

Список цитированных источников

1. Бутягин, В. А. Часть III. Многоэтажные жилые дома / В. А. Бутягин // Методические указания по проектированию жилых зданий [Электронный ресурс]. — 2009. — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7205646/#4>. — Дата доступа: 18.04.2022.
2. Комсомольская правда. Недвижимость // Эволюция жилья: как менялись наши квартиры [Электронный ресурс]. — 2012. — Режим доступа: <https://www.spb.kp.ru/daily/-25850/2819548/>. — Дата доступа: 18.04.2022.
3. Трушин, Г. Жильё / Г. Трушин // Доходный дом: как был устроен рынок аренды жилья в России до 1917 года. [Электронный ресурс]. — 2017. — Режим доступа: <https://reality.rbc.ru/news/58d4d1cf9a7947b08201b19a>. — Дата доступа: 16.04.2022.
4. Кошеленко, Г. А. Жилые сооружения. Инсулы / Г. А. Кошеленко // Архитектура Римской империи. Архитектура Древнего Рима [Электронный ресурс]. — 1973. — Режим доступа: http://antique.totalarch.com/gha_roma/3/18. — Дата доступа: 17.04.2022.
5. Лемякина, Т. А. Аудит и финансовый анализ / Т. А. Лемякина // Эволюция инноваций в жилищном строительстве [Электронный ресурс]. — 2012. Режим доступа: https://auditfin.com/fin/2012/5/2012_V_10_14.pdf. — Дата доступа: 13.04.2022.
6. Многоквартирный дом в Древнем Риме [Электронный ресурс]. — 2019. — Режим доступа: <https://ohitalia.ru/novosti/mnogokvartirnyj-dom-v-drevnem-rime/>. — Дата доступа: 17.04.2022.
7. Дадашева, А. Антропология коммуналки / А. Дадашева // Краткая история жилищного вопроса [Электронный ресурс]. — 2017. — Режим доступа: <https://arzamas.academy/materials/595>. — Дата доступа: 16.04.2022.
8. Российский дом будущего. Долгосрочная стратегия массового строительства жилья в России // Жилищные и градостроительные принципы, традиции, концепции и подходы. [Электронный ресурс]. — 2007. — Режим доступа: https://raex-a.ru/researches/city/town-planning_principles. — Дата доступа: 20.04.2022.
9. Жабкин, Д. История формирования жилищной культуры. От доходного дома до квартиры / Д. Жабкин [Электронный ресурс]. — 2016. — Режим доступа: <https://djhooligantk.livejournal.com/1258119.html>. — Дата доступа: 21.04.2022.
10. Попов, Г. История «квартирного вопроса» / Г. Попов [Электронный ресурс]. — 2007. — Режим доступа: <https://xn---stb8d.xn--p1ai/Portfolio/99/>. — Дата доступа: 20.04.2022.

УДК 699.8

Стасюк Е. В., Солтанюк М. М.

Научный руководитель: ст. преподаватель Глушко К. К.

РАСЧЁТ ДВУМЕРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ С ЛИНЕЙНЫМИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ

Введение

Математические зависимости, предложенные для проведения теплотехнических расчётов, заложенные в строительных нормах [СП], основаны, вообще говоря, на одномерном представлении температурного поля в ограждающих конструкциях [Б]. Такой расчёт прост и может быть легко произведён, однако главным недостатком является его невысокая точность. Реальные конструкции наружных ограждений, как правило, содержат в себе теплотехнические неоднородности различных типов: объёмные, линейные и точечные. Места примыкания наружных стен и перекрытий, места их соединения с иными элементами, имеющими отличное термическое сопротивление, значительно искажает в их

толще характер распределения температуры. Это приводит к появлению двумерных и трёхмерных температурных полей.

Общая часть

Линейные теплотехнические неоднородности неизбежно появляются в ограждениях различных типов: наружные стены каркасных домов, наружные стены каркасных железобетонных зданий, ряды перемычек над окнами и дверьми, балки чердачных утеплённых перекрытий, деревянные лаги в конструкции пола с утеплением.

Принимая разбиение материальной части ограждения на десять частей по толщине и 2–3 калибра наиболее теплопроводной части (20–30 участков разбиения), можно составить следующее выражение для определения температуры в узле сетки, изображённой на рисунке 2:

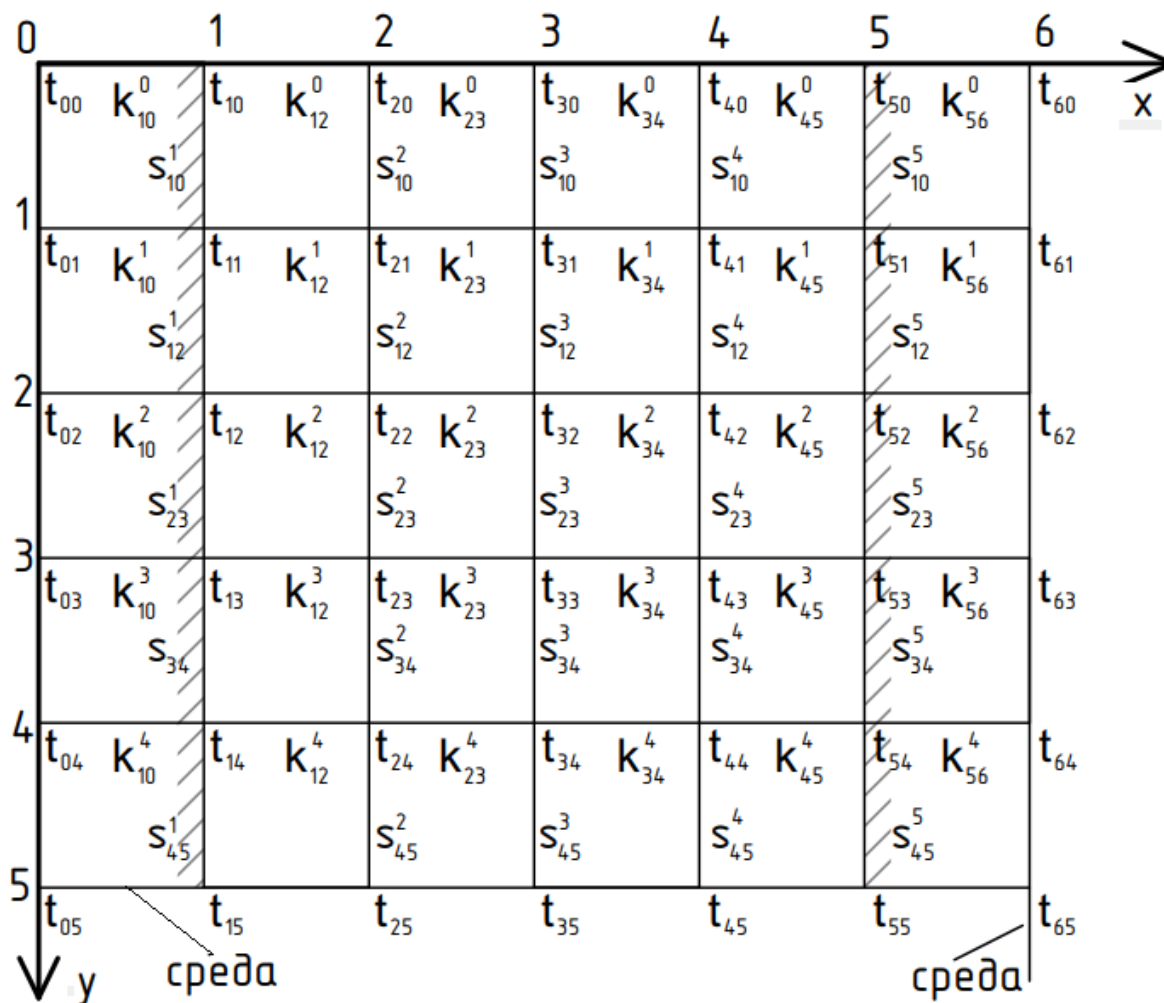


Рисунок 2 – Конечно-разностная сеть участка ограждения с одной плоскостью симметрии

Уравнение с учётом преобразований может быть представлено в следующем виде для ограждения без выступающих элементов и углов:

$$K_{i,j}^j t_{i-1,j} - (K_{i,j}^j + K_{i,i+1}^j + S_{j-1,j}^i + S_{j,j+1}^i) t_{i,j} + (K_{i,i+1}^j + S_{i,i+1}^i) t_{i+1,j} = -(S_{j,j-1}^i t_{i,j-1} + S_{j,j+1}^i t_{i,j+1}). \quad (1)$$

При помощи изложенного выше подхода расчёта двумерного температурного поля были получены значения величин температур на узлах сетки для

наружных ограждений. Используя полученные результаты, были построены изотермы +8 °С, +10 °С, +12 °С, местоположение которых в толще ограждающих конструкций может быть использовано для определения точек росы в местах нахождения теплопроводных включений. В таблице 1 представлены мозаики температур температурных полей и построенные изотермы.

Таблица 1 – Результаты вычисления величин температур двумерного температурного поля

Наименование теплотехнической неоднородности	Мозаика температур	Изотермы +8 °С, +10 °С, +12 °С																																																																																																																																																																																																																																																													
<p>Теплопроводное включение $\lambda = 0,18 \text{ Вт/(мС)}$ и утеплитель $\lambda = 0,037 \text{ Вт/(мС)}$, толщина ограждения 15 см</p>	<table border="1"> <tr><td>16.6</td><td>11.5</td><td>6.7</td><td>2.0</td><td>-2.8</td><td>-7.5</td><td>-12.3</td><td>-17.1</td><td>-21.8</td><td>-26.6</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.6</td><td>11.7</td><td>6.9</td><td>2.1</td><td>-2.7</td><td>-7.5</td><td>-12.3</td><td>-17.1</td><td>-21.9</td><td>-26.7</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.5</td><td>11.7</td><td>6.8</td><td>2.0</td><td>-2.8</td><td>-7.6</td><td>-12.4</td><td>-17.2</td><td>-22.0</td><td>-26.7</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.5</td><td>11.5</td><td>6.6</td><td>1.8</td><td>-3.0</td><td>-7.8</td><td>-12.5</td><td>-17.2</td><td>-22.0</td><td>-26.7</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.5</td><td>11.4</td><td>6.4</td><td>1.6</td><td>-3.2</td><td>-7.9</td><td>-12.6</td><td>-17.3</td><td>-22.1</td><td>-26.7</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.4</td><td>11.1</td><td>6.1</td><td>1.3</td><td>-3.5</td><td>-8.1</td><td>-12.8</td><td>-17.4</td><td>-22.1</td><td>-26.7</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.2</td><td>10.6</td><td>5.5</td><td>0.8</td><td>-3.9</td><td>-8.4</td><td>-12.9</td><td>-17.5</td><td>-22.1</td><td>-26.7</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>15.5</td><td>9.5</td><td>4.6</td><td>0.0</td><td>-4.4</td><td>-8.8</td><td>-13.2</td><td>-17.6</td><td>-22.1</td><td>-26.6</td><td>-31.4</td></tr> <tr><td>12.3</td><td>7.4</td><td>3.2</td><td>-0.9</td><td>-5.1</td><td>-9.3</td><td>-13.5</td><td>-17.7</td><td>-21.9</td><td>-26.2</td><td>-30.5</td></tr> <tr><td>10.4</td><td>6.6</td><td>2.8</td><td>-1.1</td><td>-5.2</td><td>-9.3</td><td>-13.5</td><td>-17.7</td><td>-21.9</td><td>-26.1</td><td>-30.1</td></tr> <tr><td>10.4</td><td>6.5</td><td>2.7</td><td>-1.2</td><td>-5.3</td><td>-9.4</td><td>-13.5</td><td>-17.7</td><td>-21.9</td><td>-26.0</td><td>-30.1</td></tr> <tr><td>10.5</td><td>6.5</td><td>2.4</td><td>-1.4</td><td>-5.3</td><td>-9.4</td><td>-13.5</td><td>-17.7</td><td>-21.8</td><td>-26.0</td><td>-30.0</td></tr> <tr><td>10.4</td><td>6.5</td><td>2.7</td><td>-1.2</td><td>-5.3</td><td>-9.4</td><td>-13.5</td><td>-17.7</td><td>-21.9</td><td>-26.0</td><td>-30.1</td></tr> <tr><td>10.4</td><td>6.6</td><td>2.8</td><td>-1.1</td><td>-5.2</td><td>-9.3</td><td>-13.5</td><td>-17.7</td><td>-21.9</td><td>-26.1</td><td>-30.1</td></tr> <tr><td>12.3</td><td>7.4</td><td>3.2</td><td>-0.9</td><td>-5.1</td><td>-9.3</td><td>-13.5</td><td>-17.7</td><td>-21.9</td><td>-26.2</td><td>-30.5</td></tr> <tr><td>15.5</td><td>9.5</td><td>4.6</td><td>0.0</td><td>-4.4</td><td>-8.8</td><td>-13.2</td><td>-17.6</td><td>-22.1</td><td>-26.6</td><td>-31.4</td></tr> <tr><td>16.2</td><td>10.6</td><td>5.5</td><td>0.8</td><td>-3.9</td><td>-8.4</td><td>-12.9</td><td>-17.5</td><td>-22.1</td><td>-26.7</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.4</td><td>11.1</td><td>6.1</td><td>1.3</td><td>-3.5</td><td>-8.1</td><td>-12.8</td><td>-17.4</td><td>-22.1</td><td>-26.7</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.5</td><td>11.4</td><td>6.4</td><td>1.6</td><td>-3.2</td><td>-7.9</td><td>-12.6</td><td>-17.3</td><td>-22.1</td><td>-26.7</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.5</td><td>11.5</td><td>6.6</td><td>1.8</td><td>-3.0</td><td>-7.8</td><td>-12.5</td><td>-17.2</td><td>-22.0</td><td>-26.7</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.5</td><td>11.7</td><td>6.8</td><td>2.0</td><td>-2.8</td><td>-7.6</td><td>-12.4</td><td>-17.2</td><td>-22.0</td><td>-26.7</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.6</td><td>11.7</td><td>6.9</td><td>2.1</td><td>-2.7</td><td>-7.5</td><td>-12.3</td><td>-17.1</td><td>-21.9</td><td>-26.7</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.6</td><td>11.5</td><td>6.7</td><td>2.0</td><td>-2.8</td><td>-7.5</td><td>-12.3</td><td>-17.1</td><td>-21.8</td><td>-26.6</td><td>-31.5</td></tr> </table>	16.6	11.5	6.7	2.0	-2.8	-7.5	-12.3	-17.1	-21.8	-26.6	-31.5	16.6	11.7	6.9	2.1	-2.7	-7.5	-12.3	-17.1	-21.9	-26.7	-31.5	16.5	11.7	6.8	2.0	-2.8	-7.6	-12.4	-17.2	-22.0	-26.7	-31.5	16.5	11.5	6.6	1.8	-3.0	-7.8	-12.5	-17.2	-22.0	-26.7	-31.5	16.5	11.4	6.4	1.6	-3.2	-7.9	-12.6	-17.3	-22.1	-26.7	-31.5	16.4	11.1	6.1	1.3	-3.5	-8.1	-12.8	-17.4	-22.1	-26.7	-31.5	16.2	10.6	5.5	0.8	-3.9	-8.4	-12.9	-17.5	-22.1	-26.7	-31.5	15.5	9.5	4.6	0.0	-4.4	-8.8	-13.2	-17.6	-22.1	-26.6	-31.4	12.3	7.4	3.2	-0.9	-5.1	-9.3	-13.5	-17.7	-21.9	-26.2	-30.5	10.4	6.6	2.8	-1.1	-5.2	-9.3	-13.5	-17.7	-21.9	-26.1	-30.1	10.4	6.5	2.7	-1.2	-5.3	-9.4	-13.5	-17.7	-21.9	-26.0	-30.1	10.5	6.5	2.4	-1.4	-5.3	-9.4	-13.5	-17.7	-21.8	-26.0	-30.0	10.4	6.5	2.7	-1.2	-5.3	-9.4	-13.5	-17.7	-21.9	-26.0	-30.1	10.4	6.6	2.8	-1.1	-5.2	-9.3	-13.5	-17.7	-21.9	-26.1	-30.1	12.3	7.4	3.2	-0.9	-5.1	-9.3	-13.5	-17.7	-21.9	-26.2	-30.5	15.5	9.5	4.6	0.0	-4.4	-8.8	-13.2	-17.6	-22.1	-26.6	-31.4	16.2	10.6	5.5	0.8	-3.9	-8.4	-12.9	-17.5	-22.1	-26.7	-31.5	16.4	11.1	6.1	1.3	-3.5	-8.1	-12.8	-17.4	-22.1	-26.7	-31.5	16.5	11.4	6.4	1.6	-3.2	-7.9	-12.6	-17.3	-22.1	-26.7	-31.5	16.5	11.5	6.6	1.8	-3.0	-7.8	-12.5	-17.2	-22.0	-26.7	-31.5	16.5	11.7	6.8	2.0	-2.8	-7.6	-12.4	-17.2	-22.0	-26.7	-31.5	16.6	11.7	6.9	2.1	-2.7	-7.5	-12.3	-17.1	-21.9	-26.7	-31.5	16.6	11.5	6.7	2.0	-2.8	-7.5	-12.3	-17.1	-21.8	-26.6	-31.5	
16.6	11.5	6.7	2.0	-2.8	-7.5	-12.3	-17.1	-21.8	-26.6	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.6	11.7	6.9	2.1	-2.7	-7.5	-12.3	-17.1	-21.9	-26.7	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.5	11.7	6.8	2.0	-2.8	-7.6	-12.4	-17.2	-22.0	-26.7	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.5	11.5	6.6	1.8	-3.0	-7.8	-12.5	-17.2	-22.0	-26.7	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.5	11.4	6.4	1.6	-3.2	-7.9	-12.6	-17.3	-22.1	-26.7	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.4	11.1	6.1	1.3	-3.5	-8.1	-12.8	-17.4	-22.1	-26.7	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.2	10.6	5.5	0.8	-3.9	-8.4	-12.9	-17.5	-22.1	-26.7	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
15.5	9.5	4.6	0.0	-4.4	-8.8	-13.2	-17.6	-22.1	-26.6	-31.4																																																																																																																																																																																																																																																					
12.3	7.4	3.2	-0.9	-5.1	-9.3	-13.5	-17.7	-21.9	-26.2	-30.5																																																																																																																																																																																																																																																					
10.4	6.6	2.8	-1.1	-5.2	-9.3	-13.5	-17.7	-21.9	-26.1	-30.1																																																																																																																																																																																																																																																					
10.4	6.5	2.7	-1.2	-5.3	-9.4	-13.5	-17.7	-21.9	-26.0	-30.1																																																																																																																																																																																																																																																					
10.5	6.5	2.4	-1.4	-5.3	-9.4	-13.5	-17.7	-21.8	-26.0	-30.0																																																																																																																																																																																																																																																					
10.4	6.5	2.7	-1.2	-5.3	-9.4	-13.5	-17.7	-21.9	-26.0	-30.1																																																																																																																																																																																																																																																					
10.4	6.6	2.8	-1.1	-5.2	-9.3	-13.5	-17.7	-21.9	-26.1	-30.1																																																																																																																																																																																																																																																					
12.3	7.4	3.2	-0.9	-5.1	-9.3	-13.5	-17.7	-21.9	-26.2	-30.5																																																																																																																																																																																																																																																					
15.5	9.5	4.6	0.0	-4.4	-8.8	-13.2	-17.6	-22.1	-26.6	-31.4																																																																																																																																																																																																																																																					
16.2	10.6	5.5	0.8	-3.9	-8.4	-12.9	-17.5	-22.1	-26.7	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.4	11.1	6.1	1.3	-3.5	-8.1	-12.8	-17.4	-22.1	-26.7	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.5	11.4	6.4	1.6	-3.2	-7.9	-12.6	-17.3	-22.1	-26.7	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.5	11.5	6.6	1.8	-3.0	-7.8	-12.5	-17.2	-22.0	-26.7	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.5	11.7	6.8	2.0	-2.8	-7.6	-12.4	-17.2	-22.0	-26.7	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.6	11.7	6.9	2.1	-2.7	-7.5	-12.3	-17.1	-21.9	-26.7	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.6	11.5	6.7	2.0	-2.8	-7.5	-12.3	-17.1	-21.8	-26.6	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
<p>Теплопроводное включение $\lambda = 0,18 \text{ Вт/(мС)}$ и утеплитель $\lambda = 0,064 \text{ Вт/(мС)}$, толщина ограждения 15 см</p>	<table border="1"> <tr><td>15.6</td><td>10.9</td><td>6.2</td><td>1.5</td><td>-3.2</td><td>-7.9</td><td>-12.5</td><td>-17.2</td><td>-21.8</td><td>-26.5</td><td>-31.1</td></tr> <tr><td>15.5</td><td>10.8</td><td>6.1</td><td>1.3</td><td>-3.3</td><td>-8.0</td><td>-12.6</td><td>-17.3</td><td>-21.9</td><td>-26.5</td><td>-31.2</td></tr> <tr><td>15.4</td><td>10.6</td><td>5.9</td><td>1.2</td><td>-3.5</td><td>-8.2</td><td>-12.8</td><td>-17.4</td><td>-22.0</td><td>-26.6</td><td>-31.2</td></tr> <tr><td>15.3</td><td>10.5</td><td>5.7</td><td>1.0</td><td>-3.7</td><td>-8.4</td><td>-12.9</td><td>-17.6</td><td>-22.1</td><td>-26.6</td><td>-31.2</td></tr> <tr><td>15.3</td><td>10.3</td><td>5.4</td><td>0.7</td><td>-4.0</td><td>-8.6</td><td>-13.2</td><td>-17.8</td><td>-22.3</td><td>-26.7</td><td>-31.2</td></tr> <tr><td>15.0</td><td>9.8</td><td>4.9</td><td>0.2</td><td>-4.4</td><td>-9.0</td><td>-13.5</td><td>-18.0</td><td>-22.5</td><td>-26.8</td><td>-31.2</td></tr> <tr><td>14.4</td><td>9.0</td><td>4.2</td><td>-0.4</td><td>-4.9</td><td>-9.5</td><td>-14.0</td><td>-18.5</td><td>-22.8</td><td>-27.0</td><td>-31.2</td></tr> <tr><td>12.3</td><td>7.6</td><td>3.2</td><td>-1.2</td><td>-5.6</td><td>-10.2</td><td>-14.7</td><td>-19.1</td><td>-23.3</td><td>-27.1</td><td>-30.7</td></tr> <tr><td>10.7</td><td>6.9</td><td>2.9</td><td>-1.4</td><td>-5.8</td><td>-10.4</td><td>-15.0</td><td>-19.4</td><td>-23.6</td><td>-27.3</td><td>-30.5</td></tr> <tr><td>10.6</td><td>6.9</td><td>2.9</td><td>-1.4</td><td>-6.0</td><td>-10.7</td><td>-15.5</td><td>-20.1</td><td>-24.5</td><td>-28.1</td><td>-30.8</td></tr> <tr><td>10.7</td><td>6.7</td><td>2.5</td><td>-1.6</td><td>-6.1</td><td>-10.7</td><td>-15.4</td><td>-19.9</td><td>-24.1</td><td>-27.8</td><td>-30.6</td></tr> <tr><td>10.6</td><td>6.9</td><td>2.9</td><td>-1.4</td><td>-6.0</td><td>-10.7</td><td>-15.5</td><td>-20.1</td><td>-24.5</td><td>-28.1</td><td>-30.8</td></tr> <tr><td>10.7</td><td>6.9</td><td>2.9</td><td>-1.4</td><td>-5.8</td><td>-10.4</td><td>-15.0</td><td>-19.4</td><td>-23.6</td><td>-27.3</td><td>-30.5</td></tr> <tr><td>12.3</td><td>7.6</td><td>3.2</td><td>-1.2</td><td>-5.6</td><td>-10.2</td><td>-14.7</td><td>-19.1</td><td>-23.3</td><td>-27.1</td><td>-30.7</td></tr> <tr><td>14.4</td><td>9.0</td><td>4.2</td><td>-0.4</td><td>-4.9</td><td>-9.5</td><td>-14.0</td><td>-18.5</td><td>-22.8</td><td>-27.0</td><td>-31.2</td></tr> <tr><td>15.0</td><td>9.8</td><td>4.9</td><td>0.2</td><td>-4.4</td><td>-9.0</td><td>-13.5</td><td>-18.0</td><td>-22.5</td><td>-26.8</td><td>-31.2</td></tr> <tr><td>15.3</td><td>10.3</td><td>5.4</td><td>0.7</td><td>-4.0</td><td>-8.6</td><td>-13.2</td><td>-17.8</td><td>-22.3</td><td>-26.7</td><td>-31.2</td></tr> <tr><td>15.3</td><td>10.5</td><td>5.7</td><td>1.0</td><td>-3.7</td><td>-8.4</td><td>-12.9</td><td>-17.6</td><td>-22.1</td><td>-26.6</td><td>-31.2</td></tr> <tr><td>15.4</td><td>10.6</td><td>5.9</td><td>1.2</td><td>-3.5</td><td>-8.2</td><td>-12.8</td><td>-17.4</td><td>-22.0</td><td>-26.6</td><td>-31.2</td></tr> <tr><td>15.5</td><td>10.8</td><td>6.1</td><td>1.3</td><td>-3.3</td><td>-8.0</td><td>-12.6</td><td>-17.3</td><td>-21.9</td><td>-26.5</td><td>-31.2</td></tr> <tr><td>15.6</td><td>10.9</td><td>6.2</td><td>1.5</td><td>-3.2</td><td>-7.9</td><td>-12.5</td><td>-17.2</td><td>-21.8</td><td>-26.5</td><td>-31.1</td></tr> </table>	15.6	10.9	6.2	1.5	-3.2	-7.9	-12.5	-17.2	-21.8	-26.5	-31.1	15.5	10.8	6.1	1.3	-3.3	-8.0	-12.6	-17.3	-21.9	-26.5	-31.2	15.4	10.6	5.9	1.2	-3.5	-8.2	-12.8	-17.4	-22.0	-26.6	-31.2	15.3	10.5	5.7	1.0	-3.7	-8.4	-12.9	-17.6	-22.1	-26.6	-31.2	15.3	10.3	5.4	0.7	-4.0	-8.6	-13.2	-17.8	-22.3	-26.7	-31.2	15.0	9.8	4.9	0.2	-4.4	-9.0	-13.5	-18.0	-22.5	-26.8	-31.2	14.4	9.0	4.2	-0.4	-4.9	-9.5	-14.0	-18.5	-22.8	-27.0	-31.2	12.3	7.6	3.2	-1.2	-5.6	-10.2	-14.7	-19.1	-23.3	-27.1	-30.7	10.7	6.9	2.9	-1.4	-5.8	-10.4	-15.0	-19.4	-23.6	-27.3	-30.5	10.6	6.9	2.9	-1.4	-6.0	-10.7	-15.5	-20.1	-24.5	-28.1	-30.8	10.7	6.7	2.5	-1.6	-6.1	-10.7	-15.4	-19.9	-24.1	-27.8	-30.6	10.6	6.9	2.9	-1.4	-6.0	-10.7	-15.5	-20.1	-24.5	-28.1	-30.8	10.7	6.9	2.9	-1.4	-5.8	-10.4	-15.0	-19.4	-23.6	-27.3	-30.5	12.3	7.6	3.2	-1.2	-5.6	-10.2	-14.7	-19.1	-23.3	-27.1	-30.7	14.4	9.0	4.2	-0.4	-4.9	-9.5	-14.0	-18.5	-22.8	-27.0	-31.2	15.0	9.8	4.9	0.2	-4.4	-9.0	-13.5	-18.0	-22.5	-26.8	-31.2	15.3	10.3	5.4	0.7	-4.0	-8.6	-13.2	-17.8	-22.3	-26.7	-31.2	15.3	10.5	5.7	1.0	-3.7	-8.4	-12.9	-17.6	-22.1	-26.6	-31.2	15.4	10.6	5.9	1.2	-3.5	-8.2	-12.8	-17.4	-22.0	-26.6	-31.2	15.5	10.8	6.1	1.3	-3.3	-8.0	-12.6	-17.3	-21.9	-26.5	-31.2	15.6	10.9	6.2	1.5	-3.2	-7.9	-12.5	-17.2	-21.8	-26.5	-31.1																							
15.6	10.9	6.2	1.5	-3.2	-7.9	-12.5	-17.2	-21.8	-26.5	-31.1																																																																																																																																																																																																																																																					
15.5	10.8	6.1	1.3	-3.3	-8.0	-12.6	-17.3	-21.9	-26.5	-31.2																																																																																																																																																																																																																																																					
15.4	10.6	5.9	1.2	-3.5	-8.2	-12.8	-17.4	-22.0	-26.6	-31.2																																																																																																																																																																																																																																																					
15.3	10.5	5.7	1.0	-3.7	-8.4	-12.9	-17.6	-22.1	-26.6	-31.2																																																																																																																																																																																																																																																					
15.3	10.3	5.4	0.7	-4.0	-8.6	-13.2	-17.8	-22.3	-26.7	-31.2																																																																																																																																																																																																																																																					
15.0	9.8	4.9	0.2	-4.4	-9.0	-13.5	-18.0	-22.5	-26.8	-31.2																																																																																																																																																																																																																																																					
14.4	9.0	4.2	-0.4	-4.9	-9.5	-14.0	-18.5	-22.8	-27.0	-31.2																																																																																																																																																																																																																																																					
12.3	7.6	3.2	-1.2	-5.6	-10.2	-14.7	-19.1	-23.3	-27.1	-30.7																																																																																																																																																																																																																																																					
10.7	6.9	2.9	-1.4	-5.8	-10.4	-15.0	-19.4	-23.6	-27.3	-30.5																																																																																																																																																																																																																																																					
10.6	6.9	2.9	-1.4	-6.0	-10.7	-15.5	-20.1	-24.5	-28.1	-30.8																																																																																																																																																																																																																																																					
10.7	6.7	2.5	-1.6	-6.1	-10.7	-15.4	-19.9	-24.1	-27.8	-30.6																																																																																																																																																																																																																																																					
10.6	6.9	2.9	-1.4	-6.0	-10.7	-15.5	-20.1	-24.5	-28.1	-30.8																																																																																																																																																																																																																																																					
10.7	6.9	2.9	-1.4	-5.8	-10.4	-15.0	-19.4	-23.6	-27.3	-30.5																																																																																																																																																																																																																																																					
12.3	7.6	3.2	-1.2	-5.6	-10.2	-14.7	-19.1	-23.3	-27.1	-30.7																																																																																																																																																																																																																																																					
14.4	9.0	4.2	-0.4	-4.9	-9.5	-14.0	-18.5	-22.8	-27.0	-31.2																																																																																																																																																																																																																																																					
15.0	9.8	4.9	0.2	-4.4	-9.0	-13.5	-18.0	-22.5	-26.8	-31.2																																																																																																																																																																																																																																																					
15.3	10.3	5.4	0.7	-4.0	-8.6	-13.2	-17.8	-22.3	-26.7	-31.2																																																																																																																																																																																																																																																					
15.3	10.5	5.7	1.0	-3.7	-8.4	-12.9	-17.6	-22.1	-26.6	-31.2																																																																																																																																																																																																																																																					
15.4	10.6	5.9	1.2	-3.5	-8.2	-12.8	-17.4	-22.0	-26.6	-31.2																																																																																																																																																																																																																																																					
15.5	10.8	6.1	1.3	-3.3	-8.0	-12.6	-17.3	-21.9	-26.5	-31.2																																																																																																																																																																																																																																																					
15.6	10.9	6.2	1.5	-3.2	-7.9	-12.5	-17.2	-21.8	-26.5	-31.1																																																																																																																																																																																																																																																					
<p>Теплопроводное включение $\lambda = 0,18 \text{ Вт/(мС)}$ и утеплитель $\lambda = 0,037 \text{ Вт/(мС)}$, толщина ограждения 15 см</p>	<table border="1"> <tr><td>16.6</td><td>11.7</td><td>6.9</td><td>2.1</td><td>-2.6</td><td>-7.4</td><td>-12.2</td><td>-16.9</td><td>-21.8</td><td>-26.6</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.6</td><td>11.8</td><td>7.0</td><td>2.3</td><td>-2.5</td><td>-7.2</td><td>-12.0</td><td>-16.8</td><td>-21.7</td><td>-26.5</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.6</td><td>11.8</td><td>7.1</td><td>2.4</td><td>-2.3</td><td>-7.0</td><td>-11.8</td><td>-16.6</td><td>-21.5</td><td>-26.5</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.6</td><td>11.8</td><td>7.1</td><td>2.4</td><td>-2.1</td><td>-6.8</td><td>-11.5</td><td>-16.3</td><td>-21.3</td><td>-26.3</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.6</td><td>11.7</td><td>7.0</td><td>2.5</td><td>-1.8</td><td>-6.3</td><td>-11.0</td><td>-15.9</td><td>-21.0</td><td>-26.1</td><td>-31.4</td></tr> <tr><td>16.4</td><td>11.3</td><td>6.8</td><td>2.6</td><td>-1.4</td><td>-5.7</td><td>-10.3</td><td>-15.2</td><td>-20.5</td><td>-25.8</td><td>-31.4</td></tr> <tr><td>15.8</td><td>10.4</td><td>6.3</td><td>2.7</td><td>-0.6</td><td>-4.4</td><td>-9.2</td><td>-14.3</td><td>-19.7</td><td>-25.4</td><td>-31.4</td></tr> <tr><td>12.7</td><td>8.3</td><td>5.2</td><td>2.6</td><td>0.7</td><td>-2.1</td><td>-7.7</td><td>-12.9</td><td>-18.4</td><td>-24.5</td><td>-31.3</td></tr> <tr><td>10.6</td><td>7.2</td><td>4.6</td><td>2.2</td><td>1.1</td><td>-2.4</td><td>-6.6</td><td>-11.2</td><td>-16.5</td><td>-23.1</td><td>-31.1</td></tr> <tr><td>9.4</td><td>6.0</td><td>3.7</td><td>1.8</td><td>1.1</td><td>-1.8</td><td>-4.9</td><td>-8.6</td><td>-13.4</td><td>-20.3</td><td>-30.6</td></tr> <tr><td>6.7</td><td>3.6</td><td>2.1</td><td>0.9</td><td>0.4</td><td>-1.0</td><td>-2.7</td><td>-4.9</td><td>-8.1</td><td>-14.1</td><td>-27.8</td></tr> <tr><td>9.4</td><td>6.0</td><td>3.7</td><td>1.8</td><td>1.1</td><td>-1.8</td><td>-4.9</td><td>-8.6</td><td>-13.4</td><td>-20.3</td><td>-30.6</td></tr> <tr><td>10.6</td><td>7.2</td><td>4.6</td><td>2.2</td><td>1.1</td><td>-2.4</td><td>-6.6</td><td>-11.2</td><td>-16.5</td><td>-23.1</td><td>-31.1</td></tr> <tr><td>12.7</td><td>8.3</td><td>5.2</td><td>2.6</td><td>0.7</td><td>-2.1</td><td>-7.7</td><td>-12.9</td><td>-18.4</td><td>-24.5</td><td>-31.3</td></tr> <tr><td>15.8</td><td>10.4</td><td>6.3</td><td>2.7</td><td>-0.6</td><td>-4.4</td><td>-9.2</td><td>-14.3</td><td>-19.7</td><td>-25.4</td><td>-31.4</td></tr> <tr><td>16.4</td><td>11.3</td><td>6.8</td><td>2.6</td><td>-1.4</td><td>-5.7</td><td>-10.3</td><td>-15.2</td><td>-20.5</td><td>-25.8</td><td>-31.4</td></tr> <tr><td>16.6</td><td>11.7</td><td>7.0</td><td>2.5</td><td>-1.8</td><td>-6.3</td><td>-11.0</td><td>-15.9</td><td>-21.0</td><td>-26.1</td><td>-31.4</td></tr> <tr><td>16.6</td><td>11.8</td><td>7.1</td><td>2.4</td><td>-2.1</td><td>-6.8</td><td>-11.5</td><td>-16.3</td><td>-21.3</td><td>-26.3</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.6</td><td>11.8</td><td>7.1</td><td>2.4</td><td>-2.3</td><td>-7.0</td><td>-11.8</td><td>-16.6</td><td>-21.5</td><td>-26.5</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.6</td><td>11.8</td><td>7.0</td><td>2.3</td><td>-2.5</td><td>-7.2</td><td>-12.0</td><td>-16.8</td><td>-21.7</td><td>-26.5</td><td>-31.5</td></tr> <tr><td>16.6</td><td>11.7</td><td>6.9</td><td>2.1</td><td>-2.6</td><td>-7.4</td><td>-12.2</td><td>-16.9</td><td>-21.8</td><td>-26.6</td><td>-31.5</td></tr> </table>	16.6	11.7	6.9	2.1	-2.6	-7.4	-12.2	-16.9	-21.8	-26.6	-31.5	16.6	11.8	7.0	2.3	-2.5	-7.2	-12.0	-16.8	-21.7	-26.5	-31.5	16.6	11.8	7.1	2.4	-2.3	-7.0	-11.8	-16.6	-21.5	-26.5	-31.5	16.6	11.8	7.1	2.4	-2.1	-6.8	-11.5	-16.3	-21.3	-26.3	-31.5	16.6	11.7	7.0	2.5	-1.8	-6.3	-11.0	-15.9	-21.0	-26.1	-31.4	16.4	11.3	6.8	2.6	-1.4	-5.7	-10.3	-15.2	-20.5	-25.8	-31.4	15.8	10.4	6.3	2.7	-0.6	-4.4	-9.2	-14.3	-19.7	-25.4	-31.4	12.7	8.3	5.2	2.6	0.7	-2.1	-7.7	-12.9	-18.4	-24.5	-31.3	10.6	7.2	4.6	2.2	1.1	-2.4	-6.6	-11.2	-16.5	-23.1	-31.1	9.4	6.0	3.7	1.8	1.1	-1.8	-4.9	-8.6	-13.4	-20.3	-30.6	6.7	3.6	2.1	0.9	0.4	-1.0	-2.7	-4.9	-8.1	-14.1	-27.8	9.4	6.0	3.7	1.8	1.1	-1.8	-4.9	-8.6	-13.4	-20.3	-30.6	10.6	7.2	4.6	2.2	1.1	-2.4	-6.6	-11.2	-16.5	-23.1	-31.1	12.7	8.3	5.2	2.6	0.7	-2.1	-7.7	-12.9	-18.4	-24.5	-31.3	15.8	10.4	6.3	2.7	-0.6	-4.4	-9.2	-14.3	-19.7	-25.4	-31.4	16.4	11.3	6.8	2.6	-1.4	-5.7	-10.3	-15.2	-20.5	-25.8	-31.4	16.6	11.7	7.0	2.5	-1.8	-6.3	-11.0	-15.9	-21.0	-26.1	-31.4	16.6	11.8	7.1	2.4	-2.1	-6.8	-11.5	-16.3	-21.3	-26.3	-31.5	16.6	11.8	7.1	2.4	-2.3	-7.0	-11.8	-16.6	-21.5	-26.5	-31.5	16.6	11.8	7.0	2.3	-2.5	-7.2	-12.0	-16.8	-21.7	-26.5	-31.5	16.6	11.7	6.9	2.1	-2.6	-7.4	-12.2	-16.9	-21.8	-26.6	-31.5																							
16.6	11.7	6.9	2.1	-2.6	-7.4	-12.2	-16.9	-21.8	-26.6	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.6	11.8	7.0	2.3	-2.5	-7.2	-12.0	-16.8	-21.7	-26.5	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.6	11.8	7.1	2.4	-2.3	-7.0	-11.8	-16.6	-21.5	-26.5	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.6	11.8	7.1	2.4	-2.1	-6.8	-11.5	-16.3	-21.3	-26.3	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.6	11.7	7.0	2.5	-1.8	-6.3	-11.0	-15.9	-21.0	-26.1	-31.4																																																																																																																																																																																																																																																					
16.4	11.3	6.8	2.6	-1.4	-5.7	-10.3	-15.2	-20.5	-25.8	-31.4																																																																																																																																																																																																																																																					
15.8	10.4	6.3	2.7	-0.6	-4.4	-9.2	-14.3	-19.7	-25.4	-31.4																																																																																																																																																																																																																																																					
12.7	8.3	5.2	2.6	0.7	-2.1	-7.7	-12.9	-18.4	-24.5	-31.3																																																																																																																																																																																																																																																					
10.6	7.2	4.6	2.2	1.1	-2.4	-6.6	-11.2	-16.5	-23.1	-31.1																																																																																																																																																																																																																																																					
9.4	6.0	3.7	1.8	1.1	-1.8	-4.9	-8.6	-13.4	-20.3	-30.6																																																																																																																																																																																																																																																					
6.7	3.6	2.1	0.9	0.4	-1.0	-2.7	-4.9	-8.1	-14.1	-27.8																																																																																																																																																																																																																																																					
9.4	6.0	3.7	1.8	1.1	-1.8	-4.9	-8.6	-13.4	-20.3	-30.6																																																																																																																																																																																																																																																					
10.6	7.2	4.6	2.2	1.1	-2.4	-6.6	-11.2	-16.5	-23.1	-31.1																																																																																																																																																																																																																																																					
12.7	8.3	5.2	2.6	0.7	-2.1	-7.7	-12.9	-18.4	-24.5	-31.3																																																																																																																																																																																																																																																					
15.8	10.4	6.3	2.7	-0.6	-4.4	-9.2	-14.3	-19.7	-25.4	-31.4																																																																																																																																																																																																																																																					
16.4	11.3	6.8	2.6	-1.4	-5.7	-10.3	-15.2	-20.5	-25.8	-31.4																																																																																																																																																																																																																																																					
16.6	11.7	7.0	2.5	-1.8	-6.3	-11.0	-15.9	-21.0	-26.1	-31.4																																																																																																																																																																																																																																																					
16.6	11.8	7.1	2.4	-2.1	-6.8	-11.5	-16.3	-21.3	-26.3	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.6	11.8	7.1	2.4	-2.3	-7.0	-11.8	-16.6	-21.5	-26.5	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.6	11.8	7.0	2.3	-2.5	-7.2	-12.0	-16.8	-21.7	-26.5	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					
16.6	11.7	6.9	2.1	-2.6	-7.4	-12.2	-16.9	-21.8	-26.6	-31.5																																																																																																																																																																																																																																																					

Выводы

Математическую модель построения двумерного температурного поля методом прогонки, представленную в данной работе, рекомендуется использовать:

- 1) для определения температур поверхностей ограждений при заданных температурах наружной и внутренней сред;
- 2) для определения температур точек росы в толще ограждающих конструкций;
- 3) для определения величин относительной влажности в плоском сечении ограждающей конструкции;
- 4) для определения температурных мостов в ограждающих конструкциях и подбора толщины теплоизоляции в этих местах;
- 5) для определения коэффициентов удельных потерь теплоты через линейные теплотехнические неоднородности.

Представленная работа может быть полезна для выполнения курсовых и дипломных работ студентов специальностей 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство», 1-69 01 01 «Архитектура» и 1-69 01 02 «Архитектурный дизайн».

Список цитированных источников

1. Строительная теплотехника. Строительные правила: СП 2.04.01-2020. – Введ. 18.11.2020 – Минск. : Министерство архитектуры и строительства РБ, 2020.
2. Строительная теплотехника. Строительные правила: СП 2.04.01-2020. – Введ. 18.11.2020 – Минск. : Министерство архитектуры и строительства РБ, 2020.
3. Строительная теплотехника. Строительные правила: СП 2.04.01-2020. – Введ. 18.11.2020 – Минск. : Министерство архитектуры и строительства РБ, 2020.

УДК 72.04.03

Чабурко Е. В.

Научный руководитель: к. п. н., доцент Диченская Е. А.

ЭВОЛЮЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ

Целью работы является проведение обследования эволюции применения естественного освещения в зданиях и сооружениях в различных временных отрезках, разделив ее на несколько ступеней.

1 ступень. Естественный свет белый – стекло белое – освещение белое.

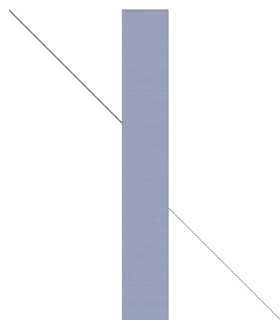


Рисунок 1 – Схема естественного освещения