

УДК 71:697

**Латыпов Василь Фаридович**

архитектор

E-mail: [vasil.latyrov@yandex.ru](mailto:vasil.latyrov@yandex.ru)

**ООО «Актив-Строй»**

Адрес организации: 420108, Россия, г. Казань, ул. Мазита Гафури, д. 50

**Сайфутдинова Аделя Мусаяфовна**

кандидат технических наук

E-mail: [adelyasaif@rambler.ru](mailto:adelyasaif@rambler.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

### **Проектирование жилой застройки с учетом требований естественного воздухообмена помещений на примере г. Петропавловск-Камчатский**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель исследования – определение оптимальной ориентации зданий при проектировании жилой застройки с учетом требований естественного воздухообмена помещений в условиях климата г. Петропавловск-Камчатский.

*Результаты.* Основные результаты исследования состоят в определении оптимальной ориентации секционных жилых зданий с учетом климатических особенностей г. Петропавловск-Камчатский для наилучшего улавливания ветрового напора и, следовательно, повышения качества естественного воздухообмена жилых помещений.

*Выводы.* Значимость полученных результатов исследования для архитектуры и градостроительства состоит в получении данных о наиболее оптимальной ориентации секционных жилых зданий при проектировании застройки с учетом господствующих ветров в г. Петропавловск-Камчатский для максимального улавливания ветрового напора. Полученные данные позволят наиболее полно учитывать все побудители естественного воздухообмена для повышения качества внутреннего воздуха жилых помещений.

**Ключевые слова:** городская климатология, направление ветра, давление ветра, жилая застройка, ориентация здания, естественный воздухообмен помещений.

#### **Введение**

Качество городской среды напрямую влияет на качество жизни [1]. Для того, чтобы создать качественную застройку необходимо решить ряд задач, среди которых немалое значение имеет и разносторонний учет климатических особенностей города.

Современное жилище не только должно защищать человека от непогоды, но и создавать среду, обеспечивающую хорошее самочувствие, и способствовать повышению работоспособности. Для достижения такой среды необходимы чистый воздух богатый кислородом, комфортная температура, влажность воздуха и отсутствие сквозняков [2-4]. Воздух помещений при эксплуатации загрязняется, и это зависит от многих факторов: качества наружного воздуха, наличия в помещении источников загрязнений. Источниками загрязнения могут являться химические выделения мебели, технологические процессы, строительные и декоративные материалы. Большая концентрация вредных веществ вызывает дискомфорт и плохо сказывается на здоровье человека [5].

Естественный воздухообмен далеко не всегда отвечает санитарно-гигиеническим нормам, требованиям комфортной среды. При расчете не уделяется внимание статистике изменения климатических факторов, особенно это касается потоков ветра, которые оказывают существенное влияние на воздушную среду помещения [6-8]. На данный момент, воздействие ветра учитывается при проектировании аэрации территорий жилой застройки или при необходимости ветрозащиты, но оценка внешнего воздействия ветра на воздухообмен внутри помещений остается без учета. В связи с этим, изучение влияния ветрового напора на внутреннюю среду помещения и его дальнейший учет является весьма актуальной задачей.

### Анализ побудителей естественного воздухообмена в жилой застройке

При проектировании вентиляции, на данный момент, опираются на нормативные документы федерального уровня (СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха).

При расчете располагаемого напора существующие нормы учитывают напор только от разности температур ( $\Delta P_t$ ) при температуре наружного воздуха  $+5^\circ\text{C}$ . Скорость ветра никак не учитывается, из-за изменчивости ветра по направлению и скоростям.

Величина теплового напора ( $\Delta P_t$ ) зависит от разности плотностей наружного ( $\rho_n$ ) и внутреннего ( $\rho_e$ ) воздуха или удельного веса наружного и внутреннего воздуха, и от высоты вытяжки ( $h$ ). При анализе справочной литературы было выявлено, что наружная температура имеет колебания суточного цикла и годовых циклов. Амплитуда суточных колебаний, для выбранного города Петропавловск-Камчатский, согласно СП «Строительная климатология» годовой ход среднемесячных температур изменяется от  $-7^\circ\text{C}$  в январе до  $+13,2^\circ\text{C}$  в июле. Анализ хода температуры показал необходимость введения ежемесячных расчетов располагаемого напора по среднемесячным значениям температуры. Расчеты производятся по методологии, описанной в работах Куприянова В.Н. и Сайфутдиновой А.М.

Величина ветрового напора ( $\Delta P_v$ ) зависит от скорости ветрового потока ( $v$ ), плотности наружного воздуха ( $\rho_n$ ), и коэффициента ( $k$ ), учитывающего аэродинамику обтекания здания:

$$\Delta P_v = k \times \rho_n \times v^2 / 2, \text{ Па.} \quad (1)$$

С течением времени ветер меняет свое направление и величину скорости, что вызывает трудности при выборе его расчетных значений скорости, аэродинамического коэффициента, и других определяющих его величин. Для определения ветрового напора проведен более подробный анализ ветрового режима застройки г. Петропавловск-Камчатский. Анализ показал, что зимой преобладающие ветра СЗ направления, а летом ЮВ. В дальнейшем в расчетах используются среднегодовые значения вероятности ветра [9].

При анализе вероятностных характеристик ветрового напора при разных значениях скорости ветра выявлено, что, с повышением скорости, ветровой напор увеличивается, но вероятность повышенных скоростей падает. Суммарный ветровой напор имеет максимальное значение при скорости ветра равной  $8,5 \text{ м/с}$ . Эта величина скорости и принимается в качестве расчетного значения для г. Петропавловск-Камчатский, что позволяет получить результаты ветрового напора за каждый месяц.

Для получения конечных результатов необходимо подкорректировать данные по углу атаки ветра, учесть аэродинамический коэффициент ( $k$ ) и поправочный коэффициент ( $k_e$ ), зависящий от типа местности и высоты застройки (СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия).

Для расчетов рассмотрим проектируемую жилую застройку в г. Петропавловск-Камчатский (рис. 1). На рис. 2 представлена рассматриваемая секция жилого дома в более крупном масштабе.

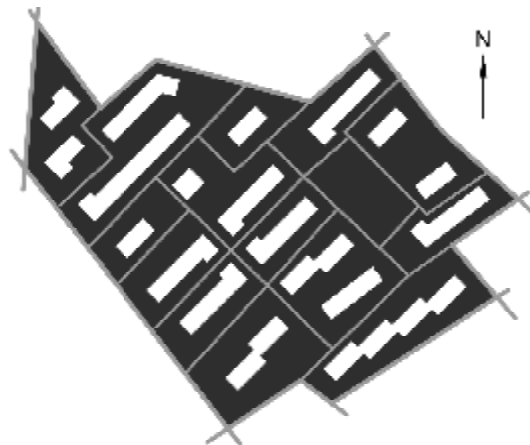


Рис. 1. Первоначальный генплан жилой застройки (иллюстрация авторов)

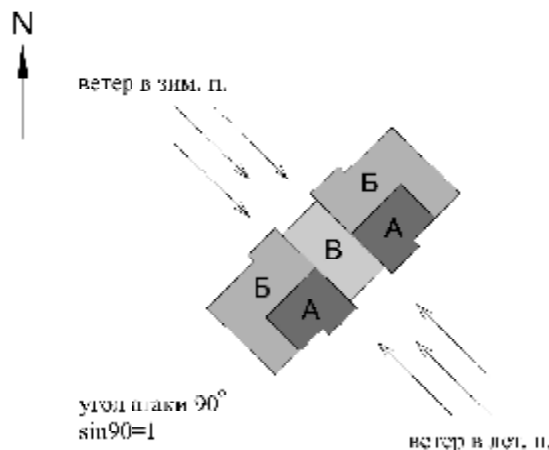


Рис. 2. Ориентация рассматриваемой секции жилого дома по отношению к господствующим ветрам:  
А – однокомнатная квартира; Б – трехкомнатная квартира;  
В – лестничная клетка (иллюстрация авторов)

Для текущей застройки, при проверке однокомнатной квартиры, коэффициент  $k$  с наветренной стороны принят  $k=0,8$ , с заветренной стороны, из-за отрицательного напора,  $k=-0,5$ . С учетом угла атаки, формула аэродинамического коэффициента примет вид (2):

$$k_a = k \times 90 \times \sin \alpha. \tag{2}$$

Таким образом, формула по вычислению величины ветрового напора для целей воздухообмена жилых зданий массового строительства будет иметь следующий вид (3):

$$\Delta P_v = k_a \times \rho_n (k_b \times v)^2 / 2, \text{ Па.} \tag{3}$$

Расход фактического приточного воздуха рассчитывается по формулам (4)-(5):

$$G = G_n \times (\Delta P / \Delta P_0)^{2/3}, \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{ч}, \tag{4}$$

где  $G$  – фактическая воздухопроницаемость при располагаемом напоре  $\Delta P$  (Па);  
 $G_n$  – воздухопроницаемость ПВХ окон при  $\Delta P_0=100$  Па,  $G_n = 17 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{ч}$ .

$$L = S \times G, \text{ м}^3/\text{ч}, \tag{5}$$

где  $L$  – расход приточного воздуха,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$S$  – площадь окон.

Таким образом, с помощью вышеперечисленных формул получим все требуемые данные для анализа действия ветрового напора с учетом всех влияющих на него факторов: угла атаки, типа местности, этажности; и, соответственно, сумму ветрового и теплового напоров, за каждый отдельный месяц года, что позволит дать оценку реального влияния климатических факторов на воздухообмен в рассматриваемой однокомнатной квартире типовой секции в г. Петропавловск-Камчатский (рис. 3).

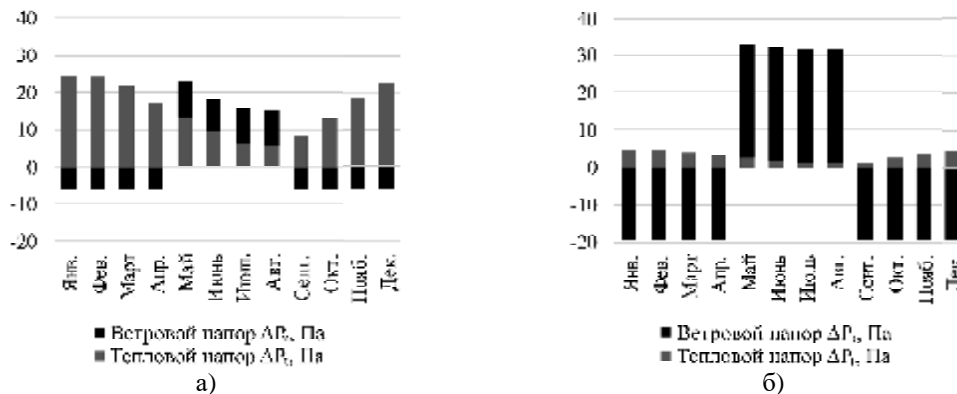


Рис. 3. График распределения теплового и ветрового напоров:  
а) для 2 этажа; б) для 7 этажа (иллюстрация авторов)

Анализ результатов, по графику (рис. 3), показывает, что для нижних этажей большую роль играет тепловой напор, но чем выше этаж, тем он становится меньше. Ветровой напор, наоборот, возрастает с повышением этажности. Для верхних этажей ветровой напор на порядок больше, чем тепловой, для данного города из-за прямо противоположенных ветровых потоков в течение года. Значения напора в зимний период имеют отрицательный знак, что создает отток воздуха из квартир. Очевидно, что для повышения количества притока воздуха необходимо изменить ориентацию зданий при проектировании жилой застройки. Для уменьшения оттока необходимо сгладить угол атаки ветровых потоков. Так, можно условно принять угол  $10^\circ$  (рис. 4) и пересчитать результаты.

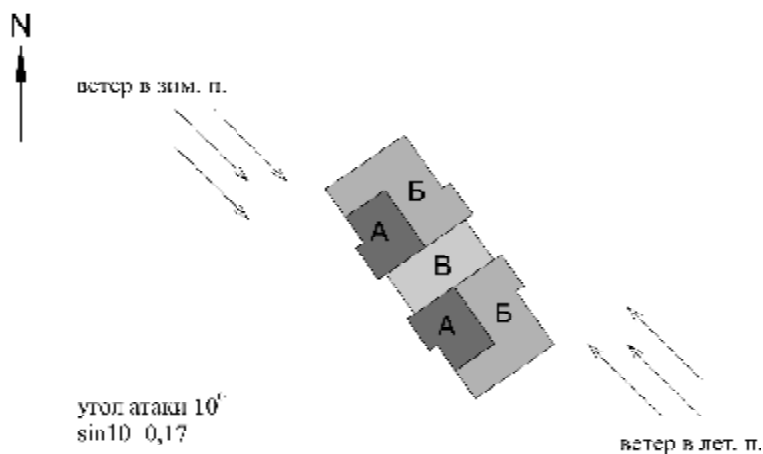


Рис. 4. Ориентация секции жилого дома по отношению к господствующим ветрам после ее поворота: А – однокомнатная квартира; Б – трехкомнатная квартира; В – лестничная клетка (иллюстрация авторов)

По рис. 5, видно, что при изменении ориентации секции дома по отношению к углу атаки ветровых потоков в зимний период времени ветрового напора с отрицательными значениями не осталось. На рис. 6. показан анализ расхода приточного воздуха в верхние этажи квартиры, когда угол атаки ветровых потоков равен  $90^\circ$  и  $10^\circ$ . В первом случае большую часть времени в течении года идет отток воздуха, создаваемый отрицательным напором ветра, во втором случае ситуация улучшилась, расход приточного воздуха (L) принял положительные значения в зимний период.

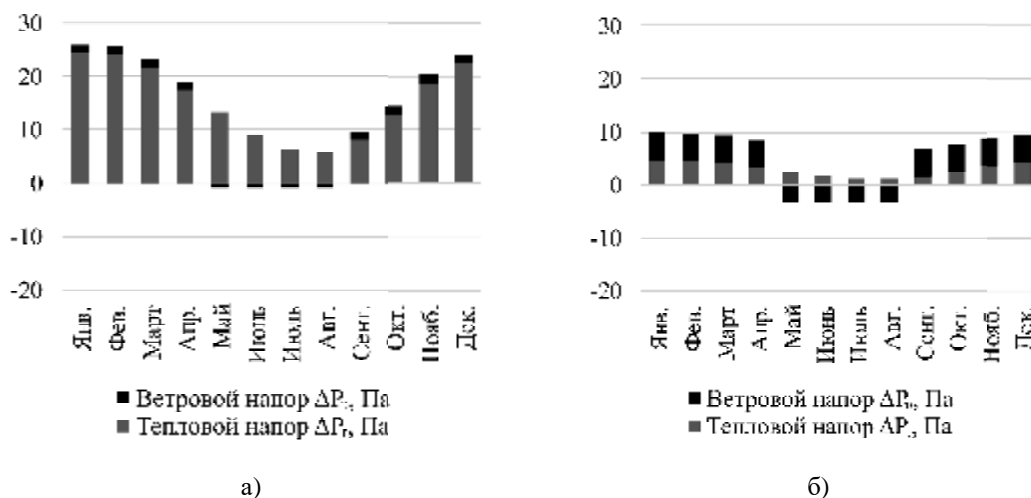


Рис. 5. График распределения теплового и ветрового напоров после поворота секции жилого дома: а) для 2 этажа; б) для 7 этажа (иллюстрация авторов)

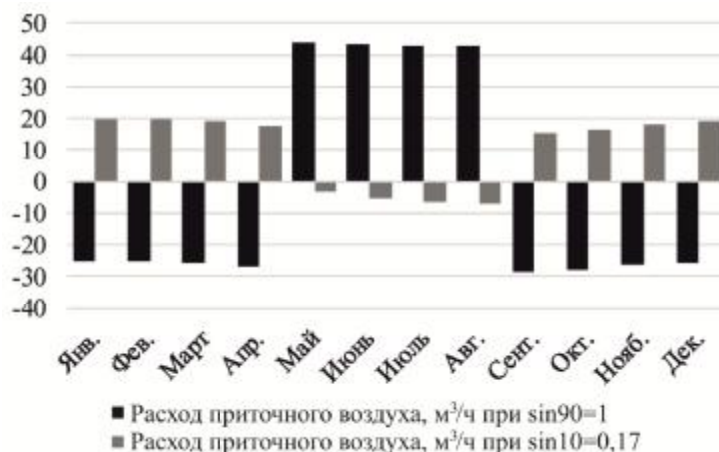


Рис. 6. Расход приточного воздуха для 7 этажа, при разных углах атаки (иллюстрация авторов)

Из этого следует, что изменение ориентации зданий в застройке с учетом требований воздухообмена (рис. 7) не только не ухудшает качества планировочных решений, но и может быть легко воплощено при проектировании жилых микрорайонов.

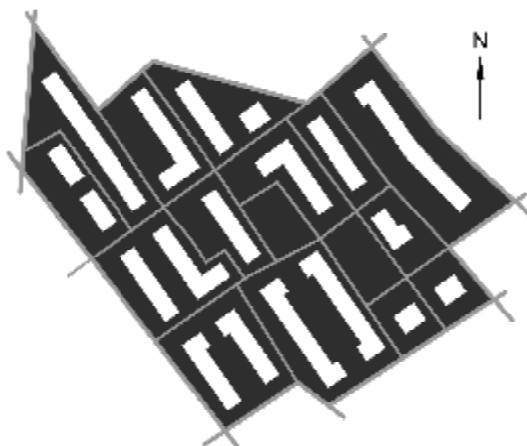


Рис. 7. Генплан, измененный с учетом требований воздухообмена (иллюстрация авторов)

### Заключение

В заключение можно отметить, что ориентация жилого здания в проектируемой застройке влияет на естественный воздухообмен помещений. Однако влияние ветрового напора на внутреннюю среду здания следует рассматривать в комплексе с другими задачами, так как выбор расположения здания напрямую зависит еще и от инсоляции помещений. Учет полученных данных при проектировании застройки позволит улучшить качество внутренней среды помещений.

Анализ климатических данных местности и получение фактических значений приточного воздуха с учетом ветровых напоров дают более точное представление об обеспечении санитарных требований к качеству внутреннего воздуха, что позволит устранить недостаточность приточного воздуха, выбирая необходимые дополнительные приточные устройства, которые, в том числе, могут работать от энергии ветра независимо от его направления [10].

### Список библиографических ссылок

1. Хуснутдинова С. Р., Дембич А. А., Закирова Ю. А. Социально экологические факторы формирования комфортной среды урбанизированных территорий // Географический вестник. 2016. № 4 (39). С. 28–35.

2. Устинов В. В. Микроклимат и качество воздуха в офисных зданиях // Здания высоких технологий. 2015. № 1. С. 6–13.
3. Иммангулов Р. Р., Хайруллин А. Г., Хафизов Р. Р. Эффективность воздухообмена спортивных сооружений : сб. ст. победителей III Международной научно-практической конференции / ПГУ. Пенза, 2016. С. 97–99.
4. Strøm-Tejsten P., Zukowska D., Wargocki P., Wyon D. P. The effects of bedroom air quality on sleep and next-day performance // Indoor Air. 2016. № 26. P. 679–686.
5. Сайфутдинова А. М., Куприянов В. Н. Особенности естественного воздухообмена жилых помещений // АСАДЕМІА Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 319–325.
6. Pham Duc Nguyen, Vuong Dao Hoang, Ngo Hoang Ngoc Dung. Enhancing the indoor environment quality of office buildings in coastal cities of Vietnam : сб. мат. XIII Международной научной конференции / ВолгГасу. Волгоград, 2015. С. 271–279.
7. Куприянов В. Н. Климатология и физика архитектурной среды. М. : АСВ, 2016. 194 с.
8. Krzaczek M., Tejchman J., Kumar S. Indoor Air Quality and Thermal Comfort in Naturally Ventilated Low-Energy Residential Houses // Air Quality – Monitoring and Modeling. 2012. № 2. P. 79–116.
9. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 27. Камчатская область. СПб. : Гидрометеиздат, 2001. 598 с.
10. Кривошеин А. Д. Обеспечение регулируемого притока воздуха в жилых зданиях: проблемы и решения // АВОК. 2018. № 4. С. 32–41.

**Latypov Vasil Faridovich**

architect

E-mail: [vasil.latypov@yandex.ru](mailto:vasil.latypov@yandex.ru)**LLC «Aktiv-Stroy»**

The organization address: 420108, Russia, Kazan, Mazita Gafuri st., 50

**Sayfutdinova Adelya Musayafovna**

candidate of technical sciences

E-mail: [adelyasaif@rambler.ru](mailto:adelyasaif@rambler.ru)**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

**Designing of residential buildings taking into account  
the requirements of natural air exchange of the premises  
on the example of Petropavlovsk-Kamchatsky****Abstract**

*Problem statement.* The purpose of the article is to determine optimal orientation of buildings for the design of housing estate, taking into account the requirements of natural air exchange of premises in a climate of the city of Petropavlovsk-Kamchatsky.

*Results.* The main results of the research consist in determining the optimal orientation of sectional residential buildings, taking into account the climate of the city of Petropavlovsk-Kamchatsky, in order to capture the wind pressure and, consequently, improve the quality of the natural air exchange in residential premises. The influence of planning decisions of housing estate on the natural air exchange of premises in a specified climate.

*Conclusions.* The significance of the research results for urban design and architecture consists in the obtaining data about optimal orientation of sectional residential buildings for designing buildings with regard to the prevailing winds in the city of Petropavlovsk-Kamchatsky for maximum trapping of wind pressure. The obtained data will most fully take into account all driving forces of natural air exchange to improve the quality of indoor air in residential premises.

**Keywords:** urban climatology, wind direction, wind pressure, housing estate, building orientation, natural air exchange of premises.

### References

1. Khusnutdinova S. R., Dembich A. A., Zakirova Yu. A. Socio-ecological factors of the comfortable environment formation in urban areas // *Geograficheskiy vestnik*. 2016. № 4 (39). P. 28–35.
2. Ustinov V. V. Microclimate and air quality in office buildings // *Zdaniya vysokikh tekhnologiy*. 2015. № 1. P. 6-13.
3. Immangulov R. R., Khairullin A. G., Hafizov R. R. Efficiency of air exchange of sports facilities : dig. of art. of winners of the III International Scientific and Practical Conference / PSU. Penza, 2016. P. 97–99.
4. Strøm-Tejsen P., Zukowska D., Wargocki P., Wyon D. P. The effects of bedroom air quality on sleep and next-day performance // *Indoor Air*. 2016. № 26. P. 679–686.
5. Sayfutdinova A. M., Kupriyanov V. N. Features of natural air exchange of living permises // *ACADEMIA Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2009. № 5. P. 319–325.
6. Pham Duc Nguyen, Vuong Dao Hoang, Ngo Hoang Ngoc Dung. Enhancing the indoor environment quality of office buildings in coastal cities of Vietnam : proc. of the XIII International Scientific Conference / *VolgGasu*. Volgograd, 2015. P. 271–279.
7. Kupriyanov V. N. *Climatology and Physics of Architectural Environment*. M. : ASV, 2016. 194 p.
8. Krzaczek M., Tejchman J., Kumar S. Indoor Air Quality and Thermal Comfort in Naturally Ventilated Low-Energy Residential Houses // *Air Quality – Monitoring and Modeling*. 2012. № 2. P. 79–116.
9. *Scientific and applied guide to the climate of the USSR*. Iss. 27. Kamchatka region. SPb. : Gidrometeoizdat, 2001. 598 p.
10. Krivoshein A. D. Providing regulated air flow in residential buildings: problems and solutions // *AVOK*. 2018. № 4. P. 32–41.