

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

---

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**И.Л. Данилов, кандидат физико-математических наук, доцент, профессор.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены вопросы тепло-, влажно- воздухообмена в зданиях и сооружениях с точки зрения строительных норм и правил. Приведены примеры причин нарушения нормативов тепло- влажно- воздухообмена при наличии в помещениях значительного количества людей и иных источников водяного пара. Рекомендованы возможные способы устранения последствий таких нарушений. Обсуждены проблемы звукоизоляции, естественной освещенности и инсоляции помещений.

*Ключевые слова:* тепловой режим помещения, влажность в помещениях, нормативный воздухообмен, расчетные параметры воздуха, принудительная вентиляция, звукоизоляция, естественная освещённость, инсоляция

## CURRENT PROBLEMS OF CREATING A COMFORT LIVING ENVIRONMENT

I.L. Danilov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Reviewed the problems of heat, moisture and ventilation in buildings and structures from the perspective of building regulations. Listed the examples of causes of violation heat-water-air exchange in the presence of significant number of people indoors and other sources of water vapor. Recommend ways to eliminate the consequences of such violations. Discussed the problems of sound insulation, natural lighting and insolation premises.

*Keywords:* heat regime of premises, indoor humidity, standard air exchange, calculated parameters of air, forced ventilation, sound insulation, natural lighting, insolation

Создание комфортной и безопасной среды жизнедеятельности людей в современных зданиях жилого, общественного и производственного назначения включает в себя целый комплекс вопросов, связанных как с физико-техническими характеристиками строительных ограждений, так и с условиями эксплуатации помещений. Важно отметить, что прочностным характеристикам современных зданий и сооружений уделяется достаточно большое внимание [1–3], а вот комплексная оценка параметров помещений, влияющих на здоровую среду жизнедеятельности, проводится далеко не всегда.

Происходящие в процессе эксплуатации помещений явления тепло- и массопередачи, проникновение шумов и света через строительные ограждения являются взаимосвязанными и влияющими на состояние как самих ограждений, так и на здоровье находящихся в этих помещениях людей.

К числу определяющих комфортную среду жизнедеятельности человека факторов в закрытых помещениях можно отнести:

- обеспечение теплового режима;
- обеспечение влажностного режима;
- обеспечение воздухопроницаемости и вентиляции;
- обеспечение звукоизоляции;
- обеспечение инсоляции и освещенности.

Рассмотрим подробнее взаимовлияние перечисленных факторов с учетом нормативных документов, утвержденных за последние несколько лет [4–8].

Обеспечение теплового режима помещений в соответствии с законами [5, 7] ограничивает величину удельного теплового потока через вертикальное строительное ограждение примерно до  $20 \text{ Вт/м}^2$ . При таком условии толщина стены здания из кирпича с коэффициентом теплопроводности  $0,5\text{--}0,7 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$  в условиях Санкт-Петербурга должна быть не менее 1 м, а в местностях с более суровыми зимами и того более. Очевидно, что строительство таких зданий становится экономически невыгодным.

Применение современных утеплительных материалов существенно уменьшает требования к толщине ограждений и уменьшает нагрузку на фундамент. Однако известно, что любой утеплитель – это пористый материал. Следовательно, применение «мощных утеплителей» значительно повышает влаго- и воздухопроницаемость ограждения. Возникает проблема возможной конденсации влаги внутри ограждения в зимний период эксплуатации. Кроме того, возможно несоблюдение нормативов по перепаду температуры [7] между внутренней поверхностью ограждения и расчетной температурой внутри помещения. Следствием такой ситуации является появление трещин внутри ограждений, отслаивание отделочных материалов от наружных стен, намокание внутренних стен (особенно в районе углов).

Требование энергоэффективности современных зданий, в частности для окон и дверей, характеризующихся высокой степенью герметичности, не должно означать отказ от необходимости притока в помещение свежего воздуха. Правильная организация воздухообмена – это обеспечение комфортной среды для проживания или трудовой деятельности людей за счет контролируемой вентиляции помещений различного назначения.

В жилищном строительстве обычно принимается следующая схема вентиляции квартир. Отработанный воздух удаляется непосредственно из зоны его наибольшего загрязнения, то есть из кухонь и санитарных помещений, посредством естественной вытяжной канальной вентиляции. Его замещение происходит за счет наружного воздуха, поступающего через негерметичности наружных ограждений (главным образом, оконного заполнения) и посредством проветривания всех помещений квартиры.

Квартира рассматривается в качестве единого воздушного объема с одинаковым давлением. При этом предполагается, что внутриквартирные двери, как правило, открыты или имеют подрезку дверного полотна, уменьшающую их аэродинамическое сопротивление в закрытом положении. Так, например, щель под дверями ванной и уборной должна быть не менее 2 см.

Приведенные выше положения, как правило, распространяются на офисные помещения и учебные аудитории, расположенные в одном здании.

Нормы воздухообмена различного типа помещений определяется согласно нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений (актуализированные издания СНиП 2.08.01-89\*, СНиП 2.08.02-89\*, СНиП 2.09.04-87\*), а также рядом других нормативных документов (СНиП 2.04.05-91\* и др.).

В соответствии с Приложением 19 СНиП 2.04.05-91\* расчетные параметры воздуха и кратность воздухообмена в производственных помещениях, в которых на одного человека приходится объем воздуха менее  $20 \text{ м}^3$ , следует принимать равным  $30 \text{ м}^3$  на человека в час при температуре воздуха  $20\text{--}22 \text{ °C}$ .

Рассмотрим детальнее, что означает на практике такое требование. Например, при проведении учебных занятий в аудитории площадью  $60 \text{ м}^2$  и высотой потолка  $3 \text{ м}$  имеем объем воздуха равный  $180 \text{ м}^3$ . Если в аудитории находится 18 человек, то на каждого из них на момент начала занятий приходится  $10 \text{ м}^3$  свежего воздуха.

С учетом приведенного выше норматива определим время  $t$ , через которое нужно обновить воздух в помещении  $t=10/30=1/3 \text{ часа}=20 \text{ мин}$ . То есть, обновление воздуха в таких условиях нужно проводить каждые 20 мин.

Выполняется ли это условие на практике – пусть на этот вопрос ответит любой преподаватель, который проводит учебные занятия в школе или вузе.

Следует отметить, что наличие кондиционеров в современных помещениях или открытие окон во время занятий или офисной работы приводит к появлению дополнительных шумов, которые еще больше способствуют потере концентрации людей в процессе физической или интеллектуальной деятельности.

Кроме того, нельзя забывать о том, что человек является источником появления в воздухе значительного количества водяного пара. В результате его дыхания и потовыделения влажность воздуха существенно повышается. Человек в состоянии покоя выделяет  $30\text{--}60 \text{ г/час}$  влаги, а при работе средней тяжести  $120\text{--}200 \text{ г/час}$ . Существенными источниками влагообразования являются комнатные растения ( $10 \text{ г/час}$  для цветка в горшке среднего размера) или открытые водные поверхности ( $40 \text{ г/час с } 1 \text{ м}^2$ ).

Таким образом, вентиляция необходима не только для поступления в помещение свежего воздуха, но и для отвода из него излишков влаги, образующихся в процессе жизнедеятельности. В противном случае, как уже отмечено выше, возможно выпадение конденсата на внутренней стороне окон и на откосах, а следствием систематически высокого содержания пара в воздухе является появление плесени на мебели, стенах и потолках. Для того чтобы началось образование конденсата, воздух вовсе не обязательно должен быть полностью охлажден. Достаточно того, чтобы температура поверхности, которая граничит с воздухом, опустилась ниже точки росы. Этот процесс продолжается до тех пор, пока воздух, граничащий с данной поверхностью, не освободится от определенного количества воды и его относительная влажность не уменьшится.

Конденсация воды на стеклопакете с более высоким сопротивлением теплопередаче начнется при более высокой относительной влажности. Это значит, что применение оконных конструкций с более высокими теплозащитными свойствами снижает вероятность появления конденсата.

Однако после установки герметичных современных окон конденсат может появляться не только на внутренних поверхностях стекол, но и на других участках, непосредственно прилегающих к окну.

В этом случае основная причина образования конденсата – «мостики холода». Под «тепловым мостом» понимают то место, в котором наблюдается по сравнению с соседними поверхностями, дополнительный поток тепла и низкая температура поверхности.

Это может происходить в местах присоединения рамы и внешней стены. Там, где находятся рядом различные строительные материалы с разной теплопроводностью и элементы различной формы, неизбежно возникают «мостики холода». Любое установленное в проем окно вызывает сильное искривление изотерм и потери тепла.

Избыточное давление паров воды в помещении в зимний период приводит также к увеличению потока пара через вертикальное ограждение здания, что ухудшает его теплоустойчивость.

Таким образом, перечисленные процессы тепло- и массообмена (влаги, воздуха, углекислого газа или иных вредных газовых компонент в условиях производственных помещений) требуют комплексного подхода к их решению еще на стадии проектирования здания.

Если приток воздуха недостаточен для обеспечения постоянного нормативного воздухообмена, то для отвода избыточной влаги или углекислого газа между

проветриваниями целесообразно предусматривать системы принудительной микровентиляции. К ним относятся вентиляционные планки, вентиляционные профили и т.п.

Применяемые системы кондиционирования помещений, в которых люди находятся достаточно длительное время, должны не просто обеспечивать циркуляцию воздуха (по сути, его перемешивание с целью понижения температуры), а осуществлять приточную вентиляцию свежего воздуха с возможностью регулирования его температуры в соответствии с зимним или летним периодом эксплуатации.

Например, традиционные системы микровентиляции пластиковых окон предусматривают отклонение рамы при помощи определенного положения ручки. Створка неплотно прилегает к раме, в результате чего получается зазор, обеспечивающий воздухообмен в помещении. Однако степень проникновения воздуха при этом является неконтролируемым процессом, который не может быть адаптирован к условиям внутренней и внешней среды.

Альтернативным решением микровентиляции является применение оконного ригеля, который позволяет равномерно по всему периметру оконной рамы отодвинуть створку от поверхности рамы. Окно при этом остается закрытым, оставляя лишь небольшую щель с возможностью контролирования воздушного потока. Ригельная система использует также элементы шумоподавления и позволяет уменьшить тепловые потери в процессе вентиляции.

Таким образом, комплексный подход в решении вопросов теплового, влажностного, воздушного режима помещения заключается в разработке на стадии проектирования здания современных систем вентиляции.

Продуманное решение для систем вентиляции позволяет длительное время без потерь тепловых и прочностных характеристик эксплуатацию домов, построенных по канадской технологии из СИП-панелей (утеплитель между двумя древесностружечными панелями). Многие такие дома, в том числе многоэтажные, успешно эксплуатируются в Канаде и США уже десятки лет.

Однако, в СИП-домах, как и во многих более привычных для условий России зданиях, остается актуальным решение проблемы межэтажной шумоизоляции.

Эксплуатация инженерного оборудования жилых зданий, технологического оборудования помещений общественного назначения не должна превышать предельно допустимые уровни шума и вибрации в жилых помещениях.

Для жилых зданий, выходящих окнами на магистрали, при уровне шума выше предельно допустимой нормы необходимо принимать шумозащитные меры [8, табл. 6.1.3.1].

Самой сложной проблемой, которая актуальна для большинства эксплуатируемых зданий, является звукоизоляция пола и потолка в помещениях.

Если при звукоизоляции стен, в основном, необходимо снизить уровень акустического или воздушного шума, то когда нужна звукоизоляция потолка, приходится бороться со всеми типами шума: ударным, структурным и акустическим.

Обдумывая и принимая решение, как осуществить звукоизоляцию потолка, никто не хочет опускать уровень потолка, так как типовые проекты не предусматривают его большой высоты. Эффективная борьба с шумом, проникающим сверху через потолочное перекрытие, возможна только с применением самых современных материалов и технологий.

Для промышленных предприятий проблема звукоизоляции давно не субъективный фактор – нормативы по допустимым уровням шума для производственных помещений сформулированы предельно четко [6, 8], а на проектирование и изготовление защиты от шума затрачиваются значительные ресурсы. Использование современных звукоизолирующих панелей позволит добиться требуемых показателей с минимальными трудозатратами.

На сегодняшний день одной из эффективных систем, способной противостоять шуму, проникающему через потолок, является каркасная виброразвязанная звукоизоляционная система потолка с применением звукоизоляционных материалов последнего поколения.

При проведении звукоизоляции полов практика убедительно доказывает необходимость устройства «плавающей стяжки». Без этого конструктивного элемента невозможно себе представить ни один тип современного пола европейского уровня качества и звукоизолирующей способности.

Все надежды достичь экономии в затрате средств путем замены «плавающей стяжки», например, шумопоглощающими чистыми полами, или подшивными потолками, в соотношении «цена-качество» оказались тщетными. К тому же их устройство лишь в очень малой степени снижает шум. Основное преимущество «плавающей стяжки» заключается в том, что она может быть уложена при полном устранении ее непосредственного соприкосновения с основными несущими конструкциями здания, что практически неосуществимо при устройстве гибкой потолочной конструкции. При правильном и тщательном выполнении «плавающей стяжки» можно достичь с точки зрения звукоизоляции почти идеальных результатов. После ее устройства передача шумов с этажа на этаж будет происходить практически только за счет передачи корпусных (конструкционных) шумов стенами.

Если же при устройстве полов вопросам звукоизоляции не уделить необходимого внимания, то впоследствии жизнь в квартире или работа в офисном помещении могут вызывать огромный дискомфорт. С одной стороны, будет слышно все происходящее на других этажах, а, с другой стороны, собственные шумы будут отлично доходить до живущих или работающих выше и ниже соседей.

И, наконец, нельзя забывать о требованиях [6, 8] к естественному и искусственному освещению и инсоляции помещений. Жилые помещения – аудитории, комнаты и кухни-столовые должны иметь непосредственное естественное освещение. Коэффициент естественной освещенности (КЕО) в жилых комнатах и кухнях должен быть не менее 0,5 % в середине помещения.

Жилые здания должны обеспечиваться инсоляцией согласно действующим санитарным нормам [8]. Длительность инсоляции в весенне-осенний период года в жилых помещениях должна быть не менее двух-трех часов.

При этом излишнее увлечение панорамными окнами зачастую приводит к проблемам с образованием «мостиков холода» и увеличению тепловых потерь из-за меньшего сопротивления теплопередаче оконных проемов.

В соответствии с [5, 7] уже в ближайшее время всем общественным зданиям в России должен быть присвоен один из десяти классов энергетической эффективности. Таблички с классом энергетической эффективности должны быть закреплены на фасаде дома.

Проекты с существенно низким Д и чрезмерно низким Е классом энергетической эффективности сегодня в России запрещены к строительству. Такие здания построены ранее 2000 г. и подлежат реконструкции.

Строительство и эксплуатация зданий с повышенным классом А энергетической эффективности будут экономически стимулироваться на государственном уровне.

### **Литература**

1. Данилов И.Л., Савин С.Н. Сервис безопасности зданий и сооружений при повышенных механических нагрузках // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2015. № 3 (15). С. 24–29.

2. Савин С.Н., Ситников И.В., Данилов И.Л. Оценка качества монолитных железобетонных конструкций // Жилищное строительство. 2009. № 9. С. 20–21.

3. Савин С.Н., Ситников И.В., Данилов И.Л. Современные методы технической диагностики и мониторинга как средство безопасной эксплуатации строительных конструкций // Ежеквартальное журнальное обозрение «В мире неразрушающего контроля». 2008. № 4 (42). Дек. С. 14–18.

4. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики: Указ Президента Рос. Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 // Рос. газ. 2008. 7 июня.

5. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 23 нояб. 2009 г. № 261-ФЗ // Рос. газ. 2009. 27 нояб.

6. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федер. закон от 30 дек. 2009 г. № 384-ФЗ (в ред. от 2 июля 2013 г.). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

7. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М., 2012.

8. СанПиН 2.1.2.2645-10 (с изм. от 27 дек. 2010 г.). Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. (зарег. в Министерстве юстиции Рос. Федерации 15 июля 2010 г., рег. № 17833). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».