

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВИЛЬНЮССКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА им. ГЕДЕМИНАСА  
БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (УКРАИНА)  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ г. ЛЕЙРИИ (ПОРТУГАЛИЯ)  
АРИЭЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ИЗРАИЛЬ)  
ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)  
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

Электронный сборник статей  
международной научной конференции,  
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 5-6 апреля 2018 г.)

Под редакцией  
канд. техн. наук, доцента А. А. Бакатовича;  
канд. техн. наук, доцента Л. М. Парфеновой

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2018

*Редакционная коллегия:*

А. А. Бакатович (председатель), Л. М. Парфенова (зам. председателя),  
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,  
Т. И. Королева, В. Е. Овсейчик

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ** [Электронный ресурс] : электронный сборник статей международной научной конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 5–6 апр. 2018 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. А. А. Бакатовича, Л. М. Парфеновой. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Рассмотрены организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

Компьютерный дизайн К. В. Чулковой, В. А. Крупенина.

Технический редактор О. П. Михайлова.

Компьютерная верстка Т. А. Дарьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь  
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

УДК 697.9:613.15:620.9

## К ВОПРОСУ МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛ

*А.М. Нияковский*

Полоцкий государственный университет, Беларусь

email: a.m.niyakovski@psu.by

*На основании результатов проведённого энергетического обследования здания общеобразовательной средней школы в г.Новополоцке выполнен анализ работы существующих в соответствии с первоначальным проектом систем вентиляции, выявленных недостатки и обоснованы направления модернизации в целях улучшения санитарно-гигиенических качеств и повышения энергетической эффективности здания.*

*Ключевые слова: здания школ, системы вентиляции, качество воздушной среды, энергетическое обследование, энергетическая эффективность, модернизация.*

## ON THE QUESTION OF MODERNIZATION OF SECONDARY SCHOOLS VENTILATION SYSTEMS

*A. Niyakovski*

Polotsk state University, Belarus

email: a.m.niyakovski@pdy.by

*Based on the results of the energy survey of the secondary school building in Novopolotsk, the analysis of the existing ventilation systems was carried out, its shortcomings were identified and the directions of its modernization were substantiated in order to improve the hygienic qualities and the energy efficiency of the building.*

*Keywords: school buildings, ventilation systems, air quality, Energy Efficiency, Energy Analysis, modernization.*

В 2016–2017 годах специалистами Учреждения образования «Полоцкий государственный университет» по инициативе Новополоцкого городского исполнительного комитета было проведено энергетическое обследование Государственное учреждение образования «Базовая школа №10 г.Новополоцка» (далее – БШ № 10) в целях обеспечения контроля за экономией и рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов в системе образовательных учреждений и разработки энергосберегающих мероприятий.

Теплоснабжение БШ № 10 производится централизованно от централизованных водяных тепловых сетей. Присоединение систем отопления и горячего водоснабжения к наружным тепловым сетям осуществляется посредством индивидуальных тепловых пунктов, в которых установлено необходимое оборудование.

Ограждающие конструкции здания школы имеют степень тепловой защищённости, определяемую годом постройки (до 1980), а также фактическим состоянием стен, окон, покрытий, фундаментов. Конструкций, подвергнутых тепловой реабилитации, в здании не имеется.

Вентиляция здания БШ № 10 является приточно-вытяжной с механическим побуждением. Подача приточного воздуха в соответствии с проектом осуществляется непосредственно в обслуживаемые помещения из централизованной приточной камеры, находящейся в подвале здания. Наружный воздух через воздухозаборную шахту поступает с улицы,

очищается, подогревается и/или смешивается в приточной камере с внутренним воздухом и подаётся по системе воздуховодов в обслуживаемые помещения. Системы вентиляции не оборудованы устройствами управления, поэтому воздух подаётся во все помещения одновременно в постоянной объёме. Удаления воздуха осуществляется из рекреаций и коридоров системами воздуховодов посредством крышных вентиляторов.

Данное проектное решение не отвечает современным представлениям об эффективной вентиляции по следующим основаниям:

- система вентиляции подаёт приточный воздух во все учебные помещения одновременно, вне зависимости от наличия в них людей;
- подача воздуха в аудитории производится с постоянным расходом, вне зависимости от потребности в нём, определяемой состоянием и качеством микроклимата помещений;
- удаление воздуха осуществляется без утилизации (возвращения и полезного использования) теплоты, содержащейся в удаляемом воздухе;
- при эксплуатации систем вентиляции в реальных условиях механическая вентиляция чаще всего отключается по экономическим соображениям, взамен неё осуществляется регулярное проветривание классов путём открывания окон, при этом теплота внутреннего воздуха выбрасывается наружу и в итоге, для восстановления необходимой температуры внутреннего воздуха требуется увеличивать затраты энергии на отопление;
- заполнения оконных проёмов, спроектированные по ранее действовавшим стандартам, предусматривают неплотности для пропуска инфильтрационного воздуха, что при отключённой приточной вентиляции ведёт к необоснованному росту тепловых потерь на нагрев этого воздуха.

Используемая система вентиляции не обеспечивает требуемые параметры микроклимата в помещениях школы энергоэффективным способом. Наиболее востребованным энергосберегающим мероприятием при модернизации общественных зданий является замена существующих воздухопроницаемых окон на герметичные стеклопакеты с повышенным теплозащитными свойствами.

В этом случае важной научной и методической проблемой является верный выбор соотношений между энергосберегающими и санитарно-гигиеническими эффектами, а также между централизацией и децентрализацией вентиляции, чтобы экономия топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) не достигалась в результате ухудшения параметров микроклимата и в первую очередь качества воздушной среды.

Основными вредностями в школьных помещениях являются продукты жизнедеятельности человека, в первую очередь углекислый газ. Это положение было введено в гигиеническую практику *M. Pettenkofere* в позапрошлом веке. Кроме углекислого газа загрязнителями воздуха в помещениях школ выступают антропоксинны, а также вредные выделения, содержащиеся в приточном наружном воздухе, и вредные выделения от элементов интерьера помещения – ограждающих конструкций, покрытий, предметов обстановки и т. п.

Строительными регламентами Европейского Союза (ЕС), в частности, установлено, что концентрация  $CO_2$  в классных комнатах на протяжении продолжительного времени не должна превышать 1000 ppm. Допускается отклонение от этой нормы не чаще одного раза в день продолжительностью не более 20 минут.

Нами на основании экспоненциальной модели поступления, накопления и удаления вредных веществ был выполнен сравнительный анализ эффективности работы систем вентиляции в учебных помещениях школьных зданий, результаты которого представлены на рисунке. Расчёты и обработка результатов натурных измерений произведены с использованием программных продуктов фирмы EXHAUSTO [1]. Данная работа является продолжением цикла исследований, результаты которых изложены в [3–5]. При проведении исследования были использованы материалы, содержащиеся в работе [2].

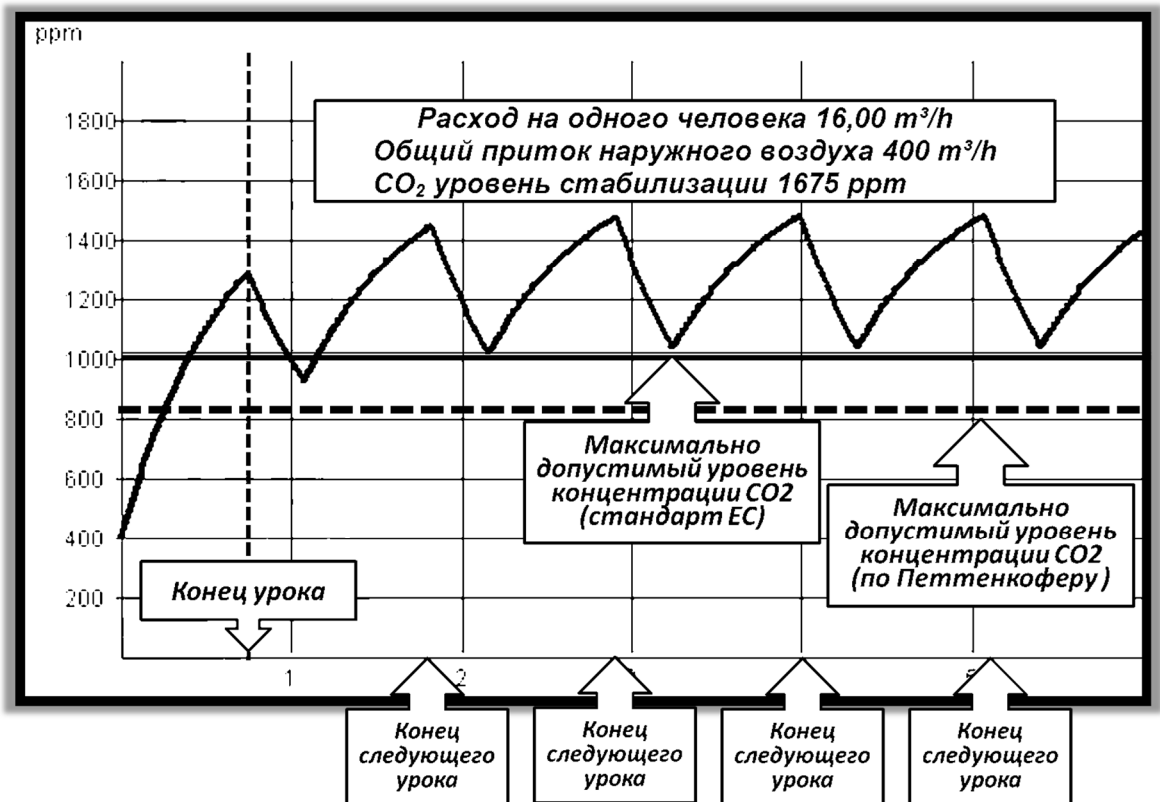
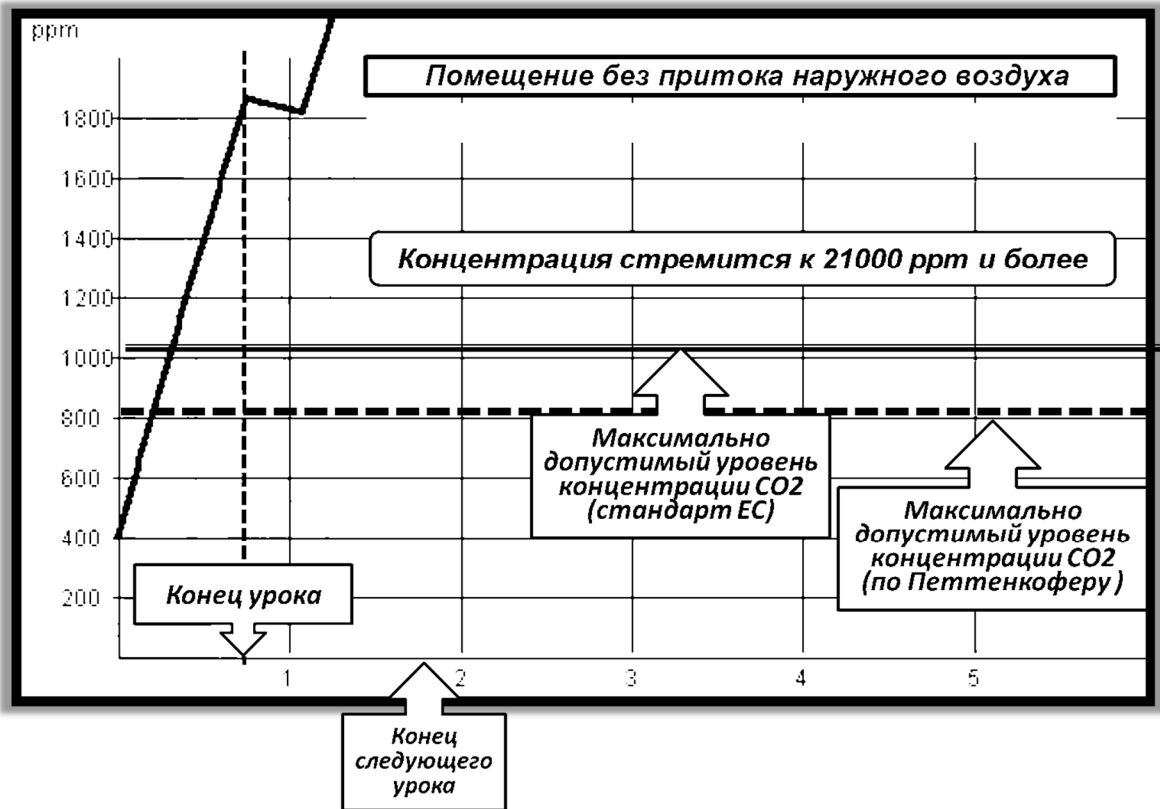


Рисунок. – Влияние воздухообмена на уровень содержания CO<sub>2</sub> в воздухе учебных классов общеобразовательной школ при использовании воздухонепроницаемых светопрозрачных заполнений оконных проёмов (вверху – при отсутствии приточно-вытяжной вентиляции, внизу - при нормативном воздухообмене)

Как следует из приведённых выше рисунков, в отсутствие организованного воздухообмена при использовании воздухонепроницаемых светопрозрачных заполнений оконных проёмов концентрация CO<sup>2</sup> в воздухе учебных классов стремительно нарастает и уже к середине урока начинает превышать допустимый рекомендуемый уровень в 1000 ppm. Таким образом, предписываемое школьными правилами проветривание помещений на переменах не способно обеспечить в течение времени урока требуемое качество микроклимата. Тем более, что проветривание ведёт к нерациональному использованию ТЭР.

Не достигаются требуемые его показатели и при организации нормативного воздухообмена из расчёта 16 м<sup>3</sup>/ч на одного ученика.

В результате, при работающей вентиляции имеет место рост затрат на эксплуатацию школьных зданий, а при неработающей – ухудшение состава воздуха в помещениях во время занятий и их выхолаживание за счёт инфильтрации и проветривания естественным образом в перерывах. В последнем случае для компенсации понижения температуры воздуха приходится или увеличивать потребление теплоты на отопление, или мириться с низкой температурой воздуха в помещениях в первое время после проветривания.

Этих недостатков можно избежать, если произвести децентрализацию систем вентиляции помещений школы путём внедрения специальных местных приточно-вытяжных теплоутилизационных установок.

Рынок вентиляционного оборудования предлагает различные технические решения: стеновые регенеративные приточно-вытяжные теплоутилизаторы попеременного действия, стеновые рекуперативные приточно-вытяжные теплоутилизаторы непрерывного действия, приточно-вытяжные вентиляционные установки с теплоутилизаторами «шкафного» типа, приточно-вытяжные вентиляционные установки с теплоутилизаторами «подвесного», «настенного» или «канального» типов.

Производительность предлагаемых устройств от 30 до 1000 м<sup>3</sup>/ч, в то время как применительно к школьным помещениям с наполняемостью от 20 до 35 учащихся требуется создавать воздухообмен от 320 до 560 м<sup>3</sup>/ч.

В таблице представлено сравнение характеристик предлагаемого вентиляционного оборудования для децентрализованных систем вентиляции. Выбор представленных в таблице аналогов носит иллюстративный характер и не свидетельствует о предпочтительности любого из них.

Таблица. – Сравнение характеристик устройств децентрализованной приточно-вытяжной вентиляции

Параметр	Устройство			
	«Паветрик»	«Metle M-WRG»	«Прана 200 С»	«EXHAUSTO VEX308»
1	2	3	4	5
Приток, м <sup>3</sup> /час	20...30	30...60	235	150...800
Размещение	В стене	В стене	В стене	В помещении
Возможность догрева	Нет	Нет	Нет	Да
Эффективность рекуперации (по данным изготовителя)	0,9	0,76	0,6...0,8	0,8...0,9

Исходя из режимов эксплуатации учебных классов школ, наиболее подходящими для использования в системах децентрализованной вентиляции являются устройства, технические характеристики которых соответствуют аналогам, представленным в 4 и 5 столбцах таблицы 1.

Принцип работы подобных рекуператоров основан на принудительном нагнетании с улицы холодного свежего воздуха и удалении из помещения тёплого отработанного воздуха механическим способом с использованием тепла удаляемого из помещения воздуха для нагрева приточного воздуха. За счёт прохождения воздушных потоков через систему теплообменников, расположенных внутри рабочего модуля, тёплый вытяжной воздух отдаёт большую часть своего тепла холодному приточному воздуху.

Для обеспечения вентиляции школьного класса достаточно одной установки производительностью по приточному воздуху 400...500 м<sup>3</sup>/ч. Внедрению этих устройств в обязательном порядке должна предшествовать установка герметичных пластиковых окон.

При использовании децентрализованных систем вентиляции школьных зданий, основанных на местных приточно-вытяжных установках с теплоутилизаторами, годовая экономия тепловой энергии в расчёте на 30 помещений учебных классов в рассматриваемых условиях БШ 10г.Новополоцка составит не менее 40 Гкал в год. Необходимо также принять во внимание, что данное мероприятие в большей мере имеет социально-гигиеническое, а не энергоэкономическое значение и должно оцениваться с учётом социального эффекта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Программы EXHAUSTO для расчёта вентиляционных установок и систем. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.exhausto.ru/projektering](http://www.exhausto.ru/projektering). – Дата доступа: 03.03.2018.
2. Лабораторно-аналитический мониторинг показателей качества воздуха внутри помещений / Т.Н. Пронина [и др.] // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2013. – № 3. – С. 39–47.
3. Нияковский, А.М. Выбор оптимальной плотности теплового потока при расчёте тепловой изоляции трубопроводов с целью обеспечения заданного коэффициента полезного действия тепловой сети и снижения выброса вредных веществ в атмосферу / А.М. Нияковский, Ф.И. Москалёнок, А.Ю. Сидорова // Материалы докладов 50 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвящённой году науки. – Т. 1. – Витебск : Витеб. гос. технол. ун-т, 2017. – С. 299–302.
4. Нияковский, А.М. К выбору плотности теплового потока при проектировании тепловой изоляции тепловых сетей / А.М. Нияковский, Э.И. Гончаров, О.И. Мишутко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – 2017. – № 8. – С. 147–155.
5. Нияковский, А.М. Управление температурными режимами тепловых сетей с целью снижения энергопотребления в системах теплоснабжения / А.М. Нияковский, В.А. Пшеничнюк, А.В. Григорович // Материалы докладов 48 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвящённой 50-летию университета : в 2 т. – Т. 2. – Витебск : Витеб. гос. технол. ун-т, 2015. – С. 76–78.