



Сантехника Отопление Кондиционирование



Выберите регион |

EN |

Справка

Авторизация

ГЛАВНОЕ

ЖУРНАЛ СОК

КОМПАНИИ

БИБЛИОТЕКА

Сервисные центры

АРХИВ ЖУРНАЛА СОК

СТАТЬИ ПО РУБРИКАМ

СТАТЬИ ПО БРЕНДАМ

ОБ ИЗДАНИИ

АВТО

Расчётное обоснование границ режимов работы систем естественной и гибридной вентиляции

Опубликовано в журнале СОК №1 | 2023 (0) (945) (0)

Рубрика: [Кондиционирование, вентиляция](#)

Автор: М.В. БОДРОВ, д.т.н., доцент кафедры отопления и вентиляции; В.Ю. КУЗИН, инженер, ассистент кафедры отопления и вентиляции; М.С. МОРОЗОВ, инженер, аспирант кафедры отопления и вентиляции, ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ)

В статье представлены результаты расчёта коэффициента обеспеченности воздухообмена фасада осреднённого многоквартирного жилого дома с индивидуальными вытяжными каналами. Получены объективные данные о границах применения систем естественной вентиляции и границах режимов работы гибридной вентиляции в жилых помещениях зданий на основе метеорологических данных для следующих городов: Нижнего Новгорода, Владивостока, Петропавловска-

Камчатского, Новосибирска и Якутска.

Статья подготовлена на основе материалов сборника докладов VI Международной научно-технической конференции «Теоретические основы теплогасоснабжения и вентиляции» НИУ МГСУ.

Согласно СП [1] в многоквартирных жилых домах (МЖД) может быть организована естественная приточно-вытяжная вентиляция гравитационного принципа действия с забором воздуха через различные приточные отверстия (приточные и стеновые клапаны, форточки) и удалением через вытяжные вентиляционные индивидуальные каналы. В подавляющем числе вновь строящихся МЖД придерживаются именно этой традиционной схемы вентиляции, имеющей наименьшие капитальные и эксплуатационные затраты. В то же время, современная нормативная база в области расчётных параметров микроклимата помещений МЖД регламентирует поддержание невариативных (постоянных в течение всего периода эксплуатации) воздухообменов в жилых помещениях МЖД со средней необеспеченностью 400 часов в год (16,7 сут/год) [2]. Таким образом, в круглогодичном цикле эксплуатации должно соблюдаться условие:

$$n_L \geq 95\%, \quad (1)$$

где n_L — коэффициент обеспеченности воздухообмена, определяемый по следующей формуле:

$$n_L = \frac{n^+}{n^+ + n^-} 100\%, \quad (2)$$

n^+ — число результатов расчёта, когда фактический воздухообмен $L_{\text{ф}}$ [$\text{м}^3/\text{ч}$] был больше или равен нормативному (расчётному) воздухообмену $L_{\text{н}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$; n^- — то же, когда $L_{\text{ф}} < L_{\text{н}}$.

Существующие системы естественной вентиляции проектируются на соблюдение следующего условия:

$$\Delta p_{\text{сист}} = p_{\text{р}} = p_{\text{г}} + p_{\text{в}} \text{ [Па]}, \quad (3)$$

где $\Delta p_{\text{сист}}$ — потери давления в системе вентиляции, Па; $p_{\text{р}}$ — располагаемое давление, Па; $p_{\text{г}}$ — гравитационное давление при температуре наружного воздуха $t_{\text{н}} = +5 \text{ }^\circ\text{C}$; $p_{\text{в}}$ — ветровое давление, Па.

В многоквартирных жилых домах может быть организована естественная приточно-вытяжная вентиляция гравитационного принципа действия с забором воздуха через различные приточные отверстия и удалением через вытяжные вентиляционные индивидуальные

каналы

Значение гравитационного давления определяется по общепринятой методике таким образом:

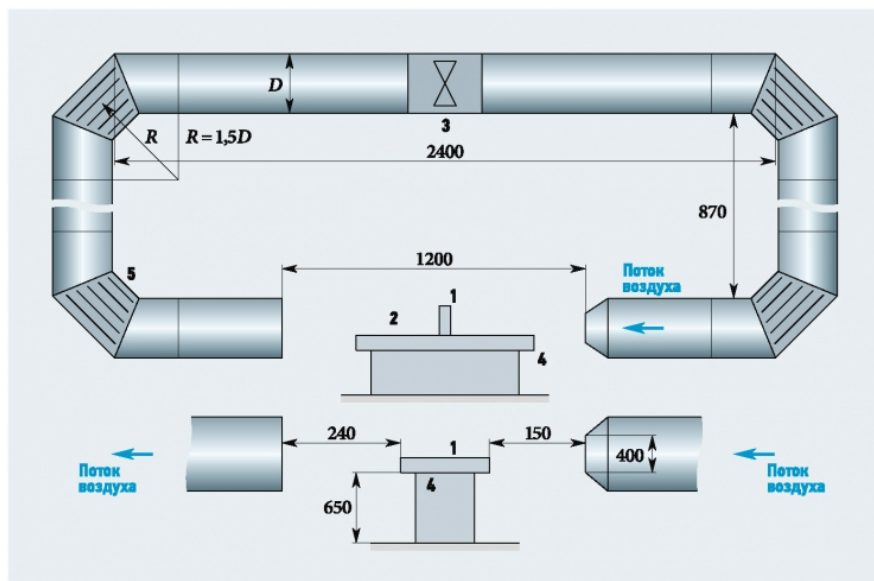
$$p_{\Gamma} = (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}})gh_1 \text{ [Па]}, \quad (4)$$

где $\rho_{\text{н}}$ и $\rho_{\text{в}}$ — плотности наружного и внутреннего воздуха, соответственно, кг/м^3 ; h_1 — разница между отметками оголовка шахты и приточного клапана окна обслуживаемого помещения, м; g — ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Влияние фактора ветрового давления учитывается по формуле:

$$p_{\text{в}} = 0,5k\rho_{\text{н}}v_{\text{н}}^2(c_{\text{ф}} - c_{\text{кр}}) \text{ [Па]}, \quad (5)$$

где $v_{\text{н}}$ — скорость наружного воздуха, принимаемая по данным СП [3], м/с ; k — безразмерный коэффициент, учитывающий плотность городской застройки [4]; $c_{\text{ф}}$ и $c_{\text{кр}}$ — аэродинамические коэффициенты на фасаде здания в точках расположения приточного отверстия и выброса вытяжного воздуха (оголовка выбросного вентиляционного канала).



❖ **Рис. 1.** Лабораторный стенд «аэродинамическая труба» ФГБОУ ВПО «ННГАСУ» (1 — исследуемая модель объекта; 2 — рабочая область аэродинамической трубы; 3 — осевой высоконапорный вентилятор; 4 — подставка под модель; 5 — направляющие ребра)

Зависимость потерь давления в системах вентиляции от производительности описывается уравнением:

$$\Delta p_{\text{сист}} = A_{\text{сист}}L_{\text{ф}}^2 \text{ [Па]}, \quad (6)$$

где A — характеристика сопротивления системы вентиляции, $\text{Па}/(\text{м}^3/\text{ч})^2$.

Анализ уравнений (3)-(6) показывает, что для естественных систем вентиляции с индивидуальными вытяжными каналами справедлива

зависимость:

$$L_{\Phi} = L_{\text{н}} \sqrt{\frac{p_{\text{р}(\Phi)}}{p_{\text{р}(\text{р})}}} \text{ [м}^3\text{/ч]}, \quad (7)$$



Рис. 2. Коэффициент обеспеченности воздухообмена n_L [%] для помещений южного фасада пятиэтажного МЖД в городе Нижнем Новгороде за период с 1999 по 2014 годы (при наличии индивидуальных вентканалов, рассчитанных на действие только гравитационного давления)

где $p_{\text{р}(\Phi)}$ — фактическое располагаемое давление, Па; $p_{\text{р}(\text{р})}$ — расчётное располагаемое давление, Па.

Полученная зависимость (7) позволяет определить фактические воздухообмены индивидуальных вытяжных каналов МЖД при различных сочетаниях $p_{\text{г}}$ и $p_{\text{в}}$. По формулам (1) и (2) авторами был произведён расчёт и проанализированы значения показателя n_L для жилых помещений и помещений кухни, расположенных на южном фасаде осреднённого пятиэтажного одно секционного МЖД с индивидуальными вытяжными каналами для климатических условий города Нижнего Новгорода с учётом следующих факторов: фактических значений аэродинамических коэффициентов $c_{\text{ф}}$ и $c_{\text{кр}}$, полученных по результатам испытаний реальных моделей МЖД в аэродинамической трубе (рис. 1) в лаборатории кафедры отопления и вентиляции ФГБОУ ВПО «ННГАСУ»; фактических параметров наружного воздуха $\rho_{\text{н}}$ и $v_{\text{н}}$ по данным метеорологических наблюдений за последние 15 лет (с 1999 по 2014 годы). Результаты расчёта коэффициента n_L приведены на рис. 2-3.

Как следует из рис. 3, учёт ветрового давления в работе системы естественной вентиляции крайне негативно сказывается на коэффициенте обеспеченности воздухообмена n_L , значения которого не превышают 20 % в данном случае.

В тоже время, если конструирование системы естественной вентиляции с индивидуальными вытяжными каналами происходит без учёта ветрового давления, n_L таких систем колеблется в районе 49,9-54,5 % (рис. 2).

Анализ результатов расчётов позволяет сделать вывод, что при проектировании систем вентиляции учёт ветрового давления по существующим традиционным методикам снижает величину коэффициента обеспеченности воздухообмена, однако даже отказ от учёта ветрового давления даёт значения n_L ниже, чем требует действующая нормативная документация в области обеспечения параметров микроклимата помещений МЖД. Таким образом, системы естественной вентиляции не позволяют добиться требуемой обеспеченности воздухообмена для рассматриваемого пятиэтажного МЖД. Данное заключение справедливо для всех МЖД различной этажности, так как параметром, определяющим воздухообмен, является гравитационное давление p_g , расчётные значения которого в летний период пренебрежимо малы. Использование данных систем может быть оправдано в отдельные периоды (месяцы) года. Для этого рассмотрим средний за период с 1999 по 2014 годы коэффициент n_L каждого месяца помещения первого этажа МЖД для варианта без учёта ветрового давления p_v (рис. 2). Результаты расчёта приведены на рис. 4.



❖❖ Рис. 3. Коэффициент обеспеченности воздухообмена n_L [%] для помещений южного фасада пятиэтажного МЖД в городе Нижнем Новгороде за период с 1999 по 2014 годы (при наличии индивидуальных вентканалов, рассчитанных на действие гравитационного и ветрового давлений)

Приведённые на рис. 4 данные показывают, что для рассматриваемого фасада здания система естественной вентиляции работоспособна с заданным коэффициентом обеспеченности в январе, феврале, марте, ноябре и декабре месяцах. В то же время, в апреле и октябре обеспеченность нормативного воздухообмена не превышает 50-55 %, а в более тёплые месяцы колеблется в интервале $n_L = 0-10$ %.

С учётом того, что отопительный период в городе Нижнем Новгороде проходил с 26.10.2013 по 28.04.2014 [6, 7], можно сделать вывод, что системы естественной вентиляции не способны поддерживать нормативный воздухообмен не только в тёплый, но и в холодный и отопительный периоды в условиях климата Нижегородского региона.

Полученные данные позволяют установить границы эксплуатации систем естественной вентиляции с точностью до месяца и обосновать периоды работы естественного и механического режимов работы

гибридных систем вентиляции — на основе полученных месячных коэффициентов обеспеченности. На рис. 5-8 представлены данные о коэффициентах обеспеченности воздухообмена n_L при использовании систем естественной вентиляции, полученные с учётом фактических метеорологических данных для условий городов Владивостока, Новосибирска, Петропавловска-Камчатского и Якутска для вентканалов, рассчитанных только на гравитационное давление на температуру $t_n = +5, +10$ и $+15$ °С.

Анализ полученных результатов исследований позволяет сделать вывод, что для зданий, расположенных в различных климатических условиях, границы возможности применения систем естественной вентиляции будут значительно отличаться. Так, для города Якутска при различных расчётных температурах наружного воздуха число месяцев работы естественной вентиляции составляет шесть-восемь месяцев, для города Владивостока — пять-восемь, для города Новосибирска — пять-семь, для города Петропавловска-Камчатского — шесть-десять (фактически 12 месяцев, так как годовое значение $n_L = 96,1$ %). Действующая в РФ нормативная документация регламентирует как требуемую величину обеспеченности воздухообмена системами вентиляции $n_L = 95$ %, так и возможность их замены на механические системы при невозможности обеспечения «естественными» вентсистемами проектных расходов (пункт 7.1.10 СП [2]). Однако отсутствие какой-либо нормативной методики применительно для инженерных расчётов в области определения коэффициента обеспеченности n_L создаёт условия для применения наиболее дешёвых и неэффективных (с точки зрения обеспечения нормативного воздухообмена) естественных гравитационных систем.

Применение систем естественной вентиляции, а также установление границ режимов работы гибридных систем должно быть обосновано расчётом с учётом не граничных условий эксплуатации по периодам, а действительных (фактических) условий эксплуатации, путём обработки статистических метеорологических данных

Предлагаемая авторами методика расчёта позволяет определить научно-обоснованные границы применения систем естественной вентиляции и границы естественного и механического режимов работы гибридных (естественно-механических) систем вентиляции в круглогодичном цикле эксплуатации.

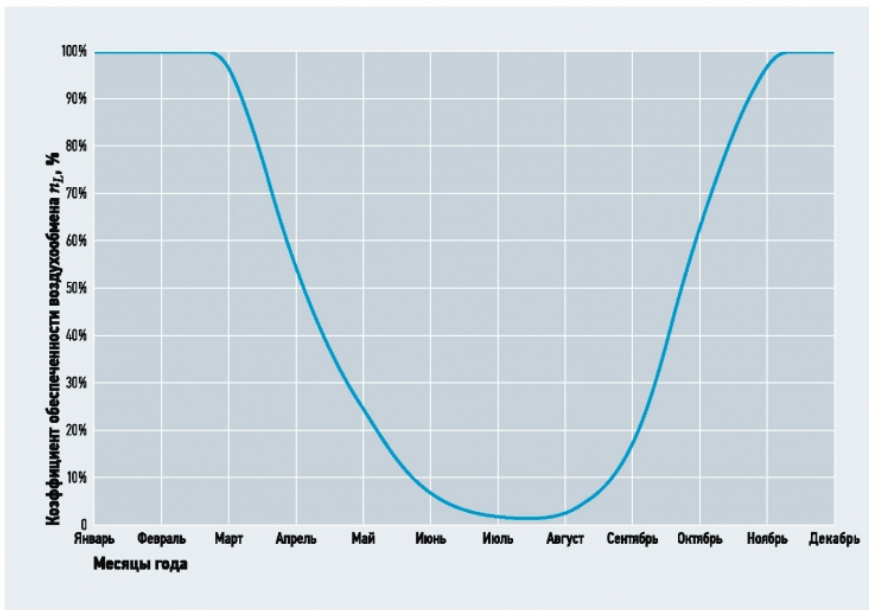


Рис. 4. Коэффициент обеспеченности воздухообмена n_L [%] помещения первого этажа южного фасада пятиэтажного МЖД в городе Нижнем Новгороде по месяцам за период с 1999 по 2014 годы (при наличии индивидуальных вентиляционных каналов, рассчитанных на действие только гравитационного давления)

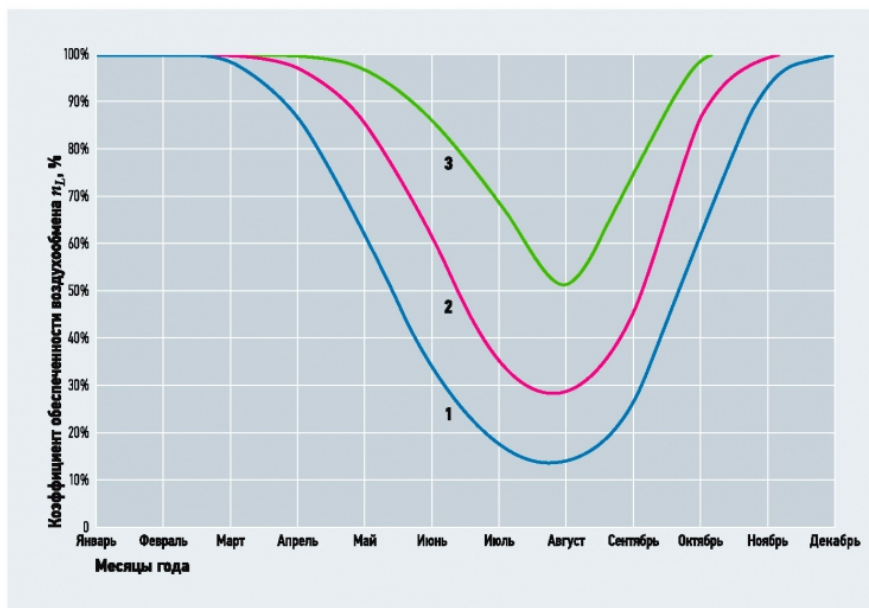


Рис. 5. Коэффициент обеспеченности воздухообмена n_L [%] помещения первого этажа девятиэтажного МЖД в городе Владивостоке по месяцам за период с 2005 по 2015 годы (при наличии вентиляционных каналов, рассчитанных на действие только гравитационного давления на температуры $t_{н}$: 1 — $+5^\circ\text{C}$, 2 — $+10^\circ\text{C}$, 3 — $+15^\circ\text{C}$)

Заключение

Применение систем естественной вентиляции, а также установление границ режимов работы гибридных систем должно быть обосновано расчётом с учётом не граничных условий эксплуатации по периодам, а действительных (фактических) условий эксплуатации путём обработки статистических метеорологических данных. Системы естественной вентиляции наименее энергоэффективны и являются наихудшими с точки зрения обеспечения требуемого (расчётного) воздухообмена и их применение рекомендуется авторами только совместно с механическими системами (гибридная вентиляция) по результатам экономического обоснования и с обязательным установлением границ естественного и механического режимов их работы в круглогодичном цикле эксплуатации по фактическим метеорологическим данным.

Системы естественной вентиляции являются наименее энергоэффективными и наихудшими с точки зрения обеспечения требуемого (расчётного) воздухообмена и их применение рекомендуется авторами только совместно с механическими системами (гибридная вентиляция) по результатам экономического обоснования и с обязательным установлением границ естественного и механического режимов их работы в круглогодичном цикле эксплуатации по фактическим метеорологическим данным

Статья подготовлена в рамках выполнения НИР «Разработка и научное обоснование теплофизических закономерностей переноса теплоты и влаги в неотапливаемых производственных сельскохозяйственных зданиях» (код проекта 3008) с финансированием из средств Минобрнауки Российской Федерации в рамках базовой части государственного задания на научные исследования.

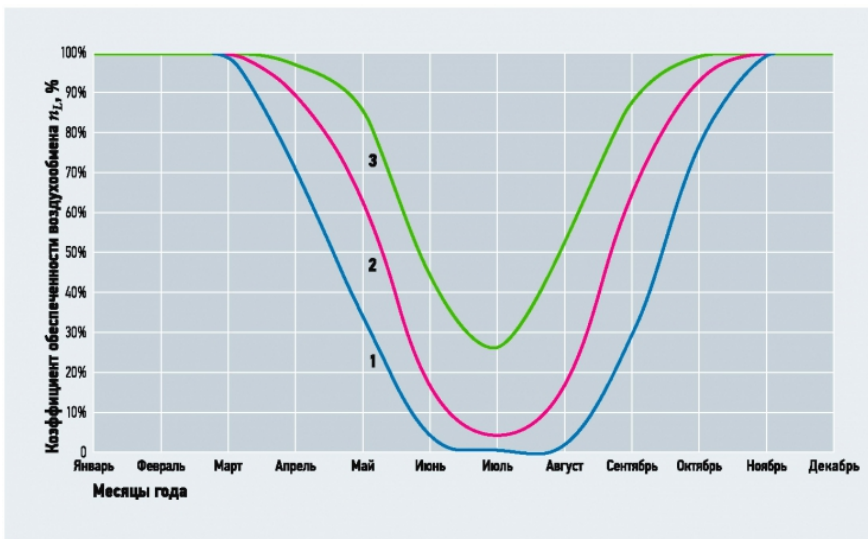


Рис. 6. Коэффициент обеспеченности воздухообмена n_L [%] помещения первого этажа девятиэтажного МЖД в городе Новосибирске по месяцам за период с 2005 по 2015 годы (при наличии вентиляционных каналов, рассчитанных на действие только гравитационного давления на температуры $t_{н}$: 1 — +5 °C, 2 — +10 °C, 3 — +15 °C)

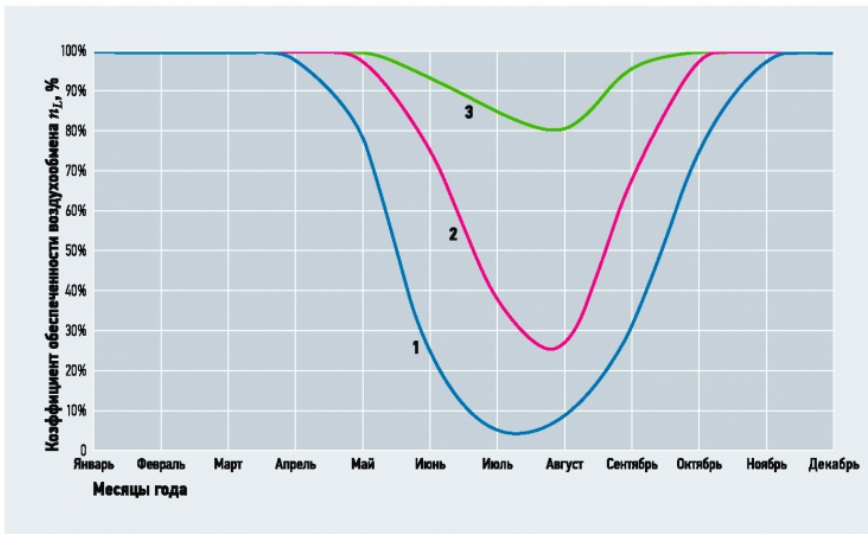


Рис. 7. Коэффициент обеспеченности воздухообмена n_L [%] помещения первого этажа девятиэтажного МЖД в городе Петропавловске-Камчатском по месяцам, за период с 2005 по 2015 годы (при наличии вентиляционных каналов, рассчитанных на действие только гравитационного давления на температуры $t_{н}$: 1 — +5 °C, 2 — +10 °C, 3 — +15 °C)

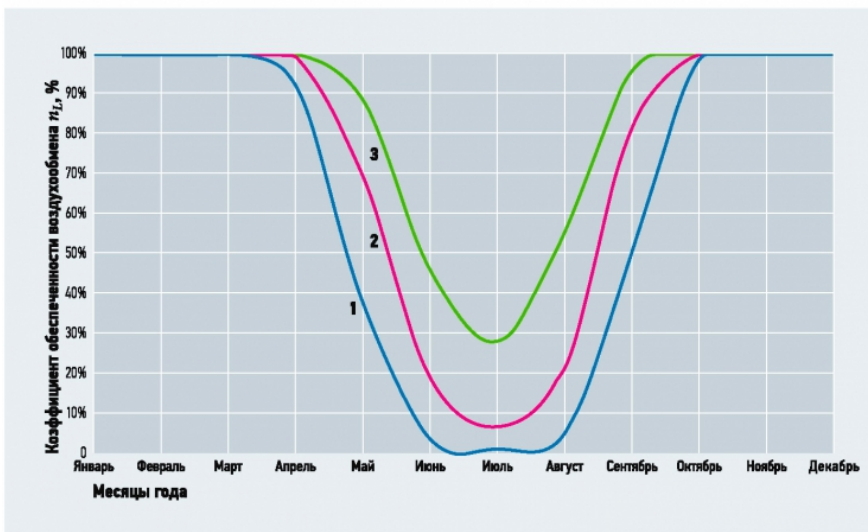


Рис. 8. Коэффициент обеспеченности воздухообмена n_L [%] помещения первого этажа девятиэтажного МЖД в Якутске по месяцам, за период с 2005 по 2015 годы (при наличии вентиляционных каналов, рассчитанных на действие только гравитационного давления на температуры $t_{н}$: 1 — +5 °C, 2 — +10 °C, 3 — +15 °C)

1. СП 54.13330.2011 Здания жилые многоквартирные. Актуал. ред. СНиП 31-01-2003. — М.: Минрегион России, 2011.
2. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуал. ред. СНиП 41-012003. — М.: Минрегион России, 2012.
3. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуал. ред. СНиП 23-01-99*. — М.: Минрегион России, 2012.
4. Краснов Ю.С. Системы вентиляции и кондиционирования: Рекомендации по проектированию для производственных и общественных зданий. — М.: Термокул, 2006.
5. Погода в 243 странах мира. Интернет-ресурс: gr5.ru. Дата обращения: 30.11.2015
6. Постан. адм-ции города Нижнего Новгорода от 19.09.2013 №3621 «О начале отопительного периода 2013-2014 годов». Интернет-ресурс: rg.ru. Дата обращения: 01.05.2015.
7. Постан. адм-ции города Нижнего Новгорода от 28.04.2014 №1490 «О завершении отопительного периода 2013-2014 годов». Интернет-ресурс: rg.ru. Дата обращения: 01.05.2015.

[Отправить ссылку другу](#)

Читайте по теме:

- Качество воздуха в зданиях с естественной вентиляцией
ЖУРНАЛ СОК ЯНВАРЬ 2016
- Свойства и нюансы использования хладагентов. Часть 2
ЖУРНАЛ СОК ДЕКАБРЬ 2015
- Зависимость нагрузки на воздушную систему охлаждения помещения от его внутренней теплоустойчивости
ЖУРНАЛ СОК ДЕКАБРЬ 2015
- Системный подход в решении задач технологического процесса, обеспечивающего качество продукции
ЖУРНАЛ СОК ДЕКАБРЬ 2015
- Взрывобезопасные вентиляционные системы. Стандартизация в области услуг взрывобезопасности
ЖУРНАЛ СОК ДЕКАБРЬ 2015
- Качество воздуха в зданиях с естественной вентиляцией
ЖУРНАЛ СОК ЯНВАРЬ 2016
- Свойства и нюансы