



# ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЙ ОДНОРОДНОСТИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

## ОТ ГЕОМЕТРИИ ЗДАНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ

О.Д. САМАРИН, доцент, к. т. н.,  
Е.О. НАСОНОВА, магистрант (НИУ МГСУ)

Исследуем зависимость теплотехнической однородности наружных ограждений от геометрических характеристик здания для районов РФ, существенно отличающихся по климатическим условиям от Москвы. В качестве исходных данных возьмем параметры наружного климата, соответствующие Воркуте и Краснодару как представителям соответственно наиболее северных и наиболее южных населенных пунктов Европейской территории России. Расчеты проведем для 22 типовых проектов общественных зданий различного назначения и размеров, имеющих не более трех этажей, с отапливаемым объемом  $V_{от}$  от 1800 до 21000 м<sup>3</sup>. При этом в каждом здании выбираем наиболее неблагоприятную в теплотехническом отношении наружную стену. Геометрические параметры стен и зданий в целом –

размеры, площадь, объем, наличие и протяженность точечных и линейных элементов – принимаем по строительным чертежам. Конечной целью исследования в данном случае является установление зависимости коэффициента теплотехнической однородности стены  $r$  или параметров соответствующей корреляции от градусо-суток отопительного периода (ГСОП) в районе строительства.

Методика расчета, учитывающая наличие точечных и линейных теплотехнических неоднородностей в конструкции и реализующая современные подходы к выбору теплозащиты наружных ограждений и их теплотехническому расчету [1–3], приведена в Приложении Е СП 50.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»» (далее – СП 50). Как отмечали в своих публикациях многие авторы

в нашей стране и за рубежом [2–7], подобные подходы значительно расширяют возможности по разработке энергосберегающих и одновременно экономически эффективных ограждающих конструкций.

Вначале рассмотрим вычисления для условий Воркуты. Для примера в таблице 1 приведены результаты для одного из использованных зданий [8].

В качестве выходного параметра здесь рассматривались значения коэффициента  $r$ , которые затем сопоставлялись с основными характеристиками зданий для обнаружения взаимосвязи между ними. Роль независимых переменных при этом играют  $V_{от}$  и коэффициент компактности  $K_{комп}$ , равный отношению суммарной площади наружных ограждений  $\Sigma A$ , к величине  $V_{от}$ . Так же, как и в работе [8], были построены соответствующие

Таблица 1.

Сводная таблица тепловых потоков через теплопроводные включения и узлы

Вид неоднородности	Ед. изм.	Суммарная протяженность линейных элементов, м	Удельная длина $l_j$ , м/м <sup>2</sup> , или количество точечных элементов $n_j$ , шт/м <sup>2</sup>	Значение величины дополнительного теплового потока $\psi_j$ , Вт/(м·К), или $\chi_{j,r}$ , Вт/К <sup>1</sup>	Дополнительные потери теплоты через узлы (произведение значений, указанных в кол. 4 и 5), Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
1	2	3	4	5	6
Тарельчатые дюбели	шт.	—	6	0.005	0.03
Оконные откосы	м	98.4	0.632	0.05	0.0316
Углы вогнутые	м	12.6	0.081	-0.14	-0.0113
Углы выпуклые	м	18.9	0.121	0.078	0.0095
Примыкание к фундаменту	м	29.4	0.189	0.175	0.0331
Примыкание к кровле	м	29.4	0.189	0.15	0.0283
				$\Delta K$ (сумма по кол. 6)	0.1212
Приведенное сопротивление теплопередаче по СП 50				$R_{пр,r}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт (Воркута)	4.5
Требуемый коэффициент теплопередачи				$K = 1/R_{пр,r}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	0.222
Требуемая тепловая проводимость по глади стены				$U_{тр} = K - \Delta K$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	0.101
Коэффициент теплотехнической однородности				$r = U_{тр}/K$	0.455
Дополнительные данные: число этажей – 2; площадь наружной стены, для которой определяется $r$ : $A_{ст} = 157$ м <sup>2</sup> ; суммарная площадь наружных ограждений $A_{гр} = 2174$ м <sup>2</sup> , в том числе пола над неотапливаемым подвалом и чердачного перекрытия $A_{пл} + A_{пк} = 1440$ м <sup>2</sup> и фасадов $A_{фас} = 734$ м <sup>2</sup> ; отапливаемый объем $V_{от} = 4334$ м <sup>3</sup> ; коэффициент компактности $K_{комп} = A_{гр}/V_{от} = 0,502$ м <sup>-1</sup> ; коэффициент сплюснутости $K_{сп} = (A_{пл} + A_{пк})/(A_{ст} + A_{ок}) = 1,96$ (безразмерный).					

<sup>1</sup> СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей»



щие поля корреляции, изображенные на рисунках 1 и 2, и обозначены линии трендов.

Таким образом, легко видеть, что, как и для условий Москвы, между  $r$  и  $K_{\text{комп}}$  наблюдается хорошо выраженная корреляция с коэффициентом 0.62. В то же время о параметре  $V_{\text{от}}$  этого сказать нельзя.

После этого была также исследована взаимосвязь  $r$  и коэффициента сплюснутости  $K_{\text{сп}}$ . Результаты расчетов в виде поля корреляции представлены на рисунке 3.

Заметно, что и здесь никакой значимой взаимосвязи, как и в случае с  $V_{\text{от}}$ , не обнаруживается. Рассмотрим теперь еще один климатический район – г. Краснодар. Конструктивные и геометрические характеристики зданий при этом не меняются, поэтому для объекта, представленного в таблице 1, в новых условиях можно привести только последнюю часть, содержащую параметры, которые будут отличаться от ранее рассчитанных (таблица 2).

На рисунке 4 изображена зависимость  $r$  от  $V_{\text{от}}$  и линия тренда для указанных условий.

Следовательно, и здесь, как и во всех предыдущих вариантах, между  $r$  и  $K_{\text{комп}}$  опять наблюдается выраженная корреляция примерно с таким же коэффициентом 0.62, что говорит о сохранении статистической устойчивости выявленной зависимости во всех районах строительства. При этом по сравнению с Москвой и Краснодаром в условиях Воркуты уровень  $K_{\text{комп}}$  влияет на  $r$  наиболее сильно. Поэтому можно сделать вывод, что значение приведенного сопротивления теплопередаче  $R_{\text{о}}^{\text{пр}}$ , которое принимается в соответствии с СП 50 по уровню ГСОП, существенно определяет характер изменения теплотехнической однородности ограждений общественных зданий в случае варьирования конструктивных параметров зданий. Говоря более конкретно, в более северных районах  $R_{\text{о}}^{\text{пр}}$  оказывается выше, а соответствующий ему коэффициент теплопередачи  $K = 1/R_{\text{пр}}$  – меньше. Это значит, что при одной и той же суммарной тепловой проводимости точечных и линейных элементов  $\Delta K$ , которая зависит прежде всего

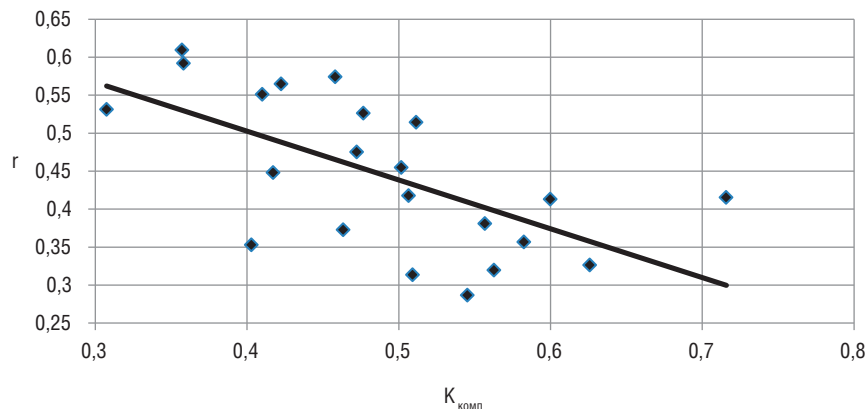


Рис. 1. Корреляционная зависимость величины  $r$  от  $K_{\text{комп}}$  (Воркута)

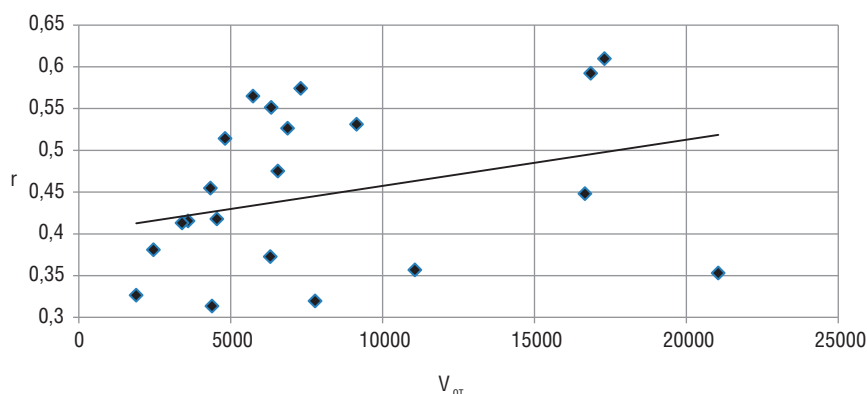


Рис. 2. Корреляционная зависимость значения  $r$  от  $V_{\text{от}}$  (Воркута)

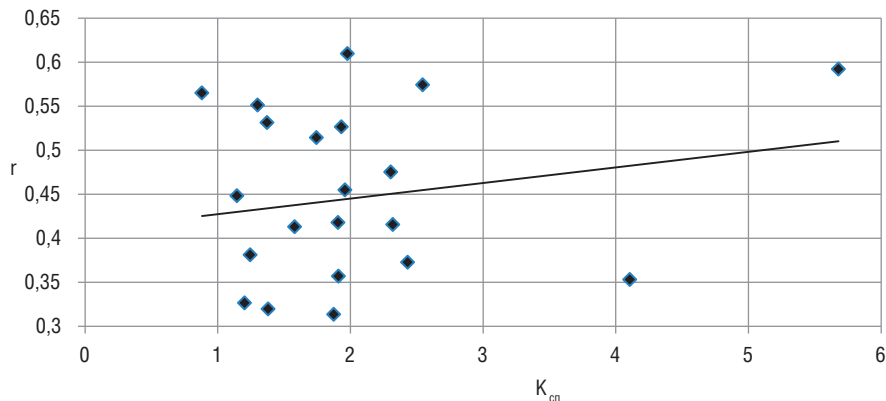


Рис. 3. Корреляционная зависимость величины  $r$  от  $K_{\text{сп}}$  (Воркута)

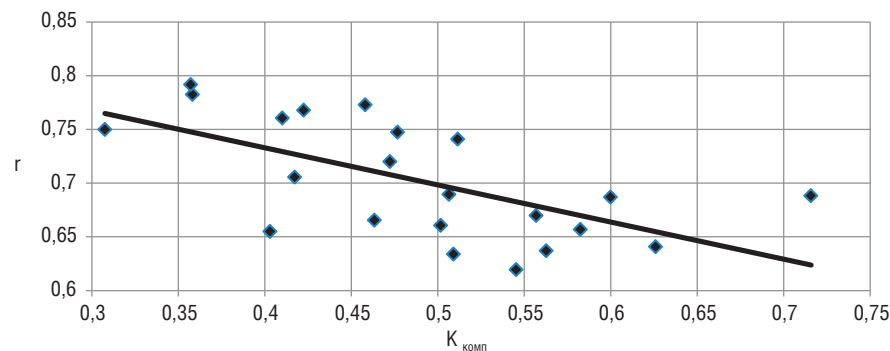


Рис. 4. Корреляционная зависимость величины  $r$  от  $K_{\text{комп}}$  (Краснодар)



Таблица 2.

Теплотехнические характеристики здания-представителя (Краснодар)

Параметр	Ед. изм.	Значение
$\Delta K$ (сумма по кол. 6 таблицы 1)	Вт/ (м <sup>2</sup> ·К)	0.1212
$R_{тр}$ (по СП 50 для Краснодара)	м <sup>2</sup> ·К/Вт	2.4
$K = 1/R_{тр}$	Вт/ (м <sup>2</sup> ·К)	0.417
$U_{тр} = K - \Delta K$	Вт/ (м <sup>2</sup> ·К)	0.295
$r = U_{тр}/K$	–	0.709

Таблица 3.

Значения коэффициентов в формуле (1)

Район	ГСОП <sup>2</sup>	A	B
Краснодар	2400	-0.346	0.871
Москва	4350	-0.4	0.851
Новосибирск	5900	-0.457	0.829
Воркута	8600	-0.643	0.76

Коэффициенты для r

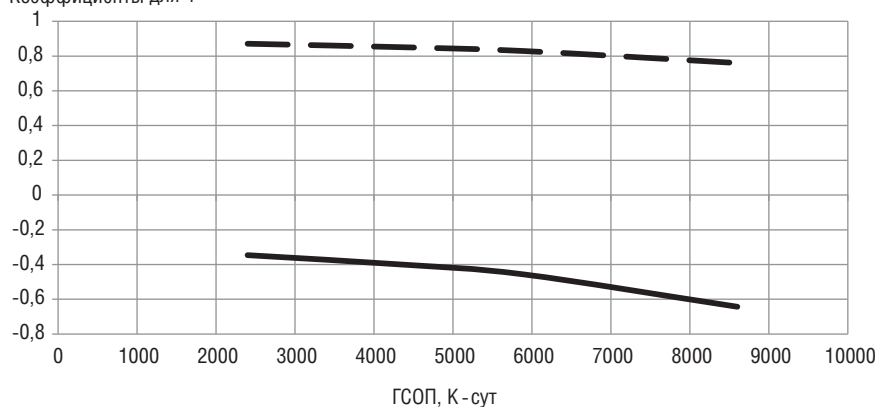


Рис. 5. Характер изменения параметров A и B в зависимости от климатических условий

от геометрии здания и поэтому практически не меняется в других климатических условиях, требуемая тепловая проводимость по глади стены  $U_{тр} = K - \Delta K$  будет также уменьшаться (см. таблицу 1). А вслед за ней будет падать и  $r$ , так что при прочих равных условиях его величина с ростом ГСОП будет зависеть от всех остальных параметров сильнее. Что же касается зависимости  $r$  от  $V_{от}$  и от коэффициента сплюснутости  $K_{сп}$ , они имеют вид, аналогичный представленному на рисунках 2 и 3 для условий Воркуты, т. е. и здесь четко выраженного тренда не наблюдается.

Если провести аналогичные вычисления для района Новосибирска, то, помимо указанных заключений, можно сформулировать количественные соотношения для  $r$ . В самом деле, из рисунков 1 и 4 и соответствую-

ющих данных для остальных использованных городов следует линейная корреляция в следующем виде:

$$r = AK_{комп} + B, (1)$$

где значения коэффициентов A и B показаны в таблице 3.

Зависимость A (сплошная линия) и B (пунктир) от ГСОП показана на рисунке 5.

Анализируя полученные графики и осуществляя в первом приближении линеаризацию, что вполне допустимо с учетом имеющегося разброса точек на рисунках 1 и 4, находим окончательно:

$$r = 1 - \left( 0.08 + 0.018 \frac{\text{ГСОП}}{1000} \right) (1 + 2.67K_{комп}). (2)$$

Таким образом, подтверждается сделанный ранее авторами в работе

[8] вывод, что определяющим геометрическим параметром, существенно сказывающимся на теплотехнической неоднородности наружных ограждений здания и на эффективности использования теплоизоляционного материала, служит именно коэффициент компактности. В то же время, климатические характеристики также влияют на эти показатели, в более суровом климате теплотехническая однородность, как правило, ухудшается.

### Литература:

1. В.Г. Гагарин, В.В. Козлов. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // Жилищное строительство. 2011. №8. с. 2–6.
2. В.Г. Гагарин, В.В. Козлов. О требованиях к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» // Вестник МГСУ. 2011. №7. с. 59–66.
3. В.Г. Гагарин, К.А. Дмитриев. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплозащиты ограждающих конструкций в России и европейских странах. // Строительные материалы. 2013. №6. С. 14–16.
4. О.Д. Самарин. Обоснование снижения теплозащиты ограждений с использованием актуализированной редакции СНиП 23–02–2003. // Жилищное строительство. 2014. №3. С. 46–48.
5. Robert Dylewski, Janusz Adamczyk. Economic and ecological indicators for thermal insulating building investments. // Energy and Buildings. 2012. No. 54. P. 88–95.
6. Vilune Lapinskiene, Sabina Paulauskaite, Violeta Motuziene. The analysis of the efficiency of passive energy saving measures in office buildings. Papers of the 8<sup>th</sup> International Conference «Environmental Engineering». Vilnius. 2011. P. 769–775.
7. W. Feist. Das Niedrigenergiehaus. 4. Auflage. – Heidelberg: C.F. Müller Verlag. – 1997. – 144 p.
8. О.Д. Самарин, Е.О. Насонова. Исследование зависимости теплотехнической однородности наружных ограждений от геометрических характеристик зданий. // Строительные материалы. 2016. №1–2. С. 19–22.

<sup>2</sup> По СП 131.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* «Строительная климатология»»