

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ В АРХИТЕКТУРНО–СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЯ КАК ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Береговой А.М., Дерина М.А., Щеглова А.С.

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Россия (440028, Пенза, ул. Г. Титова, 28), e-mail: office@pguas.ru

Выполненный анализ опубликованных результатов исследований и нормативов по санитарно–экологическому сопровождению объектов указывает на сложный характер взаимосвязей экологических параметров внутренней воздушной среды с архитектурно–строительным решением и работой системы вентиляции здания. Для раскрытия этих взаимосвязей использован механизм критериального анализа, в котором экологические параметры представлены как локальные критерии оптимальности (ЛКО) энергоэффективного здания, рассматриваемого на основе единой энергетической и экологической системы. Показаны особенности объемно–планировочных и конструктивных решений зданий, позволяющие изменить величины некоторых ЛКО с целью улучшения экологического состояния воздушной среды помещений. В дополнение к экологическим параметрам, включенным в санитарно–экологический паспорт строительной продукции, рассмотрены в качестве ЛКО также параметры, оценивающие количество микрофлоры в воздушной среде помещений и продолжительность их инсоляции.

Ключевые слова: экологические параметры, архитектурно–строительное проектирование, единая энергетическая и экологическая система здания, критериальный анализ

THE ECOLOGICAL PARAMETERS IN ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION DESIGN OF BUILDING AS UNITED ENERGY AND ECOLOGICAL SYSTEM

Beregovoy A.M., Derina M.A. , Shcheglova A.S.

Penza State University of Architecture and Construction, Russia, 440028, Penza, 28, Titova St., e-mail: office@pguas.ru

Analysis of the published research results and standards of sanitary and ecological support of objects reveal the complex nature of the interrelationships of ecological parameters of internal air with the architectural solution of the building and work of ventilation system. To reveal these relationships use is made of the criterion analysis mechanism in which ecological parameters are presented as a local optimality criteria (LCO) of energy efficient building, considered on the basis of united energy and ecological system. Peculiarities of space planning and structural solutions for buildings are shown, enabling to change the values of some LCO in order to improve the ecological state of internal air. In addition to ecological parameters included in sanitary and ecological passport of construction products, also the parameters as LCO are considered, estimating the number of microorganisms in the internal air and the duration of insolation areas.

Keywords: ecological parameters, architecture and construction design, united energy and ecological system, criterion analysis

Результаты многочисленных исследований отечественных и зарубежных специалистов указывают, что из–за неблагоприятных параметров микроклимата и экологических показателей внутренней воздушной среды значительная часть эксплуатируемых зданий имеют признаки синдрома «больного» здания («Sick house»). В ряде работ авторов, в том числе в [2, 3], отмечается, что одной из причин появления такого признака является неэффективная работа одного из важных факторов единой энергетической и экологической системы здания (ЕЭЭС) – естественной вентиляции, не обеспечивающей в условиях эксплуатации необходимый воздухообмен внутреннего пространства многоэтажных жилых домов. В [2] рассмотрено влияние только этого фактора на формирование параметров

микроклимата помещений. Однако анализ опубликованных результатов исследований по данному направлению и нормативные требования по санитарно-экологическому сопровождению объектов [4–7, 9] указывают на более сложный характер воздействий различных факторов на экологическое состояние и на микроклимат внутренней воздушной среды.

Цель исследования заключается в дальнейшем развитии представлений о влиянии экологических параметров внутренней воздушной среды на архитектурно-строительное решение здания, рассматриваемого на основе ЕЭЭС.

Наиболее успешно характер взаимодействующих факторов в такой сложной системе, как ЕЭЭС здания, оценивается при решении задач оптимизации на базе критериального анализа. Разработка архитектурно-строительного решения энергоэффективного здания начинается с тщательного анализа локальных критериев оптимальности (ЛКО) с целью получения максимального теплоэнергетического и экологического эффекта.

В критериальном анализе для решения задачи по минимизации расхода тепловой энергии в здании в условиях полной определенности рассматривается так называемый суммарный обобщенный критерий K_{uit} , который отождествляет собой комплексный показатель энергетической потребности здания при нормативных параметрах микроклимата помещений. Он определяется на основании безразмерных показателей эффективности, которые умножаются на коэффициенты весомости g_j , определяемые экспериментальными методами

$$K_{uit} = \sum_{j=1}^n g_{ij} \cdot k_{ij}, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n. \quad (1)$$

Введенный в формулу (1) коэффициент весомости g_j оценивает вклад в энергопотребность здания каждой отдельной безразмерной величины k_{ij} . При суммировании произведений

$g_{ij} \cdot k_{ij}$ может наблюдаться снижение или повышение эффекта энергосбережения ввиду противоречивого характера взаимодействий ЛКО.

С учетом возможного изменения суммарного эффекта энергосбережения формула (1) принимает вид [1]:

$$K_{uit}^* = \sum_{j=1}^n g_j^* \cdot k_{ij} + \sum_{j=1}^n g_j^* \cdot k_{ij}^* \cdot r, \quad (2)$$

где $\sum_{j=1}^n g_j^* \cdot k_{ij}^*$ – сумма произведений $g_j^* \cdot k_{ij}^*$, вызывающих эффект понижения или

повышения в энергосбережении; g_j, g_j^* и r – соответственно весовые коэффициенты, которые

оценивают вклад в энергопотребность здания каждой безразмерной величины k_{ij} и коэффициент изменения суммарного эффекта ряда безразмерных показателей, определяемые экспериментальным или расчетным путем.

Изменение эффекта энергосбережения в формуле (2) можно оценить на примере анализа показателя средней кратности воздухообмена здания за отопительный период $n_v, ч^{-1}$, при нахождении удельной вентиляционной характеристики здания $k_{вент}$ [8]

$$k_{вент} = 0,28c n_v \beta_v \rho_v^{вент} (1 - k_{эф}) \quad (3)$$

Показатель n_v через значение $k_{вент}$ влияет на общие теплопотери здания, определяемые за отопительный период по формуле

$$Q_{общ}^{год} = 0,024ГСОП V_{от} (k_{об} + k_{вент}) \quad (4)$$

При составлении энергетического паспорта построенного или уже эксплуатируемого здания меньшее по сравнению с нормативным значение показателя n_v может вызвать, с одной стороны, снижение теплопотерь и соответственно повышение эффекта энергосбережения, но, с другой, – ухудшение экологических параметров воздушной среды помещений.

Поскольку основной критерий высокой эффективности ЕЭЭС – это обеспеченность ее функционирования при наименьших энергетических затратах, а также при поддержании комфортных, экологически безопасных условий микроклимата помещений, то такая сложная целевая функция системы ЕЭЭС, как K_{ui} , требует включения экологической составляющей Z

$$Z = f(Z_{ен}(k_1, \dots, k_n), \dots, Z_{эс}(k_1, \dots, k_n)) \quad (5)$$

при соблюдении условий $g_i(k_1, \dots, k_n)$, под которыми принимаются долговечность, прочность, пожаробезопасность, экономичность и др. общепринятые требования к зданию; здесь $Z_{ен}$ и $Z_{эс}$ – целевые функции соответственно энергетических и экологических подсистем ЕЭЭС здания.

Целевую функцию экологической подсистемы ЕЭЭС здания с учетом коэффициентов весомости можно представить так

$$Z_{ec} = \sum_{j=1}^n g_j^{ec} \cdot k_j^{ec}, \quad (6)$$

где k_i^{ec} – экологические параметры, а g_j^{ec} – их коэффициенты весомости, оценивающие вклад каждого параметра k_i^{ec} в целевую функцию Z_{ec} .

Перечень экологических параметров и нормативные требования к экологическому состоянию воздушной среды помещений, обеспечивающие отсутствие его вредного влияния на здоровье людей, регламентируются составом документов санитарно–экологического паспорта строительной продукции [9]. В нем изложены требования к девяти экологическим параметрам. Восемь из них, тесно взаимосвязанных с архитектурно–строительным решением здания, можно выразить соответствующими экологическими параметрами для каждого конкретного варианта проектирования ($k_{пр}^{ec}$ – поток радона, k_x^{ec} – концентрация вредных химических веществ в воздушной среде помещений; k_m^{ec} – параметры микроклимата, k_p^{ec} – содержание радионуклидов в строительных материалах, изделиях, грунтах; k_γ^{ec} – уровень γ – излучения после завершения отделочных работ, $k_{ш}^{ec}$ – шум и вибрация от инженерного оборудования, k_o – естественная и искусственная освещенность, а также k_t^{ec} – теплотехническое обследование объекта в целом).

Величины первых трех параметров находятся в непосредственной зависимости от работы системы вентиляции здания.

В дополнение к восьми упомянутым параметрам имеет смысл назвать еще два параметра: k_{mf}^{**} , который оценивает количество микрофлоры в воздушной среде помещений, и $k_{инс}^{**}$, определяющий продолжительность инсоляции помещения в час. Параметр k_{mf}^{**} зависит как от работы системы вентиляции здания, так и от параметра $k_{инс}^{**}$.

Превышение допустимых значений некоторых параметров ($k_{пр}^{ec}$, k_x^{ec} , k_p^{ec} , k_γ^{ec} , $k_{ш}^{ec}$) представляет непосредственную угрозу для здоровья находящихся в помещении людей.

Если влияние системы вентиляции здания на формирование микроклимата помещений достаточно хорошо исследовано в трудах отечественных и зарубежных специалистов, то научно–техническая основа противорадоновой защиты гражданских зданий еще только находится в стадии разработки.

Как известно, архитектурно–строительное решение многих проектируемых и эксплуатируемых зданий не обеспечивает достаточной защиты внутренней воздушной среды помещений от проникновения радиоактивного газа радона. Применяемые в практике проектирования конструкции цокольных перекрытий, наружных стен, окон и дверей не являются абсолютно герметичными и поэтому проницаемы для инфильтрации наружного воздуха, диффузии водяных паров и газов, несущих радон с поверхности грунта.

Как указывается в [7], в проектном решении здания должны быть предусмотрены два уровня противорадоновой защиты жилых и общественных зданий: умеренный, если плотность потока радона с поверхности грунта превышает $80 \text{ мБк}/(\text{м}^2/\text{с})$, и усиленный при плотности этого потока газа более $200 \text{ мБк}/(\text{м}^2/\text{с})$. Как в первом, так и во втором уровнях защиты общим противорадоновым мероприятием является использование принудительной вентиляции помещений цокольного и подземного этажей. При этом отмечается, что для защиты второго уровня, помимо устройства депрессии грунтового основания путем естественной вытяжки почвенного газа, важное значение приобретает создание положительной разницы давлений между оболочкой здания и атмосферой, что также обеспечивается эффективно работающей системой приточно–вытяжной вентиляции.

В архитектурно–строительном решении здания особое значение приобретают: применение конструкций наружных стен и оконных блоков с элементами, обеспечивающими постоянное вентилирование внутреннего воздуха, устройство в подпольях, подвальных помещениях продухов под утепленными полами первого этажа для выноса диффундирующего из грунта радонового газа в атмосферу. Помимо этого, большой эффект дают мероприятия по устройству на уровне цокольного перекрытия герметичного слоя с высоким сопротивлением паропрооницанию, по тщательной герметизации ограждающих конструкций подвала и нижних этажей здания особенно в местах стыковых соединений.

При недостаточно эффективном воздухообмене содержание токсических веществ в воздушной среде резко повышается из–за высокого значения показателя насыщенности помещений полимерными материалами (ПНПМ), используемыми в отделочных материалах и новой мебели. Если этот показатель определять, как частное от деления общей поверхности полимерных покрытий на объем этого помещения, то как показывают результаты обследований жилых и ряда общественных зданий, выполненные различными авторами, при показателе ПНПМ в пределах $0,1 \dots 2,05 \text{ м}^2/\text{м}^3$ концентрации фенола, формальдегида и др. токсических веществ могут в несколько раз превысить величину их предельно допустимой концентрации (ПДК). Так, по данным [6], концентрация токсических веществ в воздухе жилых и офисных помещений (г. Донецк) превысила их ПДК по фенолу в 3–4 раза (квартира с новой мебелью), по формальдегиду и по аммиаку соответственно в 7 и 25 раз (банк после ремонта и установки новой мебели), по окиси углерода на 6% (кухня квартиры после 1 часа работы конфорки газовой плиты). При этом концентрации этих веществ во внешнем воздухе оказались меньше их ПДК, а для некоторых – существенно меньше (для аммиака и окиси углерода на порядок, для фенола в 2,5 раза).

Эффективное уменьшение концентрации токсических химических веществ в воздухе помещений обеспечивается также и за счет использования некоторых других мероприятий (очистка воздуха с помощью озона, устройство газонепроницаемых отделочных слоев из натуральных материалов).

Зависимость параметра $\kappa_{\text{мф}}^{\text{ec}}$ от работы системы вентиляции здания можно объяснить тем, что болезнетворная микрофлора обычно накапливается в плохо вентилируемых, застойных зонах помещений. В [4] отмечается, что на частичках пыли в воздухе помещений всегда находятся разнообразные микроорганизмы (вирусы, бактерии и др.), которые «вне твердых и жидких частиц в воздухе не встречаются (кроме спор грибов)».

Вместе с тем наглядно прослеживается связь экологических параметров $\kappa_{\text{инс}}^{\text{ec}}$ и $\kappa_{\text{мф}}^{\text{ec}}$. Прямые солнечные лучи, особенно в их ультрафиолетовом диапазоне, оказывают обеззараживающее действие на микроорганизмы в воздушной среде. Авторы [5] считают также, что такое световое воздействие повышает сопротивляемость организма к «химическим загрязнителям среды, обладающим общетоксическим, канцерогенным и аллергенным действием».

По мнению ряда исследователей, предусмотренную нормами продолжительность солнечной инсоляции помещений, равную 2,5–3 часам в зависимости от климатического района строительства, целесообразно увеличить на несколько часов для достижения более стабильного экологического эффекта. Однако в крупных городах решение этой проблемы часто носит сложный характер из-за необходимости учета условий градостроительства и регулирования плотности многоэтажной застройки.

В архитектурно–строительном проектировании на параметры $\kappa_{\text{мф}}^{\text{ec}}$, $\kappa_{\text{инс}}^{\text{ec}}$, $\kappa_{\text{пр}}^{\text{ec}}$, $\kappa_{\text{х}}^{\text{ec}}$, $\kappa_{\text{м}}^{\text{ec}}$ влияет как тип системы вентиляции, ее элементов и сопутствующих технических устройств, так и объемно–планировочное решение здания, которое оптимизируется путем правильной ориентации самого здания и его помещений по отношению к солнечным сторонам горизонта, уменьшения степени затененности его фасада, а также за счет такого расположения помещений в квартирах, которое обеспечивало бы в них активный воздухообмен по типу сквозного или хотя бы углового проветривания.

Список литературы

1. Береговой А.М., Викторова О.Л., Береговой В.А. Показатели энергоэффективности в системном анализе теплопотерь через энергосберегающие наружные ограждения//Известия высших учебных заведений. Строительство. –2009. - № 5. – С. 57–61.

2. Береговой А.М., Дерина М.А. Наружные ограждающие конструкции в системе воздухообмена жилого многоэтажного здания // Современные проблемы науки и образования. – 2015. - № 1. – URL: www.science-education.ru/121-17257 (дата обращения: 04.02.2015).
3. Береговой А.М. Здания с энергосберегающими конструкциями: дисс....д-ра техн. наук.– Пенза, 2005. – 308 с.
4. Гигиеническое значение микрофлоры воздуха.– URL:<http://www.my-ref.net/gigienicheskoe-znachenie-mikroflory-vozduha/> (дата обращения 25.02.15).
5. Губернский Ю.Д., Лицкевич В.К. Жилище для человека. М.: Стройиздат. Раздел 7. Критерии световой среды жилища. – URL:<http://www.bibliotekar.ru/zhilishe/8.htm> (дата обращения 25.02.15).
6. Наша опасная квартира//Безопасность жизнедеятельности. – 2006. - №11. – URL: <http://www.mikrasna.narod.ru/russian/dangerous.htm> (дата обращения: 22.02.2015).
7. СП 2.6.1.2612–10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010).–URL:<http://dom.dacha-dom.ru/gas-radon.shtml>(дата обращения 18.02.15).
8. СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23–02–2003. – М.: НИИСФ РААСН, 2012. – 95 с.
9. ТСН – 2001.5 – 11. Сборник 11.Экологическое сопровождение объектов строительства и составление санитарно–экологического паспорта. Сборник строительных нормативов (на основе сборника МТСН 81.5–11–98). – URL:<http://goct.info/Data1/50/50176/index.htm> (дата обращения 15.02.15 г.).

Рецензенты:

Демьянова В.С., д.т.н., профессор, заведующая кафедрой «Инженерная экология», ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза;
Ласьков Н.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции», ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза.