

# Обеспечение качества микроклимата в учебных помещениях школ

Ю.Л. САВЕЛЬЕВ, к.т.н., профессор

Опубликовано в журнале СОК №4 | 2018

Рубрика:

- [Кондиционирование, вентиляция](#)

Тэги:

- [Увлажнители, осушители, очистители воздуха](#)
- [Вентиляционное оборудование и комплектующие](#)

В статье [1] автором ранее рассматривались вопросы обеспечения качества микроклимата в учебных помещениях школ. После того, как вступил в силу Свод Правил (СП) 251.1325800.2016 «Здания общеобразовательных организаций. Правила проектирования» [2], возникла необходимость ещё раз вернуться к этому вопросу.

*Комментарии к СП 251.1325800.2016 «Здания общеобразовательных организаций. Правила проектирования».*

Прежде всего отметим, что Свод Правил [2] устраняет неопределённость в требованиях к микроклимату, предписывая производить оценку его качества в соответствии с СанПиН 2.4.2.2821–10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных организациях».

Из указанного документа следует: «Здания общеобразовательных организаций оборудуют системами централизованного отопления и вентиляции, которые должны... обеспечивать оптимальные параметры микроклимата и воздушной среды». Здесь же дополнительно конкретизируются требования к относительной влажности воздуха, которую следует поддерживать на уровне 40–60 %.

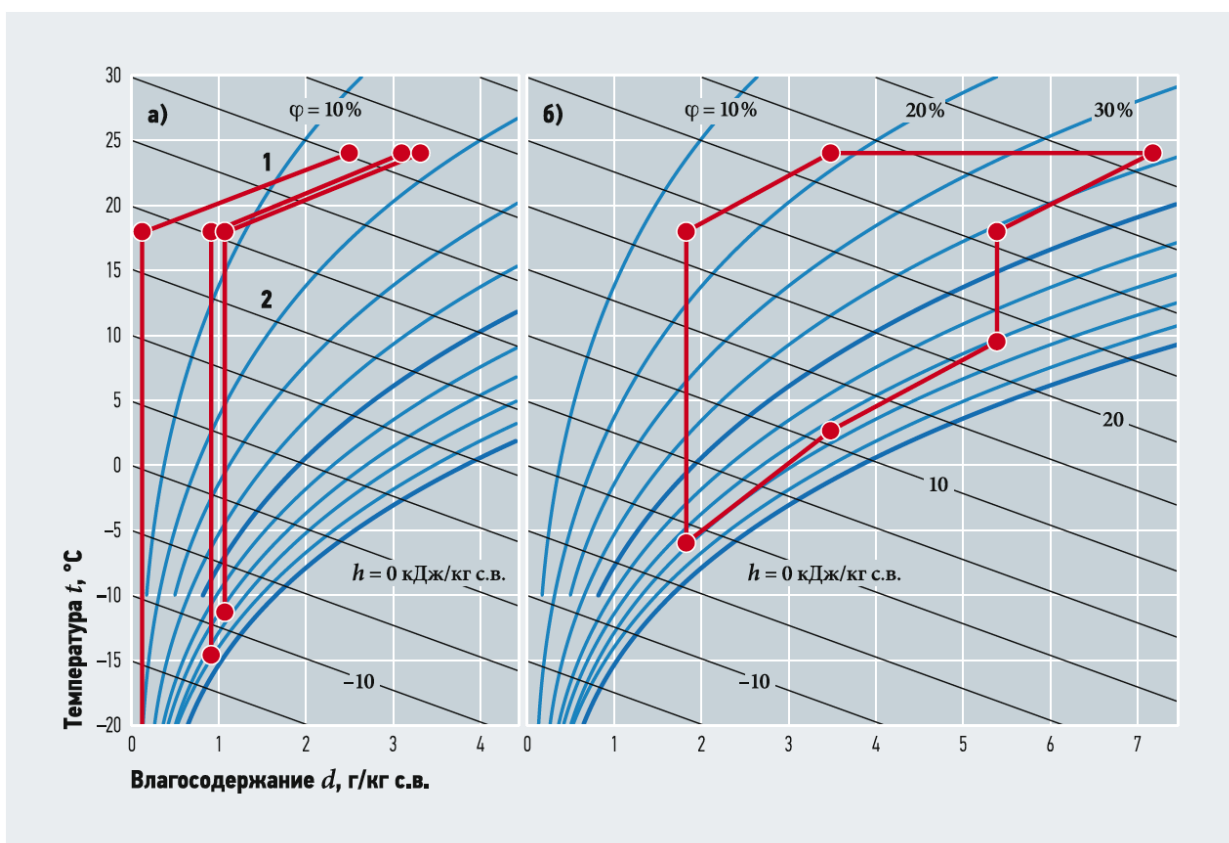
В предыдущем [анализе](#) [1] практики проектирования вентиляции школ уже была обоснована необходимость учёта качества атмосферного воздуха в районе строительства. Сделанный в [1] вывод вполне очевиден, так как расчёт воздухообмена в классах на основе минимальных допустимых значений кратности или удельного расхода приточного воздуха никак не учитывает реальную ситуацию. Школа может находиться в центре мегаполиса, в спальном районе, в сельской местности, в зоне следа выбросов промышленных предприятий. Кроме внешних показателей качества приточного воздуха, на обстановку в классах влияют поступления паров и газов, связанные со строительными материалами, мебелью и оборудованием. Важность учёта этих составляющих в расчёте величины воздухообмена подчёркивается, например, в статье Оле П. Фангера [3].

К сожалению, основная часть ранних и современных исследований и рекомендаций (например, [4–7]), посвящённых качеству микроклимата, ориентирована на обеспечение теплового комфорта при оптимальных затратах энергии. Поэтому в статье Ю. А. Табунщикова [8] справедливо поднята тема расстановки приоритетов в постановке и решении задач энергетической эффективности зданий.

В развитие анализа, сделанного в статье [1], остановимся на задаче обеспечения нормируемого уровня относительной влажности. Для этого рассмотрим термодинамические процессы, происходящие в воздухе учебного помещения в течение учебного года. В качестве базового объекта возьмём класс школы, строящейся в городе Екатеринбурге. Объёмно-планировочные, технологические характеристики помещения и соответствующую им величину воздухообмена  $L$  заимствуем из примера в [1]. Следовательно,  $L = 860 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Поскольку влагосодержание наружного воздуха в течение учебного года меняется существенно, рассмотрим проблему подробнее. Для этого, не учитывая возможность искусственного увлажнения приточного воздуха, оценим ситуацию, характерную для каждого месяца.

Первоначально выполним построение  $i-d$ -диаграмм изменения термодинамических параметров приточного воздуха для каждого месяца учебного года. Начальные значения температуры  $t_n$  и влажности  $\alpha_n$  атмосферного воздуха примем средними за месяц в период 2014–2017 годов. Результаты построений представлены на рис. 1.



❖ **Рис. 1.** Процессы изменения параметров приточного воздуха без искусственного увлажнения

Диаграммы на рис. 1а отображают ход процессов, характерных для периода с января по февраль.

Лучи процессов 1 соответствуют расчётным значениям температуры и влажности наружного воздуха по расчётным параметрам «Б». Лучи, составляющие группу 2 и на рисунке практически совпадающие, построены исходя из средних значений параметров наружного воздуха для указанных месяцев. Следовательно, период с января по февраль можно считать стабильно неудовлетворительным по показателям влажности.

Лучи процессов на рис. 1б ограничивают область изменения параметров приточного воздуха и воздуха в классе в периоды с сентября по ноябрь и с марта по май. Данные рис. 1б показывают, что в сентябре и мае средний уровень относительной влажности в классах может находиться очень близко к нормируемому значению, что позволит обходиться без искусственного увлажнения.

Поскольку  $i-d$ -диаграмма представляет процессы стационарными, дополнительно был рассмотрен ход изменения термодинамического состояния воздуха в классе в течение одного дня занятий. В такой постановке процесс является нестационарным, как это и следует из табл. 1.

❖ **Характеристики нестационарного процесса изменения параметров воздуха в классе табл. 1**

Период / продолжительность	15 минут			30 минут			45 минут		
	$d$ , г/кг	$\varphi$ , %	$i$ , кДж/кг	$d$ , г/кг	$\varphi$ , %	$i$ , кДж/кг	$d$ , г/кг	$\varphi$ , %	$i$ , кДж/кг
<b>Первый урок</b>	2,19	13	27,34	2,48	14	29,54	2,57	14,1	30,42
<b>Перемена</b>	1,64	11	24,47	–	–	–	–	–	–
<b>Второй урок</b>	2,25	13	28,35	2,51	14	29,94	2,616	14,1	30,58
<b>Перемена</b>	1,66	13	24,54	–	–	–	–	–	–
<b>Третий урок</b>	2,26	13	28,39	2,51	14	29,95	2,617	14,1	30,59

Представленные на рис. 1 диаграммы и данные табл. 1 показывают, что в течение учебного года количество влаги, поступающей от людей, не позволит обеспечить соблюдение требований нормативных документов. Основная часть учебного года проходит в условиях дискомфорта по влажности. Отметим, что результаты расчётов по двум методикам отличаются очень незначительно. Но данные табл. 1 подчёркивают необходимость проветривания класса во время перемены в объёме не менее расчётного.

Выполненные действия обосновывают необходимость использования искусственного увлажнения приточного воздуха с целью достижения нормативного уровня относительной влажности. Важно учесть, что на территории России представлено несколько климатических зон, существенно отличающихся по параметрам. Где-то можно будет обойтись без искусственного увлажнения, а в другом месте оно будет актуальным.

Следовательно, для метеорологических условий конкретного района строительства необходимость увлажнения следует проверять расчётом. Дополнительно отметим, что немаловажным может оказаться учёт целого ряда факторов. К ним можно отнести индивидуальную реакцию человека и адаптацию коренного или мигрировавшего населения к метеорологической ситуации конкретной местности. К сожалению, ни в СССР, ни в Российской Федерации должных серьёзных системных исследований этого вопроса не проводилось.

Не останавливаясь подробно на особенностях способов увлажнения, отдадим предпочтение процессу увлажнения паром. Выполним расчёт при начальных условиях примера для наиболее климатически неблагоприятного периода с декабря по март. В результате получим максимальную удельную величину потока пара  $W_n$ , необходимого для поддержания оптимального уровня относительной влажности в классе во время занятий. В среднем за рассматриваемый период эта величина составит  $W_n \approx 5,0$  г/кг.

Практика проектирования показывает, что в подавляющем большинстве случаев необходимость увлажнения не рассматривается ни на одной из стадий проекта. Причина здесь прежде всего заключается в стремлении снизить затраты на строительство школ. В этом плане сдерживающими факторами являются и размеры муниципальных бюджетов, и удельные показатели, установленные Правительством РФ. Вторым фактором, который можно признать доминирующим, выступают увеличенные энергетические нагрузки и возрастающие расходы на эксплуатацию систем вентиляции при реализации увлажнения.

Подтверждением сказанному могут служить приведённые в табл. 2 данные, полученные на основе проекта одной из вновь проектируемых школ на 550 учащихся в городе Екатеринбурге. Рассматривались приточные агрегаты, обслуживающие классы и учебные кабинеты. Общая производительность — 21 090 м<sup>3</sup>/ч. При этом требуемое максимальное количество пара достигает 126,54 кг/ч.

### ❖ Сравнительные показатели приточных систем

табл. 2

Тип системы / показатель	Установленная мощность потребителей электроэнергии, кВт	Стоимость оборудования, тыс. руб.
Без увлажнения	64,87	6,675
С парогенераторами	177,87	6,954

На основании данных табл. 2 можно сделать вывод: использование паровых увлажнителей не вызывает сколь-нибудь существенного удорожания систем, но влечёт за собой увеличение расчётной потребности в электрической энергии почти в три раза.

Обеспечение нормативного уровня влажности неизбежно будет вызывать необходимость оценки риска обмерзания утилизаторов теплоты вытяжного воздуха, если они применяются. В настоящей статье этот вопрос не рассматривается, так как методика оценки риска или устранения угрозы обмерзания подробно рассмотрена в [1] применительно к роторным регенераторам.

К отмеченным выше факторам следует добавить и проблему обеспечения качественного обслуживания вентиляционных систем. Эксплуатационные задачи с трудом решаются даже в крупных городах и мегаполисах. В малых городах и сельских населённых пунктах решить их практически невозможно.

В итоге оправданные стремления разработчиков СП 251.1325800.2016, а также СанПиН 2.4.2.2821–10 и проектировщиков (обеспечить оптимальные показатели микроклимата в учебных помещениях школ) останутся лишь благими намерениями в целом ряде конкретных случаев. Дополнительно к вышесказанному следует особо отметить пункт 9.2.7 Свода Правил 251.1325800.2016, который гласит: *«При приточной вентиляции с механическим побуждением в учебных помещениях предусматривают естественную вытяжную вентиляцию из расчёта однократного и более обмена воздуха за один час».*

Смысл этого нововведения можно понимать двояко. Можно рассматривать это требование как способ организации воздухообмена, когда часть отработанного воздуха удаляется из помещения путём вытеснения его потоком чистого приточного. Но в этом случае исключается возможность эффективной утилизации теплоты удаляемого воздуха. Это при том, что утилизация рекомендована приложением «Д» указанного СП. В то же время можно допустить следующее понимание. В зданиях школ имеются

системы приточной и вытяжной вентиляции с механическим побуждением. Чаще всего они оснащены агрегатами приточно-вытяжного типа с утилизаторами теплоты вытяжного воздуха. В холодный период года приточные и вытяжные вентиляторы работают, обеспечивая движение воздуха через утилизатор. В весенний и осенний периоды, когда утилизация может быть неактуальной, вытяжные вентиляторы отключаются. Таким образом снижаются затраты электроэнергии. Удаление отработанного воздуха происходит путём вытеснения его потоком приточного воздуха. В таком режиме вентиляция может функционировать и при аварийной остановке вытяжного вентилятора. Конструктивно эта задача вполне решаема. Однако отсутствие конкретизации назначения естественной вытяжной вентиляции в СП 251.1325800.2016 приводит к разногласиям и создаёт проблемы при прохождении экспертизы.

В дополнение к вышесказанному приходится констатировать стремление ряда разработчиков проектов идти упрощённым путём, не обращая внимания на существование нормативных рекомендаций и требований по проектированию вентиляции. Особенно часто искажаются подходы к расчёту величины воздухообмена, обоснованию схемы организации воздухообмена и конструктивного решения распределения приточного воздуха. Вывод Нормативная база для проектирования школ нуждается в корректировке и во введении дифференцированного подхода к их проектированию в различных регионах, климатических зонах, субъектах РФ и муниципалитетах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев Ю.Л. Основы проектирования систем общеобменной вентиляции учебных кабинетов и классов общеобразовательных организаций // Журнал С.О.К., 2016. №9. С. 56–65.
2. СП 251.1325800.2016. Здания общеобразовательных организаций.
3. Фангер Оле П. Качество внутреннего воздуха в зданиях, построенных в холодном климате и его влияние на здоровье, обучение и производительность труда людей // АВОК, 2006. №2.
4. Человек. Медико-биологические данные. Доклад рабочей группы комитета II МКРЗ по условному человеку. Пер. с англ. — М.: Медицина, 1977. 512 с.
5. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещений. Пер. с венг. — М.: Стройиздат, 1981. 248 с.
6. Бурцев С.И., Цветков Ю.Н. Тепловой и газовый комфорт с учётом индивидуальных особенностей человека // Теплоэнергоэффективные технологии, 2002. №1.
7. Денисихина Д.М. Конвективно-радиационный теплообмен человека в задачах матмоделирования распределённых параметров микроклимата в помещениях // Вестник гражданских инженеров, 2014. №38(57). С. 143–150.
8. Табунщиков Ю.А. Микроклимат и энергосбережение: пора понять приоритеты // АВОК, 2008. №5.