

## Влияние ориентации остекленных фасадов на суммарное энергопотребление жилых зданий

*К.т.н., доцент О.Д. Самарин\*;  
аспирант Н.Н. Зайцев,*

*ГОУ Московский государственный строительный университет*

Проанализируем характер зависимости энергопотребления жилыми зданиями массовой застройки от ориентации их остекленных фасадов по сторонам горизонта с точки зрения теплосбережения в холодный период (ХП) года, а также влияние такой ориентации на срок окупаемости применяемого комплекса энергосберегающих мероприятий.

Вычисления проводились для 2 наиболее характерных зданий-представителей в соответствии с современными типовыми и индивидуальными проектами с учетом их конструктивных характеристик в климатических условиях пяти городов, расположенных в различных регионах РФ, с расчетной температурой наружного воздуха  $t_{нб}$ , соответствующей средним условиям наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0.92:  $-3^{\circ}\text{C}$  (Сочи);  $-25^{\circ}\text{C}$  (Волгоград);  $-28^{\circ}\text{C}$  (Москва);  $-39^{\circ}\text{C}$  (Новосибирск);  $-42^{\circ}\text{C}$  (Тында). Климатические характеристики для перечисленных населенных пунктов принимались по данным [1]. Стоимость теплоизоляционного материала считалась равной  $1800 \text{ руб/м}^2$ , а затраты на осуществление работ по утеплению – на уровне  $120 \text{ руб/м}^2$ . Удельная стоимость замены остекления  $\Delta C_{ок}$  в расчете на удвоение сопротивления теплопередаче учитывалась в размере  $1200 \text{ руб/м}^2$ .

В настоящей работе были проведены расчеты энергопотребления с учетом и без учета энергосберегающих мероприятий по специально разработанной программе для ЭВМ на языке Fortran-6.6 фирмы Compaq с использованием методики оценки энергоэффективности зданий, описанной в [2]. Такая оценка сводится к определению энергетической эксплуатационной характеристики здания. Она равна удельным суммарным затратам  $\sum Q_i$  тепловой и электрической энергии,  $\text{кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ , на  $1 \text{ м}^2$  отапливаемой площади здания  $F_{ом}$  за один отопительный период в годовом цикле эксплуатации за вычетом теплоступлений  $Q_{носм}$  от людей, электробытовых приборов и солнечной радиации через световые проемы, если эти поступления можно полезно использовать в здании, т.е. при установке автоматических терморегуляторов:

$$q = (\sum Q_i - Q_{носм}) \cdot 10^3 / F_{ом} \quad (1)$$

В суммарные затраты  $\sum Q_i$  входят трансмиссионные теплотери  $Q_1$  через наружные нестепрозрачные и степрозрачные ограждающие конструкции, теплотзатраты  $Q_2$  на подогрев вентиляционного (для жилых зданий с естественной вентиляцией – инфильтрующегося наружного) воздуха, расход теплоты  $Q_3$  на подогрев воды в системе горячего водоснабжения (ГВС), а также затраты электроэнергии на привод инженерных систем здания (насосы, вентиляторы, лифты и т.д.)  $Q_4$  и на электробытовые приборы  $Q_5$ .

Основные составляющие энергозатрат применительно к жилым зданиям вычисляются по формулам (2) и (3) [2]:

$$Q_1 = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot M \cdot \sum (n_i \cdot F_i / R_i) \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

Здесь:

$\beta_1 > 1$  – коэффициент, учитывающий добавочные потери теплоты через ограждения;

$\beta_2 > 1$  – коэффициент учета округления тепловой мощности отопительных приборов;

$M = 0.024 \cdot (t_g - t_{он}) \cdot z_{он}$  – характеристика отопительного периода, тыс. градусо-часов;

$t_{он}, z_{он}$  – средняя температура,  $^{\circ}\text{C}$ , и продолжительность, сут, периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной  $8^{\circ}\text{C}$  по [1];

$n_i$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;

$F_i$  и  $R_i$  – площадь,  $m^2$ , и сопротивление теплопередаче,  $m^2 \cdot K / \text{Вт}$ , ограждающих конструкций оболочки зданий соответственно, в том числе наружных стен, окон, балконных дверей, перекрытия над неотапливаемым подвалом или техническим подпольем, пола по грунту, чердачного перекрытия или покрытия и др. Значения  $R_i$  принимаются в зависимости от варианта энергосберегающих мероприятий.

$$Q_2 = 0.33 \cdot M \cdot (3 \cdot F_{\text{жил}}) \cdot k \cdot 10^{-3}. \quad (3)$$

Здесь:

$0.33 = \rho \cdot c / 3600 = 1.29 \cdot 1006 / 3600$  – коэффициент ( $\rho$  – плотность,  $c$  – удельная теплоемкость воздуха);

$V$  – отапливаемый объем здания,  $m^3$ ;

$F_{\text{жил}}$  – суммарная жилая площадь здания,  $m^2$ ;

параметр 3 представляет собой величину нормативного воздухообмена в  $m^3/\text{ч}$  на  $1 m^2$  жилой площади [3];

$k$  – коэффициент учета встречного теплового потока при естественном воздухообмене здания; принимается равным 0.7 для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами, 0.8 – для окон и балконных дверей с отдельными переплетами и 1.0 – для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов.

Величина  $Q_3$  определяется в зависимости от расхода горячей воды в системе ГВС с учетом его возможного снижения за счет применяемых энергосберегающих мероприятий, а  $Q_4$  и  $Q_5$  – по установленной мощности соответствующих систем электроснабжения с учетом продолжительности их работы и коэффициентов спроса на электроэнергию.

По результатам данных вычислений были определены значения дисконтированного срока окупаемости  $T_{ок}$ , лет, рассматриваемого комплекса решений по снижению энергопотребления. Данный комплекс в жилых зданиях массовой застройки включает повышение теплозащиты несветопрозрачных ограждений в экономически целесообразных пределах, применение энергоэффективного остекления, установку автоматических терморегуляторов у отопительных приборов для учета теплоступлений от солнечной радиации и внутренних источников, а также мероприятия по снижению тепло- и водопотребления в системе ГВС [4], например, установку индивидуальных водосчетчиков, применение кранов с регулируемым напором и левым расположением маховика горячей воды и т.п. [5].

Норма дисконта была принята равной 10% годовых по рекомендациям [6] в соответствии с предполагаемой ставкой рефинансирования ЦБ РФ на ближайшую перспективу.

Площадь остекления характерных зданий-представителей по фасадам представлена на рис. 1 и рис. 2. Здание 1 является вытянутым, многосекционным, иначе называемым «пластина», причем фасады 2 и 4 – торцевые, так что площадь их остекления намного меньше, чем у длинных фасадов 1 и 3. Здание 2 по форме в плане близко к квадратному, так что остекленность фасадов в этом случае отличается менее заметно.

Однако наиболее остекленными в обоих случаях являются фасады 1 и 3.

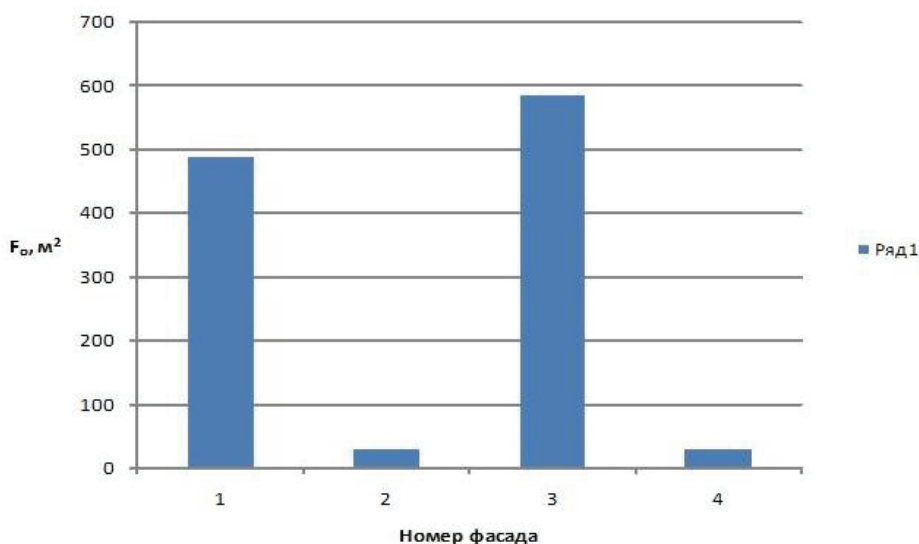


Рисунок 1. Площадь остекления характерного здания-представителя № 1 по фасадам

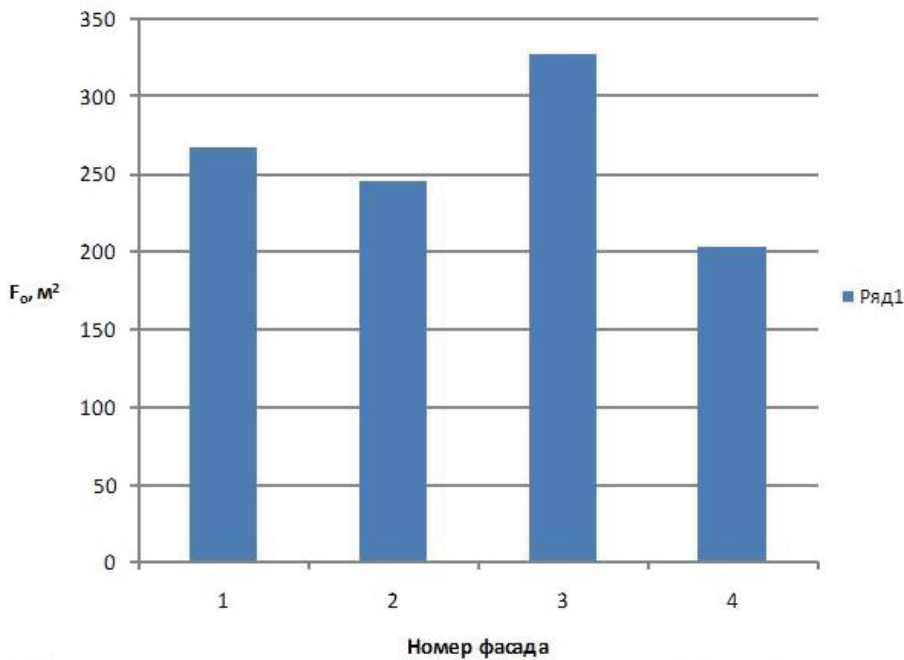


Рисунок 2. Площадь остекления характерного здания-представителя №2 по фасадам

Рассмотрим четыре возможных случая ориентации данных зданий в пространстве. Пусть  $q_2/q_0$  – величина удельного энергопотребления по отношению к базовому варианту без энергосберегающих мероприятий и с теплозащитой по санитарно-гигиеническим требованиям [4]. Тогда в зависимости от ориентации наиболее остекленного фасада по сторонам света для значений градусо-суток отопительного периода  $D_d$  [1], соответствующих климатическим условиям городов, для которых проводилось исследование, значения  $q_2/q_0$  могут быть представлены на рис. 3 и рис. 4.

Нетрудно заметить, что относительное энергопотребление увеличивается с ростом  $D_d$  и мало зависит от ориентации фасадов в пространстве даже для здания 1 с резко различающейся площадью остекления.

Во всяком случае, разница между вариантами, когда на юг направлена наиболее и наименее остекленная сторона, не превышает 2–4%. Хотя на самом деле имеет смысл любое снижение энергопотребления, даже самое незначительное, если оно экономически оправдано, а в данном случае изменение ориентации объекта не требует вообще никаких дополнительных затрат.

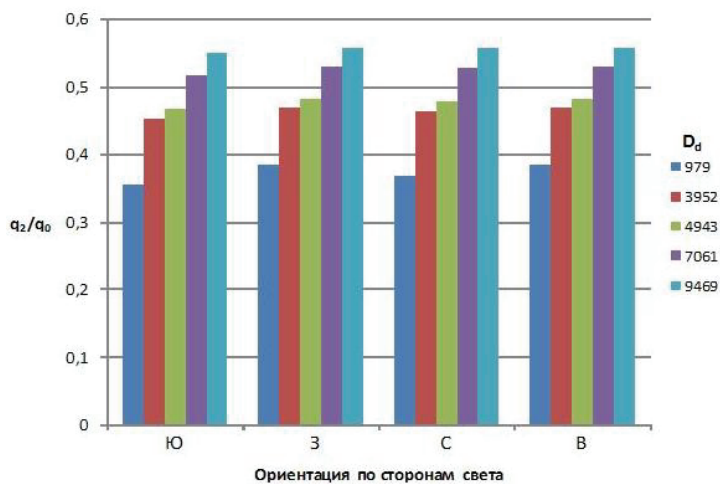


Рисунок 3. Зависимость отношения  $q_2/q_0$  от ориентации наиболее остекленного фасада здания №1 при разных  $D_d$

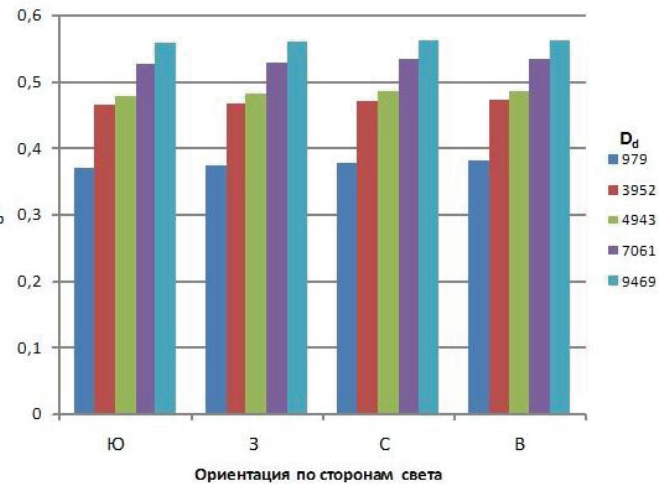


Рисунок 4. Зависимость отношения  $q_2/q_0$  от ориентации наиболее остекленного фасада здания №2 при разных  $D_d$

Зависимость величины  $T_{ок}$  от ориентации наиболее остекленного фасада при разных  $D_d$  для рассматриваемых объектов приведена на рис. 5 и рис. 6.

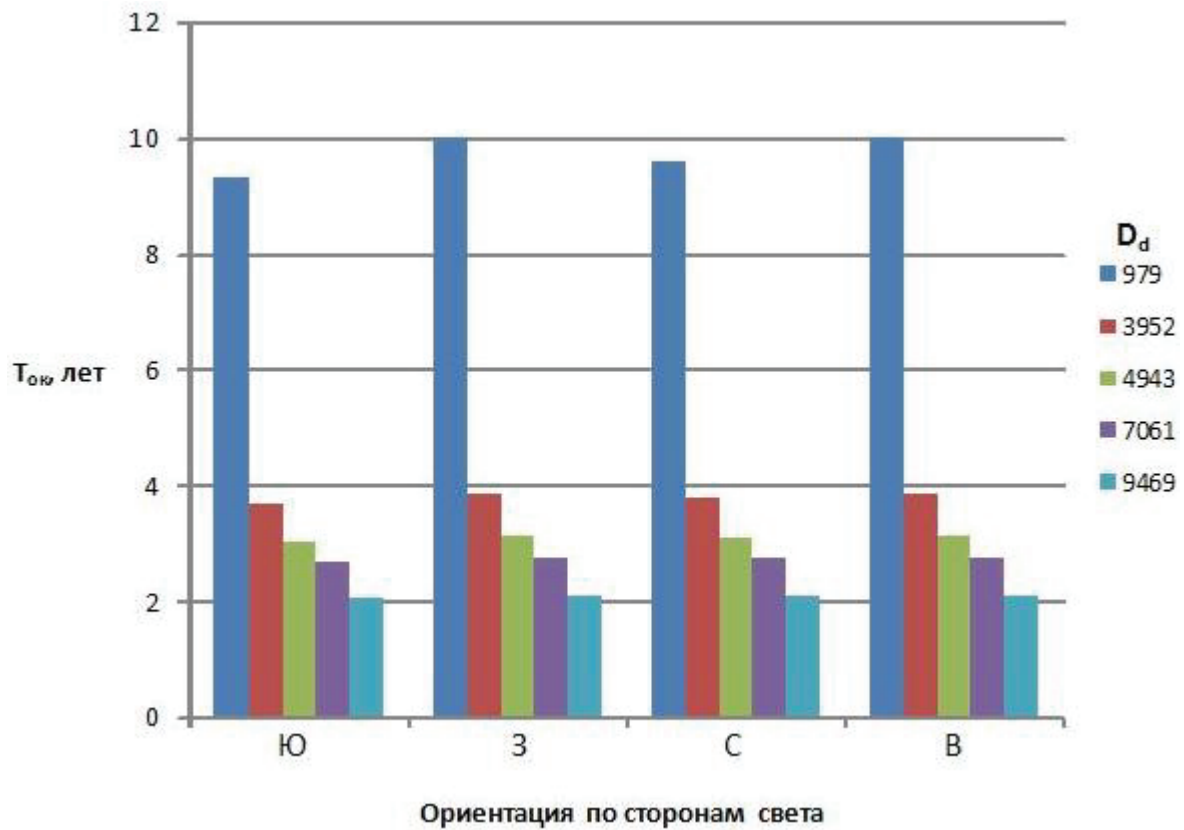


Рисунок 5. Зависимость величины  $T_{ок}$  от ориентации наиболее остекленного фасада здания №1 при разных  $D_d$

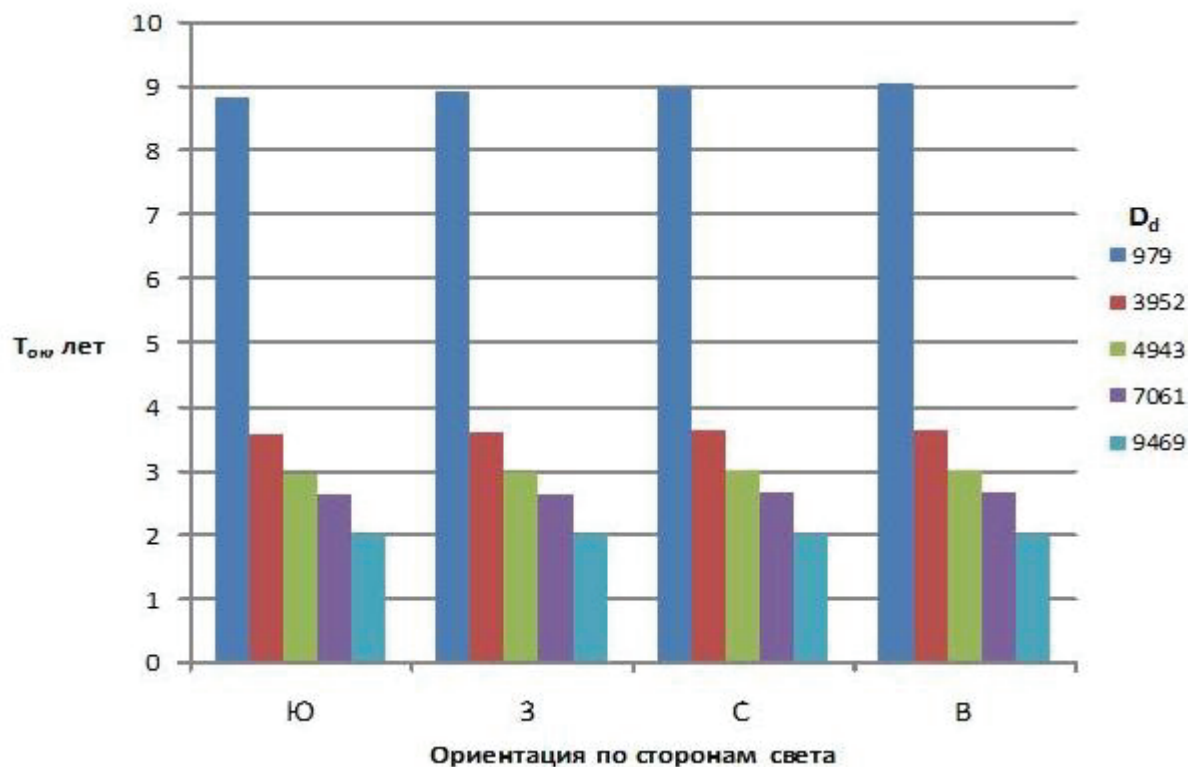


Рисунок 6. Зависимость величины  $T_{ок}$  от ориентации наиболее остекленного фасада здания №2 при разных  $D_d$

Очевидно, что в южных районах окупаемость энергосберегающих инженерных решений резко замедляется. Это связано с тем, что в этом случае возрастает относительная разница в теплозащите нестекляемых наружных ограждений и, как следствие, увеличивается вклад в общие капитальные затраты наиболее дорогостоящего мероприятия – утепления таких конструкций. В то же время ориентация наиболее остекленного фасада на юг приводит к определенному, хотя и небольшому (примерно на те же 2-4%) снижению  $T_{ок}$ .

Из полученных данных можно сделать вывод о некотором снижении энергопотребления, если здание ориентировано наиболее остекленным фасадом на юг и в меньшей степени на север, за счет более эффективного использования солнечных теплопритоков. Поэтому длинные здания выгоднее размещать таким образом, чтобы вытянутые фасады были ориентированы на юг и север, а короткие на запад и восток, то есть в широтном направлении, но только с точки зрения теплосбережения в холодный период (ХП) года. В теплый период (ТП) подобная ориентация здания в пространстве, опять-таки из-за более значительных теплопоступлений от солнечной радиации, наоборот, потребует дополнительных энергозатрат на охлаждение помещений. Однако, поскольку здесь речь идет о жилых зданиях массовой застройки, в которых система охлаждения не предусматривается, то мы в своих рекомендациях ориентируемся только на ХП. Все же следует заметить, что в целом дополнительный эффект от рациональной ориентации невелик и, как уже говорилось, в относительном выражении не превышает 2–4%, главным образом из-за небольшой доли солнечной радиации в общих теплопоступлениях в помещения. Особенно это становится заметно при использовании энергоэффективного остекления с пониженным коэффициентом светопропускания.

Таким образом, мы получили оценку снижения энергопотребления за счет использования теплопоступлений от солнечной радиации в зависимости от ориентации здания при неравномерном остеклении. Но приведенные здесь результаты показывают, что влияние данного фактора на общий энергетический баланс незначительно, поэтому потенциал этого энергосберегающего мероприятия достаточно мал.

Следовательно, рассмотренные рекомендации учитывать можно и даже нужно, но основное внимание нужно уделять другим, более эффективным решениям, перечисленным в начале работы, так как они дают более значимый результат и от ориентации здания не зависят.

## Литература

1. СНиП 23-01-99\* «Строительная климатология». – М. : ГУП ЦПП, 2004.
2. СТО 175 32043-001-2005. Нормы теплотехнического проектирования ограждающих конструкций и оценки энергоэффективности зданий. Стандарт общественной организации – РНТО строителей. М.: ГУП ЦПП, 2006.
3. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». – М. : ГУП ЦПП, 2004.
4. Самарин О.Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность. – М. : Изд-во АСВ, 2009. – 296 с.
5. Васильев Г.П. Результаты натурных исследований теплового режима экспериментального энергоэффективного дома // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2002. – №6. – С. 3–5.
6. Дмитриев А.Н., Табунчиков Ю.А., Ковалев И.Н., Шилкин Н.В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2005. – 120 с.

*\*Олег Дмитриевич Самарин, Москва, Россия*

*Тел. раб.: +7(499)188-36-07; эл. почта: samarin1@mtu-net.ru*