,9	151	1492	252,24	9,24%
Σ			664,05				668,47	24,48%
Element of building envelope	Heat transfer coefficient (W/m2*K)	Area, m ²	Heat conductivity, W/K	Temperature difference, K	Time, days	Degree Days	Heat losses, kWh	Distribution of heat losses, %
Exterior wall	0,5	39,63	196,81	9,93	151	1500	713,25	26,12%
Windows	1,6	9,18	145,88		151	1500	528,65	19,36%
Doors	1,6	1,97	31,24		151	1500	113,22	4,15%
Floor on the ground	0,46	42,70	195,07		151	1500	706,94	25,89%
Σ			569,00				2062,06	75,52%
Sum for the first floor:			1233,05				2730,53	

Таблица 5

Второй этаж здания в г. Риме /The second floor of a building in Rome

Room	Air flow rate, 1/h	Volume, m ³	Heat conductivity, W/K	Temperature difference, K	Time, days	Degree Days	Heat losses, kWh	Distribution of heat losses, %
2.1 Hall	0,5	6,94	41,16	9,9	151	1492	41,44	1,47%
2.2 Workroom	0,5	14,47	85,78	9,9	151	1492	86,35	3,07%
2.3 Bedroom	0,5	15,94	94,50	9,9	151	1492	95,13	3,39%
2.4 Clockroom	0,5	3,61	21,41	9,9	151	1492	21,55	0,77%
2.5 Bathroom	1,5	7,22	167,45	12,9	151	1945	168,57	6,00%
2.6 Bedroom 2	0,5	16,26	96,41	9,9	151	1492	97,05	3,45%
2.7 Bedroom 3	0,5	14,07	83,43	9,9	151	1492	83,98	2,99%
Σ			590,13				594,07	21,14%
Element of building envelope	Heat transfer coefficient (W/m ² *K)	Area, m ²	Heat conductivity, W/K	Temperature difference, K	Time, days	Degree Days	Heat losses, kWh	Distribution of heat losses, %
Exterior wall	0,5	47,85	242,98	10,16	151	1534	880,55	31,34%
Windows	1,6	7,81	126,97		151	1534	460,13	16,38%
Doors	0,46	51,68	241,44		151	1534	874,97	31,14%
Σ			611,38				2215,64	78,86%
Sum for the second floor:			1201,51				2809,71	
Sum for the whole building:			2434,56				5540,24	



Таблица 6

«Перенос» здания из Рима в Клайпеду
 Первый этаж «перенесённого» здания /The first floor of a „moved“ building

Room	Air flow rate, 1/h	Volume, m ³	Heat conductivity, W/K	Temperature difference, K	Time, days	Degree Days	Heat losses, kWh	Distribution of heat losses, %
1.1 Hall	0,5	6,26	68,02	18,1	191	3457	86,61	1,37%
1.2 Coridor	0,5	3,61	34,92	16,1	191	3075	44,46	0,71%
1.3 Bathroom	1,5	3,64	138,38	21,1	191	4030	176,21	2,80%
1.4 Kitchen	1,5	15,45	503,39	18,1	191	3457	640,99	10,17%
1.5 Living room	0,5	42,27	459,04	18,1	191	3457	584,52	9,28%
Σ			1203,76				1532,79	24,33%
Element of building envelope	Heat transfer coefficient (W/m ² *K)	Area, m ²	Heat conductivity, W/K	Temperature difference, K	Time, days	Degree Days	Heat losses, kWh	Distribution of heat losses, %
Exterior wall	0,5	39,63	359,70	18,15	191	3467	1648,87	26,17%
Windows	1,6	9,18	266,61		191	3467	1222,12	19,40%
Doors	1,6	1,97	57,10		191	3467	261,74	4,15%
Floor on the ground	0,46	42,70	356,52		191	3467	1634,28	25,94%
Σ			1039,92				4767,01	75,67%
Sum for the first floor			2243,69				6299,80	

Таблица 7

Второй этаж «перенесённого» здания /The second floor of a „moved“ building

Room	Air flow rate, 1/h	Volume, m ³	Heat conductivity, W/K	Temperature difference, K	Time, days	Degree Days	Heat losses, kWh	Distribution of heat losses, %
2.1 Hall	0,5	6,94	75,41	18,1	191	3457	96,02	1,50%
2.2 Workroom	0,5	14,47	157,15	18,1	191	3457	200,10	3,12%
2.3 Bedroom	0,5	15,94	173,12	18,1	191	3457	220,44	3,44%
2.4 Clockroom	0,5	3,61	39,22	18,1	191	3457	49,94	0,78%
2.5 Bathroom	1,5	7,22	274,32	21,1	191	4030	349,30	5,45%
2.6 Bedroom 2	0,5	16,26	176,62	18,1	191	3457	224,90	3,51%
2.7 Bedroom 3	0,5	14,07	152,83	18,1	191	3457	194,61	3,04%
Σ			1048,67				1335,30	20,84%
Element of building envelope	Heat transfer coefficient (W/m ² *K)	Area, m ²	Heat conductivity, W/K	Temperature difference, K	Time, days	Degree Days	Heat losses, kWh	Distribution of heat losses, %
Exterior wall	0,5	47,85	439,64	18,38	191	3510	2015,29	31,46%
Windows	1,6	7,81	229,73		191	3510	1053,08	16,44%
Doors	0,46	51,68	436,85		191	3510	2002,52	31,26%
Σ			1106,22				5070,90	79,16%
Sum for the second floor			2154,88				6406,20	
Sum for the whole building			4398,57				12706,00	



Heat losses by the first and second floor

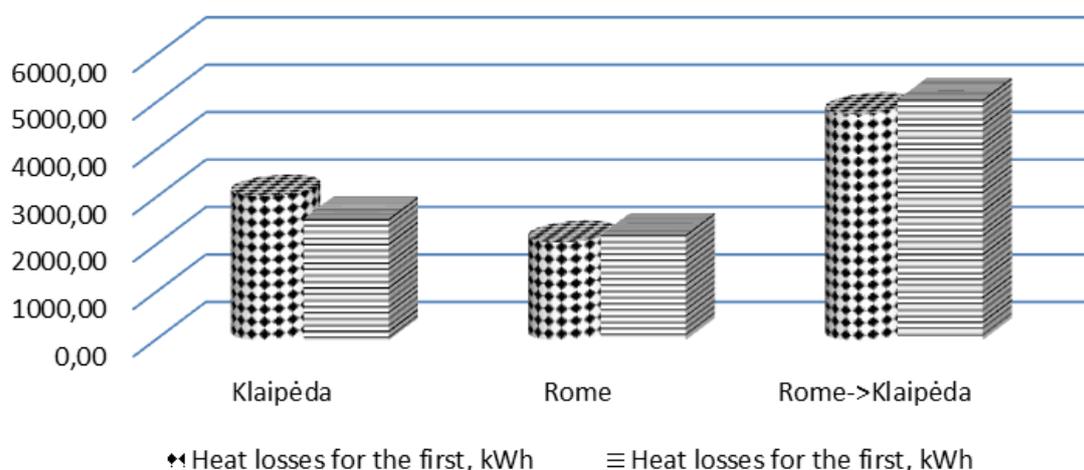


Рис. 1. Сравнение потерь тепловой энергии первого и второго этажей

Ventilation heat losses by the first and second floor

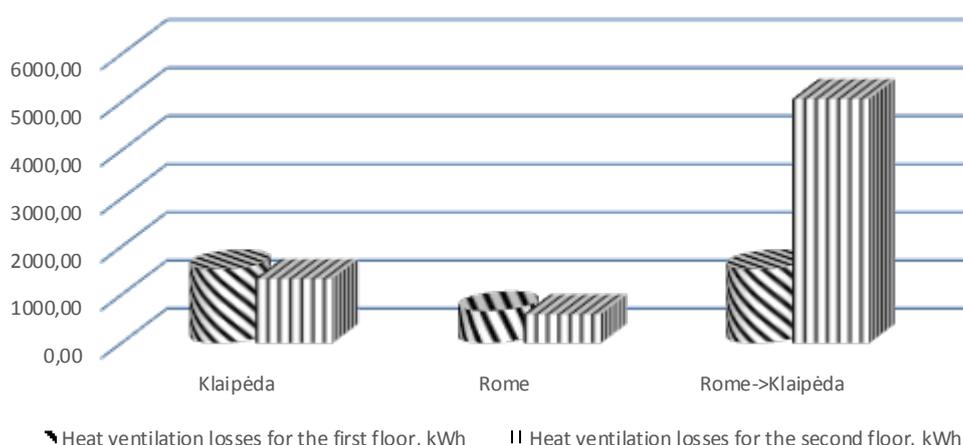


Рис. 2. Сравнение потерь от вентиляции первого и второго этажей

Потери от вентиляции первого и второго этажей самые маленькие тоже в г. Риме (рис. 2.). Однако у дома, «перенесённого» из Рима в Клайпеду, потери от вентиляции второго этажа гораздо больше. Можно утверждать, что в этом здании необходима подача чистого воздуха, чтобы для его жителей были бы сохранены комфортные условия.

По (рис. 3.) диаграмме видим, что тепловые потери самые большие в здании, «перенесённом» из Рима в Клайпеду. Это зависит от различной продолжительности отопительного сезона (Клайпедe – 191 сутки, в Риме- 151 сутки), а также от разницы температур в течение отопительного сезона.



Heat losses of the whole building

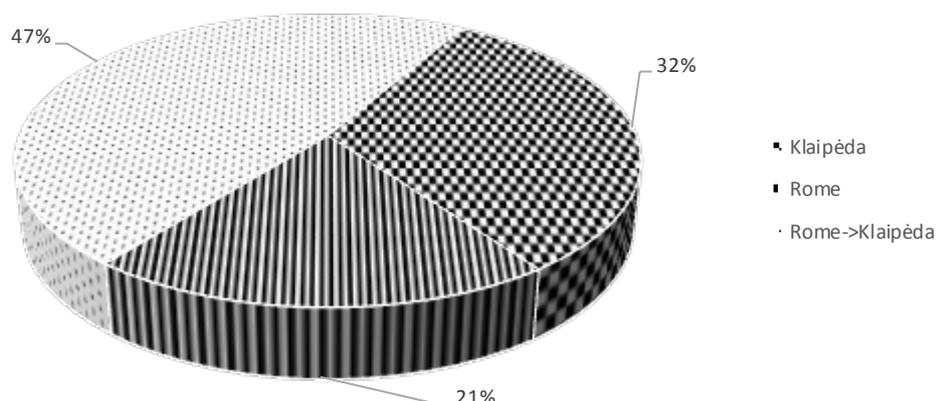


Рис. 3. Тепловые потери всего здания

В данной диаграмме (рис. 4.) ещё ярче видно, что дом, «перенесённый» из Рима в Клайпеду, требует почти в два раза больше тепловой энергии, необходимой для отопления и вентиляции здания, нежели дом, находящийся в городе Риме.

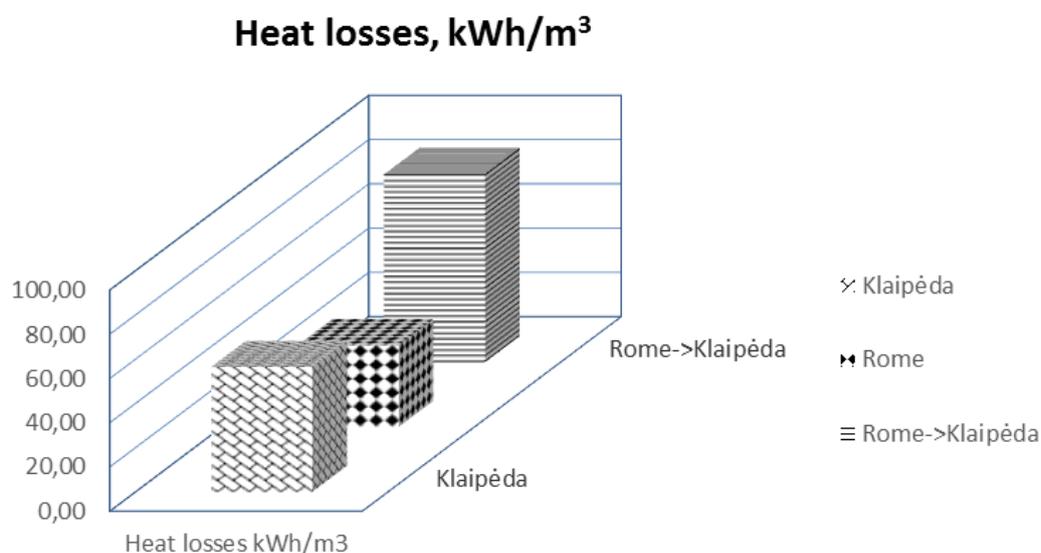


Рис. 4. Тепловые потери всего здания на один кубический метр

По диаграмме (рис. 5.) видно, что тепловые потери через перегородки распределяются неравномерно. Через наружные двери тепловые потери самые маленькие, так как их занимаемая площадь самая маленькая (3,9 м²). Через пол, наружные стены, и через крышу тепловые потери распределяются схожим образом. Если сравнивать дом, который находится в городе Риме и в здании, «перенесённое» из Рима в город Клайпеду, то потери больше в городе Клайпед. Это определяет различные средние наружные температуры



отопительного сезона, продолжительность отопления, которая в городе Риме на 40 суток короче, чем в Клайпеде. Также в диаграмме видим, потери теплоты через окна в городе Клайпеде больше, чем в других местах здания. Можно сделать вывод, что коэффициент теплопроводности равняется 1,6 ($W/m^2 \cdot K$) и более подходит зданию в городе Риме.

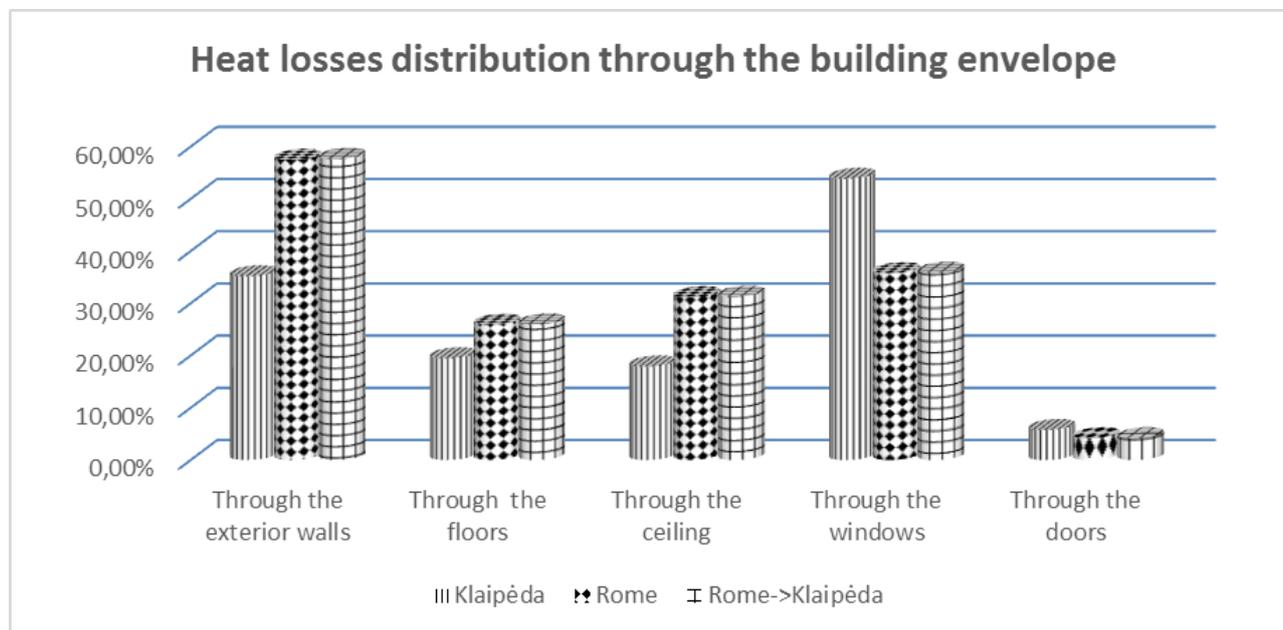


Рис. 5. Распределение тепловых потерь через перегородки(%)

Выводы

Анализ показывает, что потребности в тепловой энергии в каждом доме зависят от географического положения, иначе говоря, от средней температуры отопления и продолжительности отопления. Важным критерием является коэффициент теплопроводности, который в городе Риме выше, по сравнению с таким же коэффициентом в городе Клайпеде. Самые большие тепловые потери в каждом здании - через перегородки (наружные стены, пол, крышу, окна и т. д.). В жилых помещениях необходимо создать благоприятные условия для населения и комфортный уровень теплоты. Необходимо избежать напряжения, вызванного теплотой, холодом и духотой. Помещения необходимо проветривать или топить, поэтому немалая часть энергии нужна и для отопления чистого воздуха. Подсчитав все потребности, необходимые для отопления и вентиляции здания и умножив их из тарифа на теплоту в городе Клайпеде (5,03 ct/kWh) узнаем, что центральное отопление дома в течение 191 суток (продолжительность отопительного сезона) в Клайпеде обойдется в 425 евро. Если бы мы строили здание в городе Клайпеде согласно нормативным требованиям для перегородок в городе Риме, центральное отопление для такого дома обошлось бы в 639 евро. Поэтому очевидно, что коэффициенты теплопроводности оказывают значительное влияние на стоимость отопления.

Литература:

1. Андрикус Р. (2015) Исследование по управлению входящей тепловой



энергией в жилом помещении, в соответствии с показаниями солнца и ветра/заключительная работа магистра. Вильнюс, с.12.

2. Гудзинскас Ю., Лукошявичюс В. (2011) Руководитель потребителя тепловой энергии. Вильнюс, с. 155.

3. Микроклимат в помещениях зданий жилого и общественного назначения. Интернет ссылка: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.480FD840BA61>

4. Симонайтис Р. (2016) Исследование потерь тепловой энергии в квартире, находящейся в многоэтажном доме/ заключительная работа магистра. Паневежис, с.21.

5. Шинкунас С., Морквенас М., Гудзинскас Ю., Морквенас Р., (2013) Исследование математических моделей обмена тепловой энергии и возможностях их применения для управления рабочего режима отопительных систем в помещениях. Каунасский технологический университет, Каунас, с. 6.

6. Туомас Е. (2000) Тепловая техника. Вильнюс, с. 10-12.6.

Abstract. *Energy consumption in the world is growing every year. The current situation, in which the continuous increase in energy prices is increasingly associated with environmental pollution and the threat of global warming, forces people to constantly seek for and improve energy technologies and promote energy conservation. The main purpose of this article is to prove that the demand for heat consumption for each house depends on the geographical location, in other words, on the average temperature of the heating season and the duration of heating, taking into account the heat transfer coefficient, which differs in different conditions. We often hasten to build a house, regardless of weather conditions or energy consumption, without thinking about prospects and costs. It is very important to understand that through the architectural and technological solutions to the building, the location climate conditions and consumer behavior the formed-up energy and fresh air requirements for indoor comfort and the good climate are assured by building heating, ventilation and cooling systems. The amount of heat used for heating is proportional to the duration of the heating season and the average outside temperature, as can be seen from the analysis of the work carried out and the diagrams obtained.*

Key words: *Partition walls, heat loss, ventilation, heat transfer coefficient, microclimate of buildings*

References:

1. Andrikis R. (2015) Analysis of the Control of Heat in a House of Dwelling in the Assessment of Solar and Wind Data / Final Master's Project, Vilnius, pp. 12.

2. Gudzinskas J., Lukoševičius V. (2011) Heat User's Guide, Vilnius, pp. 155.

3. Microclimate of residential and public buildings [interactive]. [viewed 2015 20 22] Internet Access: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.480FD840BA61>

4. Simonaitis R. (2016) Investigation of the Heat Loss of Apartment House, Apartment / Master's Theses, Panevėžys, pp. 21.

5. Šinkūnas S., Morkvenas M., Gudzinskas J., Morkvenas R. (2013) Mathematical Models of Heat Exchange in Buildings and the Feasibility Study of Their Application for Controlling the Operation of Building Heating Systems in the Working Mode, Kaunas University of Technology, Kaunas, pp. 6.

6. Tuomas E. (2000) Thermal Engineering, Vilnius, pp. 10-12.

Научный руководитель: др. Андреяускене Е.

Статья отправлена: 06.06.2018 г.

© Суджювене Р. А., Паришаускене Д.