

Факторы, влияющие на энергоэффективность современных высотных зданий в городе Владивосток

Б.И. Гиясов, Р.Б. Гиясов

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация. Рост потребления энергоресурсов зданиями городов является одной из важнейших проблем современности. Повышение объема энергопотребления связано с урбанизацией, способствующей росту мегаполисов. Для современных крупнейших городов характерна плотная высотная застройка, развитая инженерная и транспортная инфраструктура, требующая значительного потребления энергоресурсов. В связи с этим, проблема повышения энергоэффективности современных зданий городского типа приобретает все большую актуальность. Сохранение энергии внутри высотных зданий, способствующее минимальному энергопотреблению при сохранении комфортной температуры, является одной из задач данной проблемы. Эту задачу можно решить применением оптимальных архитектурно-планировочных решений зданий и грамотной теплозащитой наружных ограждений с учетом особенностей влияния климатических факторов на высотные здания. Данная статья посвящена анализу факторов, влияющих на энергоэффективность высотных зданий. На примере жилого комплекса «Акварин» в городе Владивосток проведен анализ высотных зданий, выполнены расчеты, и результаты представлены в виде графиков, которые отражают динамику скорости ветровых потоков и температурных изменений наружного воздуха по высоте здания. Изменения этих параметров увеличивают интенсивность теплопотерь, что необходимо учитывать при разработке объемно-планировочного решения и теплозащите фасадов высотных зданий.

Ключевые слова: Энергоэффективность, аэродинамика, воздухообмен, теплоустойчивость, высотное здание, микроклимат, городская застройка, энергопотребление.

Архитектуре современных крупнейших городов свойственно многообразие типовой высотной застройки. В связи с высоким спросом в мегаполисах на многофункциональные здания и торговые площади, а также на общественные, административные здания и здания жилого назначения, огромный интерес у строителей вызывают именно высотные здания. При этом, для архитекторов доступность и многофункциональность, а также получение максимально полезной площади являются основными условиями при разработке проектных решений подобных зданий[1,2].

С экономической точки зрения, разработка проектов и строительство высотных зданий требует больших материальных расходов, несмотря на то, что увеличение количества квадратных метров выгодно. Кроме того, большие финансовые затраты, связанные с потреблением энергоресурсов, требуются для эксплуатации и обслуживания зданий. В связи с этим, задача уменьшения энергопотребления для современных высотных зданий является одной из приоритетных [3].

Известно, что гражданскими зданиями потребляется больше энергии, чем её расходуется в процессе обслуживания всего транспорта и промышленности. Рисунок 1 [4] отображает распределение энергопотребления в Европе.

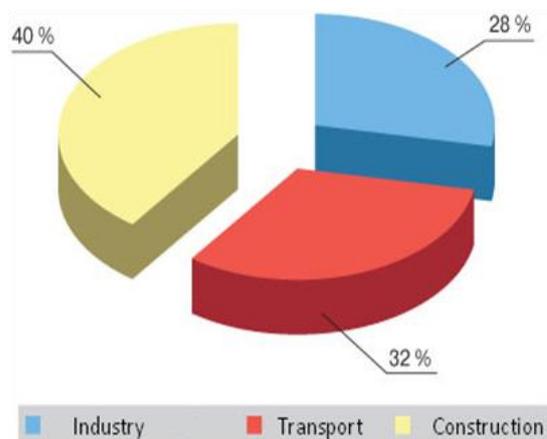


Рис. 1. Потребление энергии по отраслям

При этом, в жилых зданиях, 50 % энергопотребления от всего потребления приходится на отопление здания (рисунок 2) [4,5]. В связи с этим, одной из важных задач, которые требуют внимания в настоящее время, является повышение энергоэффективности высотных зданий путем уменьшения энергозатрат на их отопление.

Одними из основных внешних факторов, которые учитываются при проектировании зданий, являются такие природно-климатические факторы,

как температура наружного воздуха и ветер [6]. Энергозатраты на сохранение теплового баланса городских зданий напрямую зависят от их высоты, форм и объемов [7-9]. Высотные строения, которые составляют основную часть современного города, оказывают значительное влияние на воздухообмен и температурный режим городских территорий, и вопрос влияния природно-климатических факторов на энергоэффективность высотных зданий требует глубокого изучения.

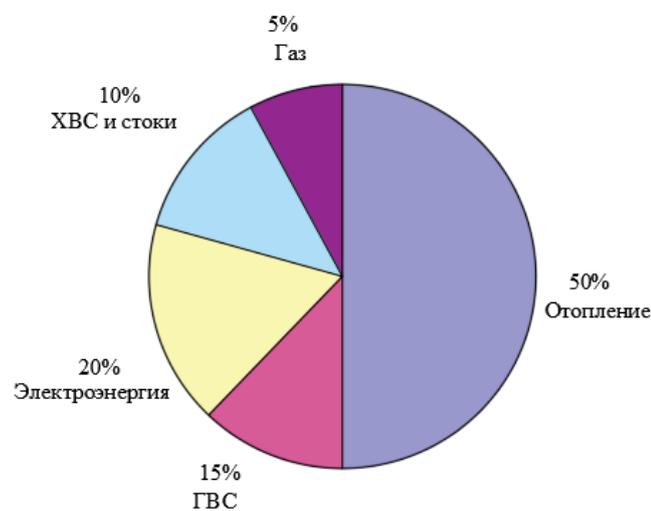


Рис.2. Энергопотребление жилого дома

Одним из способов повышения энергоэффективности зданий является достижение наиболее оптимальных компактных объемно-планировочных решений зданий. Если рассматривать компактность зданий, как фактор, влияющий на и энергоэффективность, то оптимальными являются здания квадратные по планировке, без каких-либо выступов. Показатель компактности зданий, согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», рассчитывается по формуле:

$$k_e^{des} = A_e^{sum} / V_h \quad (1)$$

где A_e^{sum} - общая площадь наружных ограждающих конструкций, включая покрытие (перекрытие) верхнего этажа и цокольное перекрытие, м²;

V_h - отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания, м³.

Расчетный показатель компактности здания k_e^{des} для жилых зданий (домов) как правило, не должен превышать следующих значений:

- для зданий 16 этажей и выше -0,25;
- для зданий от 10 до 15 этажей -0,29;
- для зданий от 6 до 9 этажей -0,32.

Таким образом, можно отметить, что показатели компактности зависят от формы здания в плане [10]. Выступы впадины и углы, присутствующие в формах зданий, увеличивают площадь наружных стен и создают дополнительные мостики холода и стыки, через которые активно происходят теплопотери.

Следовательно, для уменьшения теплопотерь высотных зданий через наружные ограждающие конструкции, необходимо:

- оптимизация объемно-планировочной структуры здания с целью уменьшения площади наружных ограждающих конструкций, через которые происходят потери тепла;
- повышение теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций зданий.

К основным функциям тепловой изоляции зданий можно отнести создание комфортных условий для проживания людей путем снижения тепловых потерь через ограждающие конструкции в окружающую среду [11].

Создание высокого теплового комфорта в зданиях мегаполисов является одной из важных задач, решение которой возможно и путем

повышения термического сопротивления наружных ограждающих конструкций. В связи с этим, и вопрос утепления многоэтажных высотных зданий, которые формируют пространство крупнейших городов, приобретает все большую актуальность.

Здания, высота которых составляет более 75 м или этажность - более 25 этажей, принято считать высотными, и, как правило, их проектируют многофункциональными. Застройка городского пространства высотными зданиями ведет к увеличению плотности населения и транспортных потоков на территории. Также увеличивается площадь поверхностей, которая под влиянием солнечной радиации аккумулирует тепло. В результате этого, меняется температурный режим и воздухообмен городских территорий. Такие изменения были выявлены на основе проведенных исследований и расчетов высотного жилого комплекса «Акварин» в городе Владивосток, где наблюдались температурные изменения и увеличение скорости ветра по высоте здания.

По формулам (2) и (3), СП 131.13330.2012. «Строительная климатология», была определена динамика температуры наружного воздуха и атмосферного давления.

$$t_h = t_0 - 0.0065 \times h, ^\circ C \quad (2)$$

$$p_h = p_0(1 - 2.25577 \times 10^{-5} \times h)^{5.2559}, Pa \quad (3)$$

где:

t_h , – температурные показатели на высоте h , $^\circ C$; p_h - показатели давления, Па, на высоте h , м; t_0 – температурные показатели у поверхности земли $^\circ C$; p_0 - показатели давления поверхности земли Па.

На рисунке 3 изображены построенные на основе данных, графики изменения температуры наружного воздуха по высоте здания.

Температурные изменения, в зависимости от высоты здания, незначительные -до 1 °С.

Используя такие модели, как спираль Экмана, логарифмический закон, степенной закон (4) [12,13], была определена динамика скорости ветра по высоте. В результате удалось оценить скорость ветра v на высоте h , при известной скорости ветра V_0 на высоте h_0 .

$$V_h = V_0(h/h_0)^\alpha \quad \text{м/с} \quad (4)$$

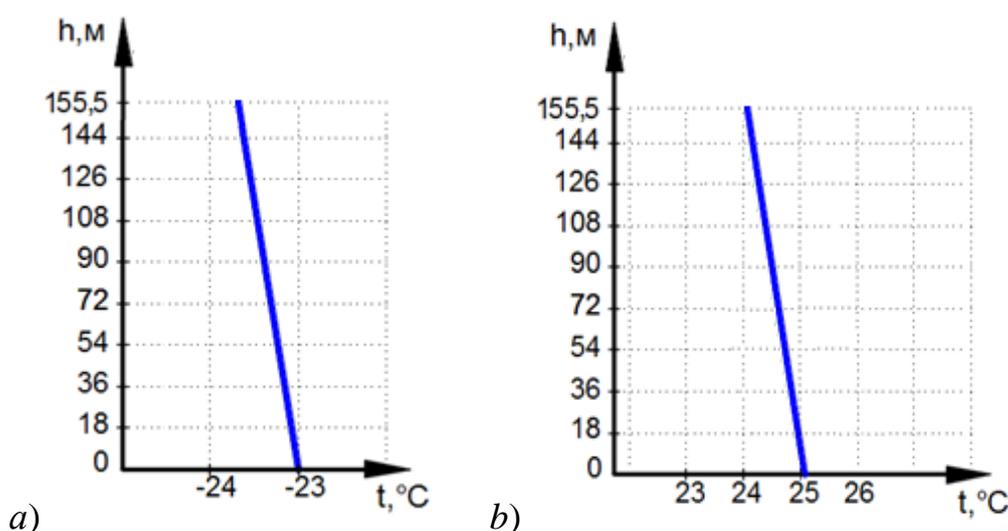


Рис. 3 – Динамика температуры наружного воздуха по высоте жилого комплекса «Аквамарин» в городе Владивосток: а- для холодной пятидневки; б- для теплого периода.

где: V_h – скорость ветра, м/с, на высоте h , м; V_0 – скорость ветра, м/с, измеренная на высоте $h_0 = 10–15$ м; α – показатель, который определяется экспериментально и зависит от типа местности [13]:

-для центров крупных городов - $\alpha = 0,33$;

для пригорода $\alpha = 0,22$;

для открытой местности $\alpha = 0,14$.

Результаты расчета приведены в виде графика, который отражает динамику скорости ветра по высоте здания (рис. 4).

Исследования показали, что в теплый период года, скорость ветра возрастает на 6 м/с, а в холодный - на 10 м/с. Температура наружного воздуха при этом летом уменьшается на 2°C, зимой - на 1°C.

Увеличение скорости ветра в сочетании с уменьшением температуры наружного воздуха значительно сказывается на теплопотерях здания через наружные ограждающие конструкции [14]. Многофункциональный комплекс «Акварин» является первым в Сибири и на Дальнем Востоке зданием высотой 155,5 м. Фасад данного здания выполнен из энергоэффективных светопрозрачных конструкций. По результатам расчетов выявлено, что на уровне верхних этажей здания значения температуры наружного воздуха и скорости ветра значительно отличались от показателей уровня деятельной поверхности.

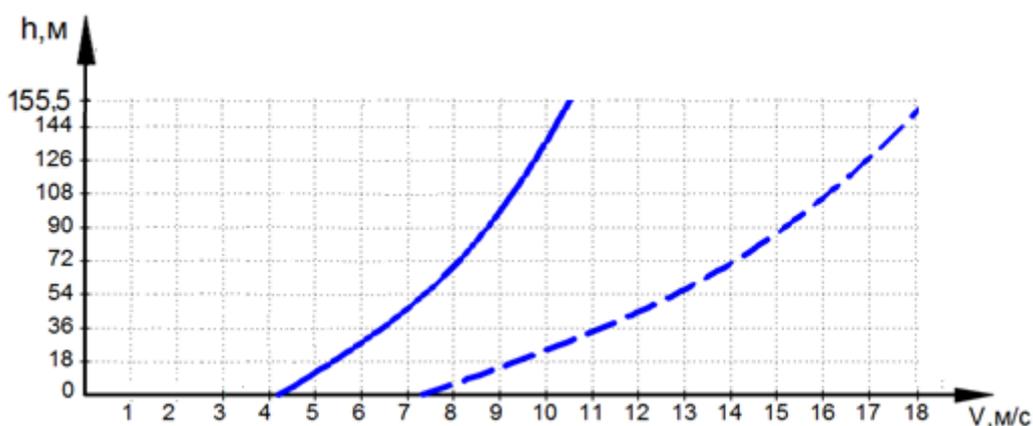


Рис.4 – Изменение скорости ветра по высоте жилого комплекса «Акварин» в городе Владивосток. — — — -теплый период, — — — - холодный период

Разность температур и разность давления между окружающей и внутренней средой здания способствует процессу инфильтрации и эксфильтрации, что ведет к более активным теплопотерям. Для более точного определения теплотехнических характеристик ограждающих

конструкций высотных зданий необходимо уточнять данные по расчетным температурам, скорости ветра и давлению воздуха.

В современном высотном строительстве, где основным решением фасада являются светопрозрачные конструкции и вентилируемый фасад, преобладают светопрозрачные конструкции, которые использованы в жилом комплексе «Аквамарин» [15]. Применение светопрозрачных фасадных конструкций довольно дорого обходится, они характеризуются малым сопротивлением теплопередаче и, как следствие, повышаются теплотери здания в зимний период и происходит перегрев летом. Сопротивление теплопередаче наиболее совершенных стеклопакетов достигает 1,6...2,0 м²·К/Вт.

Несмотря на привлекательность наружной отделки высотных зданий светопрозрачными конструкциями, данная технология довольно ресурсозатратна и малоэффективна с точки зрения теплоустойчивости. Таким образом, при проектировании высотных зданий, для увеличения их энергоэффективности необходимо выбирать более компактные проектные решения и фасадную отделку с учетом климатических особенностей современной застройки.

На основе выполненных исследований и результатов можно сделать следующие выводы:

1. Высотная городская застройка меняет местную аэродинамику и температурный режим, что создает особые микроклиматические условия вокруг высотных зданий.
 2. На территории города, плотно застроенной высотными зданиями, накапливается тепло при нагреве солнечной радиацией вертикальных и горизонтальных поверхностей. Деятельная поверхность тротуаров, дорог, поверхностей зданий и крыш нагреваясь, образует «остров тепла», что нужно учитывать при оценке энергоэффективности зданий.
-

3. При проектировании высотных зданий необходимо оптимизировать объемно-планировочные решения здания для уменьшения площади наружных ограждающих конструкций, через которые происходят потери тепла.
4. При расчете термического сопротивления наружных ограждающих конструкций высотных зданий обязательно учитывать изменения температуры, скорости ветра и давления по высоте здания. С целью повышения энергоэффективности высотных зданий, отделку фасадов и их теплоизоляцию необходимо выполнять с учетом изменений этих параметров.

Литература

1. Кубенин А.С., Федосова А.Н. Прогнозирование ветровой нагрузки на уникальное высотное здание на основе численного моделирования // Научное обозрение. 2015. №8. С. 130-135.
 2. Пряхин В.Н., Большеротов А.Л., Рязанова Н.Е. Экологические проблемы плотно застроенных урбанизированных территорий // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности, 2009, № 3, С. 72-76.
 3. Булатова А.С. Мировая экономика // М. 2005. 734 с.
 4. Шойхет Б.М. Концепция энергоэффективного здания// Энергосбережение, 2007, №7. С.62-66.
 5. Малявина Е.Г. Расчет воздушного режима многоэтажных зданий с различной температурой воздуха в помещениях // АВОК, 2008, № 2, С.12-14.
 6. Jeong H., Park M., Hwang W., Kim E., Han M., The effect of calm conditions and wind intervals in low wind speed on atmospheric dispersion factors. Annals of Nuclear Energy, Volume 55, May 2013, Pp. 230-237.
 7. Гиясов Б.И. Влияние развития инфраструктуры городов на жилую среду // Вестник МГСУ, 2012, №4, С. 17-21.
-

8. Скрипченкова С.Ю. Воздействие ветровых нагрузок на высотные здания // Астраханский вестник экологического образования, 2017. № 2 (40). С. 103-108.

9. Самарин О.Д. Нормирование энергопотребления здания с учетом теплоступлений от солнечной радиации // Жилищное строительство, 2013, № 1, С. 32 – 33.

10. Волков А.А., Гиясов Б.И., Челышков П.Д., Седов А.В., Стригин Б.С. Оптимизация архитектуры и инженерного обеспечения современных зданий в целях повышения их энергетической эффективности // Научно-технический вестник Поволжья, 2014, № 6. С.111-114.

11. Романенко Е.Ю. Повышение энергетической эффективности ограждающих конструкций - путь повышения эффективности эксплуатации зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2136

12. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения // Стройиздат, 1984. 360 с.

13. ASHRAE Handbook. Fundamentals. SI Edition, 1997. 576 с.

14. Ким Д.А. Анализ ветрового воздействия на здания и сооружения // Инженерный вестник Дона, 2020, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6699

15. Магай А.А. Дубынин Н.В. Светопрозрачные фасады высотных многофункциональных зданий // Вестник МГСУ. 2010. №2. С. 14-21.

References

1. Kubenin A.S., Fedosova A.N. Nauchnoe obozrenie. 2015. №8. pp. 130-135.
 2. Pryaxin V.N., Bol'sherotov A.L., Ryazanova N.E. Vestnik RUDN, seriya E`kologiya i bezopasnost` zhiznedeyatel`nosti, 2009, № 3, pp. 72-76.
 3. Bulatova A.S. Mirovaya e`konomika [World economy]. M. 2005. 734 p.
-



4. Shojxet B.M. E`nergoberezhenie, 2007, №7, pp.62-66.
5. Malyavina E.G. AVOK, 2008, № 2, pp.12-14.
6. Jeong H., Park M., Hwang W., Kim E., Han M. Annals of Nuclear Energy, 2013. №55, pp. 230-237.
7. Giyasov B.I. Vestnik MGSU, 2012, №4, pp. 17-21.
8. Skripchenkova S.Yu. Astraxanskij vestnik e`kologicheskogo obrazovaniya, 2017. № 2 (40). pp. 103-108.
9. Samarin O.D. Zhilishhnoe stroitel`stv, 2013, № 1, pp. 32 – 33.
10. Volkov A.A., Giyasov B.I., Chely`shkov P.D., Sedov A.V., Strigin B.S. Nauchno-texnicheskij vestnik Povolzh`ya, 2014, № 6. pp. 111-114.
11. Romanenko E.YU. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2136
12. Simiu E`., Skanlan R. Vozdejstvie vetra na zdaniya i sooruzheniya [Impact of wind on buildings and structures]. Strojizdat, 1984. 360 p.
13. ASHRAE Handbook. Fundamentals. SI Edition, 1997. 576 p.
14. Kim D.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6699
15. Magaj A.A. DUBY`NIN N.V. Vestnik MGSU. 2010. №2. pp. 14-21.

Дата поступления: 6.02.2024

Дата публикации: 14.03.2024