

# SPARE



## ПОСОБИЕ ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ШКОЛЬНЫХ ЗДАНИЙ



**Naturvernforbundet**  
Friends of the Earth Norway

ПОСОБИЕ ПО  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
ШКОЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

2014



**Norges  
Naturvernforbund**

Friends of the Earth Norway



**Составители:** Даг Арне Хойстад, Леонид Фирсов, Яковлев Михаил.

**Пособие по энергоэффективности школьных зданий.** – Бишкек, 2015 – 78 с.

Публикация подготовлена в целях распространения идей энергоэффективности и экологической безопасности и описания мер энергосбережения в школах не только со стороны экономии природных ресурсов и финансовых средств, но и как мер, которые положительно влияют на здоровье школьников и персонала.

Это пособие – результат многолетней практической деятельности Проекта в странах Европы, Кавказа и Центральной Азии, реализуемого широкой сетью партнерских организаций.

Издание предназначено для широкой аудитории: лиц принимающих решения, школьной администрации, учителей, школьников и их родителей, и может служить как руководство по улучшению условий обучения в школьных зданиях.

*S.P.A.R.E. это образовательная программа, работающая в 17 странах Европы, Кавказа и Центральной Азии, которая предоставляет учителям поддержку в преподавании тем, связанных с изменениями климата, энергией, а также с одним из наиболее важных решений — энергоэффективностью. Наша цель — предоставить молодому поколению знания, которые нужны им для того, что бы избежать опасных изменений климата.*

**Корректор:** А. Мацута

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	ПРЕДИСЛОВИЕ	4
2.	ВВЕДЕНИЕ	5
3.	ТРУДНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ	6
4.	ТЕПЛОВОЙ КОМФОРТ	8
5.	КАЧЕСТВО ВОЗДУХА	10
6.	ВЛАЖНОСТЬ	23
7.	ОСВЕЩЕНИЕ	26
8.	ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬ	39
9.	ЧТО ДЕЛАТЬ	45
10.	ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕРЫ	56
11.	РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА	72

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Ученики проводят много времени в классах. Не подлежит сомнению то, что внутренний микроклимат влияет на их здоровье, психологическое состояние и способность учиться, и поэтому мы должны сделать все, что в наших силах, чтобы обеспечить детям хорошие условия.

Работая с внутренним микроклиматом в школах, необходимо знать потребности детей, уметь оценить текущее положение и найти возможные пути улучшения ситуации. Буклет объяснит вам самые важные параметры и стандарты микроклимата помещений. Мы также предложим практические меры оздоровления климатической среды.

Основываясь на опыте многих стран, мы видим, что во время модернизаций школьных зданий качеству климата помещений уделяется недостаточно внимания.

Этот буклет о том, как предоставить ученикам оптимальные условия для обучения при минимальных затратах энергии. Коллектив авторов надеется, что данная публикация поможет заинтересованным учителям, родителям и школьным администраторам в их усилиях создать благоприятные микроклиматические условия для детей при наименьшем возможном влиянии на природу.

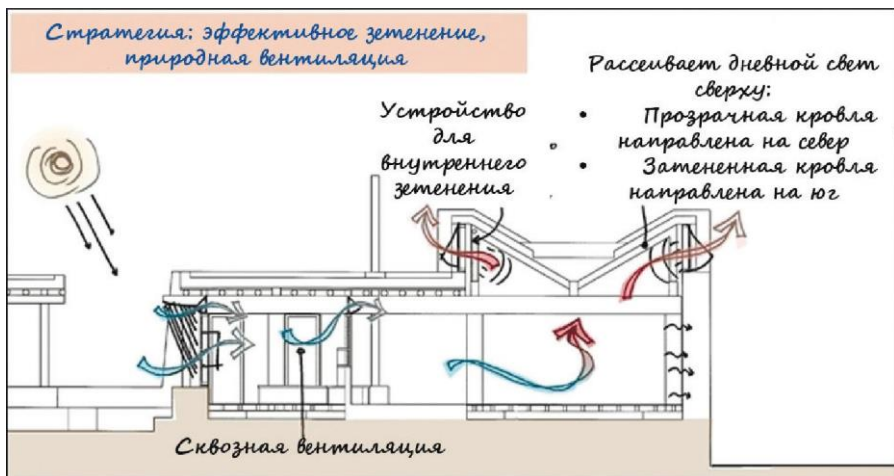
SPARE — это образовательная программа, которая предоставляет учителям поддержку в преподавании тем, связанных с изменениями климата, энергией, а также с одним из наиболее важных решений — энергоэффективностью. Наша цель — предоставить молодому поколению знания, которые помогут избежать опасных изменений климата. Вы можете узнать больше о нашей образовательной деятельности по ссылке: [www.spareworld.org](http://www.spareworld.org).

## II. ВВЕДЕНИЕ

Любое строение, и наш дом в том числе, – это наша внешняя оболочка, защищающая людей от суровых погодных условий. Существует множество путей регулирования микроклиматических условий внутри здания.

Многие современные здания плохо адаптированы к тем климатическим условиям местности, где они расположены. Они построены без учета факторов окружающей среды и целиком зависят от технических решений с высоким энергопотреблением, которые обеспечивают благоприятный микроклимат. Огромное количество энергии требуется для дополнительного отопления, когда холодно снаружи, и охлаждения, когда там слишком тепло. Во многих зданиях круглосуточно используется искусственное освещение и принудительная вентиляция, которая обеспечивает приток свежего воздуха в помещения.

При строительстве современных зданий максимально используются природные условия, для того, чтобы создать благоприятную для людей среду, как днем, так и ночью, независимо от времени года. Надлежащее проектирование здания с учетом климатической зоны дает возможность избежать или существенно снизить потребление энергии для отопления и охлаждения.



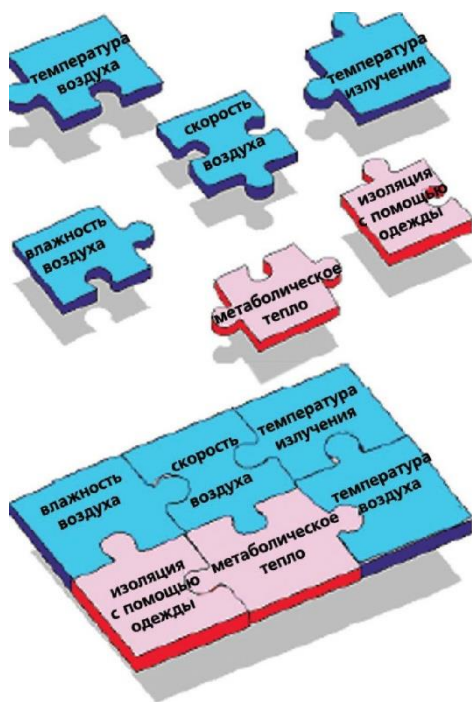
Например, «умное» затенение позволит контролировать количество света и тепла, «бесплатное» охлаждение можно получить путем вентилирования здания в ночные часы и т.д. На практике большинству зданий необходимы дополнительные технические решения в дополнение к естественным факторам для обеспечения хороших условий в течение года. Чтобы понять, как улучшать здания и управлять ими в интересах людей с наименьшими затратами и воздействием на природу, необходимо знать потребности людей и текущее состояние постройки, и школьные здания здесь не являются исключением. Необходимо регулярно производить ремонт и модернизацию, чтобы условия содержания в обычной средней школе были подходящими, а в специализированных школах-интернатах соответствовали полноценному проживанию детей.

Мы надеемся, эта книга окажется полезной, направит на изучение ситуации и вдохновит вас на поиск решений, которые позволят улучшить вашу школу!

### Ш. ТРУДНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ

Во время обучения дети находятся более 90% времени в школьном здании. Это означает, что школа должна обеспечивать комфортную и здоровую учебную среду. Однако степень безопасности и качества внутреннего микроклимата зависит от нашей деятельности и того, как мы его поддерживаем и регулируем. Многие факторы оказывают влияние на уровень безопасности и устойчивости внутренней школьной среды.

Человек может достичь максимума собственного потенциала в очень узком диапазоне микроклиматических условий (см.схему). Школьные строения непосредственно влияют не только на успеваемость учащихся, но и на их здоровье. Основные параметры, которые характеризуют качество микроклимата помещения – это воздух, температура, влажность и освещение. Поэтому важно, чтобы в каждой школе понимали необходимость опознавать, определять, измерять, оценивать, контролировать и улучшать основные параметры



внутреннего микроклимата, которые имеют прямое (сокращение эксплуатационных расходов) и косвенное воздействие на школу, учеников и местное сообщество.

Для того, чтобы в школе создать и поддерживать здоровые условия для обучения, необходимо обеспечить должный уровень основных характеристик внутренней среды, в том числе температуру, относительную влажность, скорость движения воздуха, концентрацию твердых



частиц, уровень освещенности, уровень звука, концентрацию углекислого газа и скорость вентиляции, которые влияют на качество микроклимата в помещении.

Все эти компоненты мы воспринимаем как несколько интегральных показателей внутренней среды в здании - тепловой комфорт, качество воздуха, влажность и освещение.

Школы являются важной частью устойчивого развития и имеют важнейшее значение для содействия устойчивому развитию. Однако в мире есть миллионы школ, которые производят тонны парниковых газов и мусора и используют больше энергии, чем это необходимо.

Школы могут и должны демонстрировать устойчивые решения и повышать уровень знания и осведомленность среди учащихся, родителей и всего местного сообщества.

## ТЕПЛОВОЙ КОМФОРТ

Тепловой комфорт – это психологическое состояние, когда мы выражаем удовлетворение тепловой средой<sup>5</sup>.

Уровень теплового комфорта имеет огромное влияние на производительность - уменьшение температуры в помещении на 1<sup>0</sup> С от нормативного уровня повышает среднюю производительность работы в школе на 2-4%<sup>8</sup>.

Трудно найти здания, где тепловые условия удовлетворяли бы каждого. Жалобы и недовольство тепловой средой являются привычными даже в зданиях со сложными системами контроля. Ощущение теплового комфорта зависит не только от температуры воздуха в здании<sup>9</sup>. Температура является важным параметром, однако, лишь одним из 6-ти тепловых параметров, влияющих на ощущение теплового комфорта в любом помещении/строении. Дополнительными факторами являются уровень активности / метаболизма, одежда, температура окружающих поверхностей, скорость движения воздуха, влажность<sup>2</sup>. Эти основные переменные среды имеют

огромное влияние на то, как быстро мы теряем избыточное тепло.

То, как окружающая среда взаимодействует с температурой тела, и определяет общее ощущение теплового комфорта человека. Если общий эффект различных переменных является достаточным, то уровень комфорта будет достигнут. Иными словами, тепловой комфорт определяется как «состояние, в котором отсутствуют побуждающие импульсы изменить поведением среду»<sup>1</sup>.

Внутренняя среда должна быть безопасной, удобной и приятной<sup>4</sup>. Наиболее распространенными факторами теплового дискомфорта является излучение от холодных или теплых поверхностей, сквозняки, локально охлаждающие тело потоками воздуха, вертикальные изменения в температуре воздуха, а также холодный или теплый пол. В дополнение к нежелательному локальному переохлаждению или перегреву, недовольство может быть вызвано и дискомфортом от общего перегрева или переохлаждения тела<sup>3</sup>. Это помогает понять, что поддержание правильной температуры в классе является важнейшим вопросом микроклимата в помещении.

В связи с тем, что на тепловой комфорт влияет несколько факторов, его трудно измерить на практике. Но существует быстрый и простой метод, позволяющий оценивать и контролировать тепловой комфорт, как в классной комнате, так и в школьном здании. Прежде всего, проведите опрос (*см. пример опроса на странице 10*). Если условия приемлемы минимум для 80% присутствующих в помещении, то все хорошо. Если же нет, то необходимо принять меры для того, чтобы найти ключевые факторы, вызывающие тепловой дискомфорт в комнате или во всем здании.

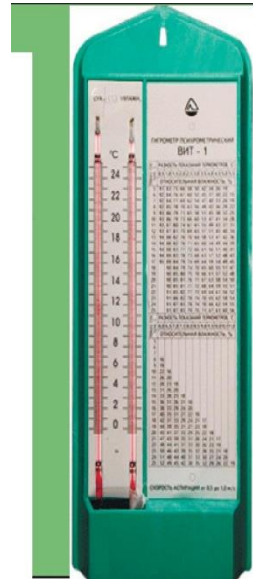
## ИНФОБЛОК

*Около 80% энергии, которую получаем из потребляемой пищи, трансформируется в тепло во время преобразования потенциальной энергии в полезную для тела электрохимическую энергию.*

*Взрослый человек вырабатывает около 100 Ватт во время нормального отдыха или сна и до 1100 Ватт во время тяжелой физической работы в суровых условиях.*

Для постоянного контроля над уровнем теплового комфорта полезно использовать термогигрометр. Температура воздуха и влажность в воздухе собственно и определяют тепловой комфорт, вместе с движением воздуха и излучением от холодных / теплых поверхностей. При температуре 21-24<sup>0</sup> С и относительной влажности в пределах 40% - 60%, без локального излучения от холодных/ теплых поверхностей наши ученики находятся в зоне термального комфорта<sup>21-24</sup>.

Понимание природы взаимодействия между Человеком и Окружающей Средой помогает найти технически правильные решения, которые позволят достичь надлежащего качества внутренней среды в различных климатических условиях и разных типах зданий. Если ваши ученики испытывают дискомфорт даже при нормативной температуре и влажности, и при этом вы определили отсутствие сквозняков и местного перегревания или охлаждения, тогда стоит задуматься о проведении дополнительной экспертизы квалифицированными специалистами. Для этого вы можете обратиться к представителям местного управления образования или соответствующих органов местных властей.



## КАЧЕСТВО ВОЗДУХА

V. Человек постоянно нуждается в воздухе. Требования к количеству воздуха относительно постоянны - 10-20 м<sup>3</sup> в день. Не менее важным для здоровья и благосостояния является и качество воздуха в помещении. Это значит, что свободный доступ к воздуху приемлемого качества является одной из основных нужд человека<sup>1</sup>. Это особенно актуально в отношении детей, которые проводят большую часть дня в помещении. Дети и подростки более уязвимы к плохим условиям окружающей среды, чем взрослые<sup>2</sup>. Поэтому пребывание в контакте с различными загрязнителями воздуха в помещениях школ может иметь негативное влияние на здоровье детей и приводить к развитию серьезных расстройств здоровья и осложнения уже имеющихся у детей заболеваний и побочных эффектов<sup>1,6</sup>. Низкое качество воздуха в помещении, вследствие недостаточного уровня вентиляции в школе, негативно влияет на здоровье, успеваемость, производительность труда и комфорт учеников, учителей и школьной администрации.

Применяемые на практике критерии качества воздуха в помещении позволяют оценить микроклимат в школьном здании, включая газовый состав, температуру, относительную влажность и уровень загрязнения воздуха<sup>1</sup>.

**Таблица. Типические показатели температуры и относительной влажности в помещении обычно рассчитываются при планировании системы вентиляции и кондиционирования в школах (ASHRAE, 2007b)**

Категория	Температура		Относительная влажность, CO %	Примечания
	Зима	Лето		
Классные кабинеты, лаборатории, библиотека, администрация	20-21	25-26	40-60	
Спортзал	20-21	25-26	40-60	$\omega = 35-50\%$ , рекомендуется для спортзала с деревянным полом
Туалеты	20-21	-	Нет контроля	Обычно без кондиционирования
Раздевалки / душевые комнаты	24-26	-	Нет контроля	Обычно без кондиционирования
Коридоры	20	26-27	Нет контроля	Иногда без кондиционирования
Склады	18-20	-	Нет контроля	Обычно без кондиционирования
Технические помещения	16-20	-	Нет контроля	Обычно без кондиционирования

## Комфорт в классе: опрос учеников







Я  Девочка  Мальчик

1) Что ты чувствуешь сейчас?

холодно <input type="checkbox"/>	прохладно <input type="checkbox"/>	немного прохладно <input type="checkbox"/>	Все хорошо <input type="checkbox"/>	Тепло <input type="checkbox"/>	Очень тепло <input type="checkbox"/>	Жарко <input type="checkbox"/>
-------------------------------------	---------------------------------------	---	--	-----------------------------------	---	-----------------------------------

2) Отметьте утверждение, с которым вы согласны

### Сейчас в классе:

- Пусть будет холоднее   
 Пусть будет прохладнее   
 Пусть будет немного прохладнее   
 Все в порядке  
 Пусть будет немного теплее   
 Пусть будет прохладнее   
 Пусть будет жарко 

3) Вам сейчас комфортно?

Да  Нет

4) На вас сейчас одет джемпер (кофта)?

Да  Нет

5) Вы чувствуете усталость?



Сильная усталость



Небольшая усталость



Нет усталости

Кабинет № | Дата: ...../...../.....

6) Что вы делали за 30 минут до опроса?



Школьные занятия

(чтение, письмо, математика и т.д.)



Физические занятия

(спорт, подвижные игры)



Компьютерные науки



Игры на открытом воздухе



Отдых во время перемены



Обеденный перерыв

**Загрязнители воздуха в помещении и их источники**

Люди в помещении, их деятельность, само здание, отделка, мебелировка и чистящие средства - это источники загрязнителей внутренней среды здания. Поэтому качество воздуха зависит от того, в каком состоянии находятся все составляющие здания. Ниже приведен перечень основных загрязнителей внутренней среды и их источники<sup>7</sup>:

**Основные загрязнители среды в помещении:**

- \* Биологические загрязнители, являющиеся результатом жизнедеятельности человека (вызванные дыханием, испарением и потоотделением), обычно связывают с концентрациями углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) в помещениях.
- \* Монооксид углерода (угарный газ,  $\text{CO}$ ) образуется при работе газового кухонного оборудования и системой отопления.

- \* Летучие Органические Соединения (ЛОС) возникают в результате использования таких веществ как растворители, дезодоранты, клеи, краски; источниками также являются табачный дым и человеческое присутствие. Опасным ЛОС является формальдегид (формула -  $\text{НСНО}$ ), ведь даже в небольших концентрациях это соединение является канцерогеном. Формальдегид выделяется мебелью, клеями, красками, косметикой и табачным дымом. Чем выше температура и влажность в помещении, тем больше выбросы формальдегида.
- \* Озон выделяется в присутствии источников ультрафиолета (ксероксы, принтеры и некоторые виды фильтров систем кондиционирования воздуха).
- \* Радон, радиоактивный газ природного происхождения, является побочным продуктом распада двух распространенных радиоактивных элементов на Земле - урана и тория. Очень опасен, поскольку доказано, что это канцероген.
- \* Биологические загрязнители: микроорганизмы, такие как плесень, бактерии, микровирусы. Даже насекомых и пыльцу считают биологическими загрязнителями среды в помещении. Эти загрязнители могут вызывать насморк, астму, легионеллез и туберкулез и др.
- \* Табачный дым, влияние которого имеет множество негативных последствий для здоровья человека: от раздражения слизистой оболочки глаз и до токсического и канцерогенного воздействия.
- \* Загрязненный воздух, поступающий с улицы.

### **Школы и «Синдром больного здания»**

Проблема недостаточной вентиляции школьных зданий довольно распространена. Как основной фактор, влияющий на качество воздуха в помещении, плохая вентиляция в школах приводит к высоким уровням  $\text{СО}_2$  и химических загрязнителей, проблемам с плесенью и сыростью, которые могут вызывать дискомфорт, раздражение и различные кратковременные



(острые) или постоянные (хронические) проблемы со здоровьем. Например, была доказана связь между неудовлетворительной вентиляцией и общими симптомами недомогания, симптомами болезней дыхательной системы, инфекционными заболеваниями, ухудшением учебной успеваемости<sup>3,4,5</sup>. Еще в прошлом веке исследователи отметили, что в зданиях старой постройки с плохой вентиляцией указанные выше симптомы встречаются особенно часто, так и появилось название-термин “Синдром больного здания”. О “Синдроме больного здания” говорят тогда, когда более 20% лиц в здании в течение длительного периода времени страдают от таких симптомов как головная боль, апатия, ухудшение концентрации, тошнота, сухость в горле, раздражение кожи и глаз.

Современные исследователи еще не обнаружили основного фактора этого синдрома<sup>8</sup>. Он чаще встречается в сооружениях, построенных в прошлом столетии. Этот синдром связывают с плохой вентиляцией, присутствием загрязнителей (таких как асбест, диоксид углерода, монооксид углерода, формальдегид, радон, несоответствующий уровень влажности, дым), повышенной чувствительностью человека, плохим качеством условий внутренней среды здания, а также с личностными психологическими аспектами. “Синдром больного здания” является многогранной проблемой, а не одним конкретным фактором<sup>9</sup>.

### **Оценка качества воздуха в помещении**

На качество воздуха в помещении влияет множество загрязнителей. Большинство из них обнаружить сложно и требуются дорогостоящие исследования. Однако эксперименты и практические замеры показали, что существует соотношение между большинством загрязнителей и уровнем концентрации CO<sub>2</sub>. Из практических соображений определение концентрации CO<sub>2</sub> является стандартным тестом для быстрой оценки вентиляции и качества воздуха в помещении. Но при необходимости все-таки целесообразно проводить замеры каждого конкретного загрязнителя.

## Определение CO<sub>2</sub>

В школах, особенно в классных кабинетах, где основные источники загрязнения связаны с пребыванием людей, принято применять аналитический метод, основанный на определении концентрации углерода диоксида. CO<sub>2</sub> чаще всего выступает в роли загрязнителя, который измеряют для быстрой оценки качества воздуха в школе. Результаты замеров показали, что в большинстве школ уровень CO<sub>2</sub> является высоким<sup>10</sup>.

### ИНФОБЛОК

*В любой 12-часовой промежуток времени в течение отопительного сезона средняя относительная влажность в помещении не должна превышать 70%.*

- *В среднем в течение одного часа уровень диоксида азота (NO<sub>2</sub>) и не должен превышать 288 µg/m<sup>3</sup> (150 ppb)*

- *Уровень монооксида углерода не должен превышать:*  
-100 мг/м<sup>3</sup> (90 ppm) - в среднем в течение 15-минутного периода

- 60 мг/м<sup>3</sup> (50 ppm) - в среднем в течение 30-минутного периода

- 30 мг/м<sup>3</sup> (25 ppm) - в среднем в течение 1-часового периода

- 10 мг/м<sup>3</sup> (10 ppm) - в среднем в течение 8-часового периода

- *в среднем в течение 8-часового периода общий уровень летучих органических соединений (ЛОС) не должен превышать 300 µg/m<sup>3</sup>.*

- *Уровень озона не должен превышать 100 µg/m<sup>3</sup>.*



**Рисунок 1. Соотношение между уровнем CO<sub>2</sub> и вентиляцией, с учетом вида деятельности офиса**

Без вентиляции концентрация CO<sub>2</sub> в помещении быстро растет, ведь люди постоянно выдыхают этот газ. Для того, чтобы держать уровень CO<sub>2</sub> в приемлемых рамках, уровень вентиляции должен составлять 8-10 л/сек. на человека <sup>12</sup>. Сегодня существует много дешевых и точных измерителей CO<sub>2</sub>. Это дает нам прекрасную возможность организовать простой и эффективный контроль качества воздуха в школах.

### Скорость вентиляции

Наиболее простым и доступным способом влияния на качество воздуха в помещениях является регулирование

скорости вентиляции помещений. Почти все страны для расчета скоростей используют одну из следующих единиц измерения и соответственно производные каждой: литр в секунду (л/сек.) или кубический метр в час ( $\text{м}^3/\text{час}$ ). Скорость вентиляции в классных комнатах, игровых залах и административных офисах обычно выражается через л/сек. или  $\text{м}^3$  на человека, или комбинацией обеих единиц<sup>13</sup>.

*Обычно уровень CO<sub>2</sub> на открытом воздухе составляет 300-400 ppm.*

Скорость вентиляции, необходимая для обеспечения нормального качества воздуха, зависит от:

- \* количества человек на единицу объема жилого пространства;
- \* деятельности, которая проводится в этом пространстве (т.е. назначение здания);
- \* уровня выбросов загрязнителей в пространстве;
- \* ожиданий лиц, находящихся в пространстве (т.е. толерантность), относительно качества воздуха.

В правилах эксплуатации зданий (в большинстве случаев) считается, что воздух на улице является чистым. Однако, в условиях города это не всегда так. Воздух можно разделить на три категории в соответствии с уровнем концентрации CO<sub>2</sub>. Центры города находятся на самом низком уровне - это означает, что вентиляционные системы нужно оборудовать фильтрами, а расположение входных труб вентиляции должно быть тщательно продуманным<sup>14</sup>. Вентиляция устанавливается для того, чтобы ограничить уровень концентрации диоксида углерода во всех местах, где проходит учебный процесс. При замере проб воздуха на уровне головы сидящего человека во время длительных периодов (между началом и концом занятия в любой день) средняя концентрация диоксида углерода не должна превышать 1500 частиц на миллион (ppm)<sup>15</sup>.

## ИНФОБЛОК

Принудительная вентиляция (т.е. контролируемая устройствами для подачи воздуха и извлечения воздуха из здания) должна обеспечить подачу наружного воздуха во все помещения, где проходит учебный процесс:

- \* *Минимальное значение среднего уровня подачи воздуха - 5 л/сек. на человека, однако в любой момент не ниже 3 л/сек.*
- \* *Максимальная пропускная способность не менее 8 л/сек. на человека в любой момент, когда в помещении находятся люди.*
- \* *Дополнительная пропускная способность, которая при необходимости находится под контролем лиц в помещении (например, форточки и окна).*
- \* *При поставке свежего воздуха на уровне 8 л/сек. на человека уровень концентрации диоксида углерода будет обычно находиться ниже 1000 ppm.*

### **Вентиляция в уже построенных школах**

Существующие школьные здания зависят преимущественно от естественной вентиляции. Естественная вентиляция - это тип вентиляции внутреннего помещения, где подача воздуха в помещение и его удаление происходят лишь благодаря естественной разнице в давлении, без каких-либо активных компонентов/механизмов/приспособлений, которые бы перемещали воздух.

Естественная вентиляция в существующих школах в большинстве случаев не может удовлетворить выполнение нормативных требований, к тому же она не способна обеспечить необходимую скорость воздуха в течение года. В результате ученики страдают от неудовлетворительного качества воздуха в помещении, особенно зимой. В постсоветских странах в обычных школах средний уровень CO<sub>2</sub> зимой в рабочий период составляет 2500-3000 ppm. Часто в школах наблюдаются более высокие концентрации CO<sub>2</sub>,

которые иногда даже превышают 5000 ppm, что является международным порогом безопасности. Согласно международным нормативам<sup>15</sup>, уровень CO<sub>2</sub> более 1500 ppm означает, что скорость вентиляции составляет менее 15 м<sup>3</sup>/ч на человека, что на 25 % ниже действующих нормативов в постсоветских странах - не менее 20 м<sup>3</sup>/ч на человека в классной комнате.

Ранее отсутствие принудительной вентиляционной системы компенсировалось высоким уровнем проникновения воздуха сквозь щели в старых окнах и ограждающих конструкциях. Однако теперь, когда в школах устанавливают современные окна, проникновение свежего воздуха минимизировано, поэтому возникает необходимость задействовать другие формы вентиляции. Когда в старых школах с естественной вентиляцией устанавливают современные окна, не компенсируя падение уровня вентиляции, то качество воздуха в помещении может снижаться до опасных уровней.

1000 ч/м - 0,1% - Длительное воздействие может повлиять на способность сосредоточиться

5000 ч/м - 0,5% - Нормальный показатель безопасного предела (ТБО и ЭАОТЗ)

10 000 ч/м - 1% - Частота вашего дыхания слегка увеличивается, но вы этого не замечаете

15,000 ч/м - 1,5% - Обычная предельно допустимая концентрация (ТБО и ЭАОТЗ)

20,000 - 2% - Вы начинаете дышать на 50% чаще, чем обычно. Если вы находитесь в таком помещении на протяжении нескольких часов, то можете почувствовать усталость и головную боль.

30,000 - 3% Вы дышите в два раза быстрее, чем обычно. Вы можете испытывать головокружение, пульс и кровяное давление повышаются, головная боль усиливается. Могут возникнуть проблемы со слухом.

40,000 - 50,000 - 4-5% - Теперь эффект CO<sub>2</sub> чувствуется все сильнее. Дыхание учащается примерно в 4 раза от обычного. Нахождение в таком помещении на протяжении 30 минут вызовут ощущения удушья и признаки отравления

50,000 - 100,000 ч/м - 5-10% - Вы начинаете ощущать запах углекислого газа - сильный стимулирующий запах газированной воды. Вы быстро устанете, дыхание будет затруднено, появится головная боль, звон в ушах, нарушение зрения. Сознание может помрачнеть вплоть до потери.

100,000 ч/м - 1,000,000 ч/м - 10-100% - Чем выше концентрация углекислого газа, тем быстрее человек теряет сознание. Чем дольше человек находится в таком помещении, тем быстрее наступает удушье.

Есть очевидное решение для улучшения качества воздуха - это вентиляция классных комнат. Простой метод вентиляции - открывать окна во время школьных перемен. В данном методе основное правило заключается в том, что необходимо открыть все окна и двери, после того, как ученики

покинули помещение класса. Продолжительность проветривания зависит от температуры воздуха на улице (см. таблицу ниже). Вентиляция с помощью окон позволяет обеспечить хорошее качество воздуха во время урока, а ее непродолжительность позволяет избежать значительного охлаждения классной комнаты даже зимой.

**Таблица: Длительность сквозного проветривания учебных помещений в зависимости от температуры наружного воздуха**

Наружная температура, °С	Длительность проветривания помещений, мин.	
От 10 до 6	4-10	25-35
От 5 до 0	3-7	20-30
От 0 до -5	2-5	15-25
От -5 до -10	1-3	10-15
Ниже -10	1-1,5	5-10

### **Что делать, чтобы улучшить качество воздуха**

Как уже было сказано выше, на состав воздуха в помещении влияет целый ряд загрязнителей, относящихся как к уличному воздуху, так и к воздуху в помещении. Вот что мы можем сделать, чтобы уменьшить уровень загрязнения воздуха в помещении:

- (а) Контролировать источники загрязнения:
  - \* использовать материалы с соответствующей маркировкой (например, изделия с низким содержанием ЛОС),
  - \* уменьшать выбросы из самого источника загрязнения.
- (б) Уменьшать концентрацию оставшихся загрязнителей. Поступление свежего воздуха - это самый эффективный способ уменьшения концентрации и удаления загрязнителей из помещения<sup>3,14,16,17,18</sup>.

Таблица: Выборка рекомендованных скоростей вентиляции, взятых из Международных Стандартов и некоторых Национальных требований к классным комнатам (вентиляция для присутствующих в помещении человек).

Качест-во воздуха	EN 13779	Качест-во воздуха	EN 15251	RSDTYP санитарные правила ведомственных зданий,	СанПиН 2.4.2.002-03, Кыргызстан
IDA 1 Высо-кое	15 л/сек. на человека	Категория А	10 л/сек. на человека	4.2 л/сек. на человека (детсад, начальная и средняя школа)	не менее 20 м <sup>3</sup> в час на 1 ребенка
IDA 2 Среднее	10 л/сек. на человека	Категория В	7 л/сек. на человека		
IDA 3 Посред-ственное	6 л/сек. на человека	Категория С	4 л/сек. на человека	5 л/сек. на человека (старшая школа, лицей)	
IDA 4 Низкое	<6 л/сек. на человека				

## VI. ВЛАЖНОСТЬ

В контексте воздуха термин «влажность» означает количество паров воды/влаги в воздухе. Влага попадает в здание вместе с воздухом с улицы, а также из почвы через подвальные помещения, подполье. Также на влажность в



здании влияет водяной пар, образующийся в результате дыхания и потоотделения людей, обычной жизнедеятельности: приготовления пищи, принятия душа, стирки, мытья посуды и т.д. Даже комнатные растения вызывают сырость. Обычно почувствовать или увидеть влагу можно лишь при ее высоких концентрациях, когда она конденсируется в виде капель на предметах, температура которых ниже температуры воздуха<sup>6</sup>. Каждый видел, как окно «потеет» или покрывается льдом, когда на улице холодно. Это указывает как на высокий уровень влаги в воздухе, так и свидетельствует о плохих энергосберегающих свойствах установленных окон.

Конденсация влаги приводит к структурной сырости, то есть присутствия нежелательной влаги в стенах здания в результате заноса влаги извне, или внутренней конденсации. В сочетании с герметичностью здания, плохой вентиляцией и неудовлетворительной теплоизоляцией, избыточная влага приводит к повреждению различных компонентов ограждающих конструкций, нанося вред зданию, вызывает ощущение дискомфорта и даже болезни у людей, проводящих время в таком здании<sup>1</sup>.

### **Влажность в школах**

Летом уровень влажности воздуха в школьных помещениях с естественной вентиляцией в основном зависит от влажности воздуха, а зимой от температуры в помещениях<sup>7</sup>. Для оптимального уровня комфорта относительную влажность необходимо поддерживать на уровне 40-75%. Зимой в школах нужно обращать больше внимания на контроль влажности воздуха. При применении механической вентиляции и в условиях низкой влажности воздуха на улице уровень относительной влажности воздуха может составлять от 30 % и ниже<sup>7</sup>.

### **Влажность и здоровье**

Влажность оказывает незначительное влияние на температурные ощущения и воспринимаемое качество воздуха в помещениях, предназначенных для малоподвижной

деятельности. Однако, нужно заметить, что долговременные высокие уровни влажности приводят к развитию целого ряда нежелательных последствий как для здания, так и для человека (см. табл. ниже). С другой стороны, очень низкая влажность (<15-20%) вызывает сухость и раздражение глаз и дыхательных путей<sup>8</sup>.

Чрезмерная влажность в школах - это довольно распространенная проблема. Высокие уровни влажности в классных комнатах, столовых, спортивных залах, библиотеках и туалетах могут приводить к конденсации влаги на холодных предметах и вызвать рост и размножение грибков, распространяющихся по воздуху, а также пылевых клещей. Высокая влажность может выступить в роли благоприятного фактора для роста плесени. Плесень не просто незаметна для глаза, ее можно связать с повышением уровня аллергических заболеваний, вызванных, скорее всего, ее спорами<sup>5,6</sup>.

## ИНФОБЛОК

**Пылевые клещи - это маленькие микроскопические клещи (0,1-0,3 мм), живущие в наших домах и офисах. Продукты жизнедеятельности пылевых клещей, около 30 микрон в диаметре, являются сильным аллергеном, способным вызвать астму и другие аллергические заболевания.**

**Таблица. Проблемы, связанные с влажностью**

	<b>Чрезмерная влажность</b>	<b>Пониженная влажность</b>
<b>Типичные симптомы</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Конденсат на окнах</li><li>• Мокрые пятна на стенах и потолке</li><li>• Плесень в углах, на стенах и т.д.</li><li>• Затхлый запах</li><li>• Аллергические реакции</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Потрескавшиеся губы, сухая кожа</li><li>• Першение в горле и раздражение в носу</li><li>• Проблемы с дыханием</li><li>• Искры и статическое электричество/ заряды</li><li>• Проблемы с электронным оборудованием</li></ul>
	<b>Чрезмерная влажность</b>	<b>Пониженная влажность</b>
<b>Длительные эффекты</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Порча строения и его составляющих</li><li>• Хроническая аллергия</li><li>• Другие проблемы со здоровьем</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Постоянный дискомфорт</li><li>• Порча мебели и других предметов</li></ul>

В любой период времени относительная влажность будет разной на разных этажах и даже в разных классах, что связано с различной деятельностью людей в классах и разницей в температуре между различными частями школьного здания, а также с влажностью воздуха на улице. Например, после дождя состав воздуха по отношению к абсолютной влажности изменится: в окружающей среде будет больше влаги, которую, соответственно, воздух сможет впитать. Таким образом, относительная влажность повысится.

Для эффективного контроля проблем, связанных с низкой или высокой влажностью, очень удобно использовать гигрометры, которые должны находиться в классных комнатах. С их помощью проводят непрерывный мониторинг условий на протяжении всего курса школьного обучения.

Чтобы избежать проблем с высоким уровнем влажности, вам нужно поддерживать хорошую вентиляцию в классной комнате, избегать сквозняков из щелей оконной коробки и самих оконных рам, улучшать термоизоляцию школы, а также найти и ликвидировать все тепловые мостики. Следите за конденсатом на холодных поверхностях, проверяйте водопровод и кровлю на наличие протекания или признаков сырости<sup>4</sup>. Если же у вас слишком низкая влажность, то проблему легко решить, сделав вместе с учениками и их родителями простое устройство для испарения воды или расположив в классе зеленый уголок.

## VII. ОСВЕЩЕНИЕ

Освещение является критическим фактором для обеспечения продуктивного и эффективного учебного процесса. Визуально мы получаем 80% информации. Качество освещения в комнате зависит от источников света (природные и/или искусственные), его распределения в помещении и того, как свет воспринимается находящимися там людьми. Избыток или недостаток света, ослепляющие лучи и искажение цвета оказывают огромное влияние на наше восприятие, настроение и производительность труда.

Уровень освещенности и различные источники света, люкс	
Солнечный день	100 000
Системы искусственного освещения в классных комнатах	300
Полнолуние	0.1
Облачная ночь	0.0001

Наши дети проводят много времени в школе, поэтому существует потребность в обеспечения качественного искусственного освещения. Неправильное освещение вызывает ощущение дискомфорта и гиперактивность, в то время как хорошее освещение повышает нашу производительность. Освещение также влияет на эффективность работы учителей и их устойчивость к профессиональному стрессу преподавателя. В прошлом веке основным источником освещения школьных помещений был солнечный свет –являющийся естественным наилучшим источником для человечества. Но сегодня солнечный свет может удовлетворить около 30-40% потребностей в освещении современной школы - это хорошо демонстрирует то, что значительная часть энергопотребления школы идет на обеспечение освещения.

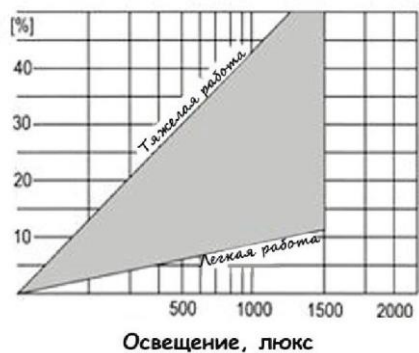
Часто энергопотребление существующей системы освещения в школе слишком высокое: по меньшей мере на 60-70% больше, чем энергоэффективные системы освещения. В то же время уровень освещенности не соответствует минимальным текущим требованиям - 300 люкс на поверхности парты. Во многих школах этот показатель находится на промежутке от 90 до 150 люкс, к тому же качество самого света низкое. Старые системы освещения энергозатратные и, кроме того, могут вызывать серьезные проблемы со здоровьем.

**Зависимость уровня жизнедеятельности человека от уровня освещенности**

**Количество ошибок**



**Продуктивность**



Старые люминесцентные светильники оснащены магнитными балластами, вызывающими стробоскопический эффект и мерцание света. Мерцание света раздражает и отвлекает внимание и может вызвать физиологические проблемы (например, головную боль), а стробоскопический эффект может привести к развитию потенциально опасных ситуаций, например в рабочих мастерских и лабораториях. Мерцание возникает в результате колебаний света, генерируемых источником света в связи с нестабильностью подачи электроэнергии. Колебания потока электроэнергии вызывают колебания количества выпущенного света и становятся заметными в зависимости от их частоты и модуляции. Мерцание источника света можно минимизировать, обеспечивая стабильное напряжение питания и используя современные люминесцентные лампы с высокочастотными электронными балластами. Важно помнить, что магнитные балласты также вызывают звуковое загрязнение класса. Именно поэтому в школах нужно использовать электронные балласты, а не магнитные. Электронный балласт является легким, он генерирует небольшое количество тепла и работает на высокой частоте - более 20 000 Гц, в то время как магнитный балласт - 60 Гц. С высокими частотами пропадает любое мерцание и гул при работе систем освещения, а следовательно, и все связанные с ними проблемы со здоровьем.

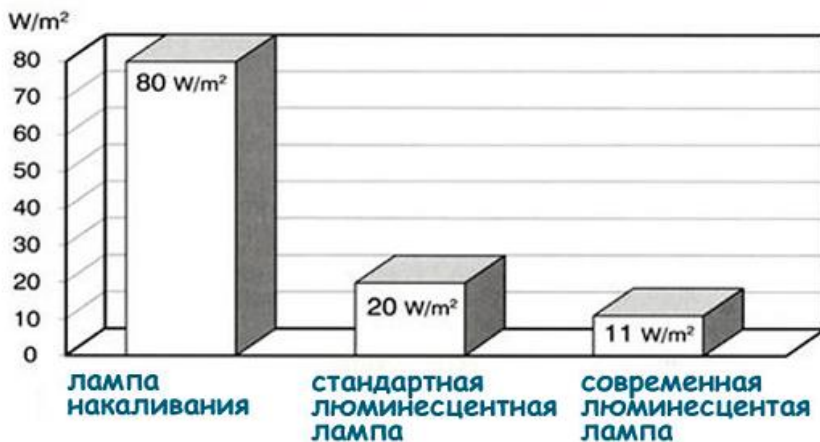
### **Основными причинами плохого качества света в школьных помещениях являются:**

- \* Плохое планирование системы освещения, при котором светильники размещаются в неправильных местах или направляют свет под неправильным углом.
- \* Использование ламп и светильников, которые не соответствуют требованиям качества для образовательных помещений. Примером являются лампы с индексом цветопередачи ниже 80 и открытые светильники с эффектом сильного ослепления (см. Рисунок на стр 32).

- \* Использование светильников с лампами накаливания или старыми неэффективными люминесцентными лампами типа T12 и T8 с низким световым потоком (люмен / Ватт).
- \* Использование светильников с магнитными балластами. Кроме высокого энергопотребления они мерцают, могут вызывать стробоскопический эффект и шумовое загрязнение класса.
- \* Системы освещения без автоматического контроля: датчики движения, присутствия людей в помещении, таймеры и сенсоры уровня освещенности. Но нередко бывает, что установив датчики и сенсоры, их часто плохо настраивают - без учета функциональных зон помещения, рабочего режима. В результате система освещения работает с чрезмерной нагрузкой, и лампы чаще перегорают.

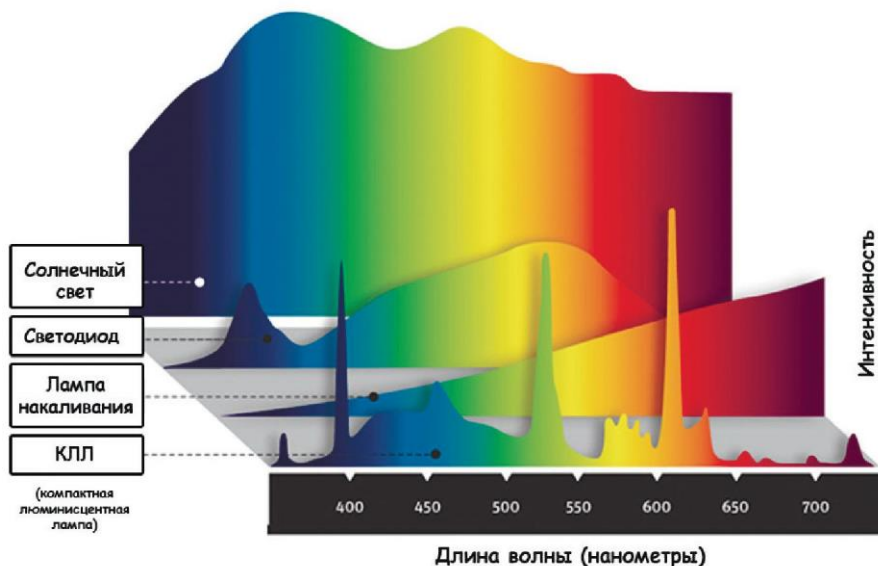
## Энергопотребление

на 1 кв.м и освещенности на рабочей поверхности 300 люкс



Надлежащего уровня освещения можно достигнуть с разными затратами энергии. Так один и тот же световой поток на рабочей поверхности можно получить применяя лампу накаливания мощностью в 55 Вт со световым выходом 12 лм/Вт, компактную люминесцентную лампу (КЛЛ) мощностью 15Вт со световым выходом 60 лм/Вт либо 6-ваттный светодиодный источник света со световым выходом 150 лм/Вт.

При планировании систем освещения, кроме качества света и энергопотребления ламп необходимо учитывать срок службы источников света. Так, при среднем сроке службы качественных светодиодных источников света в 40 000 - 50 000 часов для обеспечения освещения в течение этого периода необходимо будет использовать до 5-ти КЛЛ, или 40-50 ламп накаливания.



### **Правильный свет для школы**



Лучший свет для класса - дневной свет. Дневной свет является золотым стандартом для освещения! Прежде всего, в помещении в течение дня необходимо впускать достаточное количество дневного света. Мы часто сталкиваемся с ситуацией, когда в связи с ориентацией окон, затенением, использованием занавесок, а также во время коротких зимних дней в классе недостаточно дневного света. Чтобы компенсировать недостаток естественного освещения, мы должны использовать искусственное освещение.

Прежде всего, необходимо идентифицировать основные проблемы, определить приоритеты и свериться с техническими и финансовыми возможностями. Соответственно, введение улучшений нужно планировать с учетом основных количественных и качественных характеристик системы освещения. В заключение необходимо контролировать прогресс на стадиях планирования и инсталляции.

Для того, чтобы выбрать хорошую систему искусственного освещения при недостатке дневного света, существуют четкие и простые технические требования для систем искусственного освещения в школах (таблица 1).

Таблица 1.

**Требования к системам освещения, используемым в школах**

	<b>Параметр</b>	<b>Уровень</b>
1.	Уровень освещения	Минимум 300 люкс на рабочей поверхности (партах) Минимум 500 люкс на доске
2.	Цветопередача (индекс Ra)	Не меньше 80 %
3.	Мерцание и стробоскопический эффект	Отсутствуют (в наличии электронный балласт)
4.	Индекс ослепления (UGR)*	Не выше 19
5.	Содержание опасных веществ	Содержание ртути не больше 2 мг на лампу
6.	Энергопотребление	Не больше 3W на 100 лк/м <sup>2</sup>
7.	Срок эксплуатации	Не меньше 20000 часов при 80% светового потока

\*UGR - индекс ослепления рассчитывается с учетом коэффициента отражения потолка и стен.

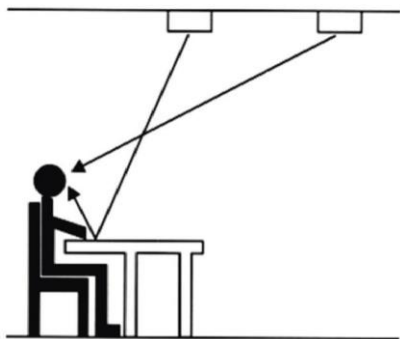
Для продуктивного безопасного и здорового обучения система освещения должна обеспечивать минимальный уровень визуального/зрительного комфорта. Хорошая система освещения должна:

- \* Обеспечить однородную освещенность рабочих горизонтальных поверхностей по всей комнате, тем самым создать условия для гибкой системы расположения парт, рабочих мест и т.д.
- \* Давать учителям возможность регулировать освещение с учетом требований к различным видам зрительной деятельности.
- \* Использовать как можно больше солнечного света, в сочетании с существующей или запланированной системой электрического освещения, чтобы обеспечить хорошее качество света и энергосбережение.
- \* Не создавать мерцания, не вызывать стробоскопический эффект, обеспечивая рекомендуемый уровень эффекта ослепления.
- \* Соответствовать требованиям к освещению конкретного интерьера для выполнения определенных задач или деятельности без чрезмерных энергозатрат.

**Уровень освещенности** (люкс) рабочей поверхности является основным показателем во время быстрого оценивания системы освещения. Для этого используется специальный люксметр, измеряющий уровень освещенности. Люкс - это единица света (люмен на метр квадратный). Различные части школьных зданий имеют различные требования по свету (*см. Таблица визуальных задач для образовательных зданий*). Кроме уровня освещенности важно учитывать также эффект ослепления и индекс цветопередачи. Источник света влияет на наше восприятие окружающих объектов и цвета.

**Индекс цветопередачи** - это маркировка по 100-балльной шкале способности источника света отображать цвета, таким образом, как это происходит при солнечном свете. В

школах нельзя использовать лампы с индексом цветопередачи ниже 80.



**Индекс ослепления** - не менее важный параметр, характеризующий уровень зрительного комфорта классной среды. Ослепление происходит тогда, когда одна часть интерьера гораздо ярче, чем общий уровень яркости интерьера. Распространенными источниками чрезмерной яркости являются светильники и окна, на которые смотрят прямо или через отражение.

Существуют различные виды ослепления: прямое ослепление, отраженное ослепление и скрытое ослепление. Прямое ослепление происходит в результате яркого света из окна или яркой лампы, которая светит прямо вам в глаза. Отраженное ослепление вызывает яркий свет из окна или лампы, который отражается от блестящей поверхности в глаза. Скрытое ослепления происходит тогда, когда свет отражается от рабочей поверхности вам в глаза, например, в случае чтения с печатной страницы или компьютерного экрана<sup>7</sup>. Ослепление описывается в соответствии с Единой оценкой ослепления (UGR), расположенной на шкале (на практике от 13 до 28), где высокий индекс ослепления соответствует высшему уровню ослепления<sup>8</sup>.

**Таблица: Визуальные задачи для образовательных зданий с уточнениями по освещенности, ограничением по уровню ослепления и цветопередачи**

Тип помещения, задачи или деятельности	Ед. изм.	UGR	Ra	Примечания
Игровая комната	300	19	80	
Класс дошкольного образования	300	19	80	

Мастерская дошкольного образования	300	19	80	
Классные комнаты, учительская(*)	300	19	80	Должна быть возможность контроля освещения
Классные комнаты для вечерних классов и образования для взрослых(*)	500	19	80	
Лекционный зал (*)	500	19	80	
Школьная доска	500	19	80	Избегать зеркального отображения
Демонстрационный стол	500	19	80	В лекционном зале 750 люкс

<b>Тип помещения, задачи или деятельности</b>	<b>Ед. изм.</b>	<b>UGR N.D.</b>	<b>Ra N.D</b>	<b>Примечания</b>
Мастерские	500	19	80	
Мастерские в художественной школе	750	19	80	Индекс световой температуры T <sub>ср</sub> >5000 К
Классы для черчения	750	16	80	
Классы для практических занятий и лаборатории	500	19	80	
Комнаты для семинаров	500	19	80	
Классы для занятий	300	19	80	
Лаборатории для изучения языка	300	19	80	
Цеха предварительной обработки и мастерские	500	22	80	
Общие комнаты для учащихся и актовые залы	200	22	80	

Кабинеты информатики	500	19	80	
Учительские	300	22	80	
Спортзалы, актовые залы	300	22	80	

### **Преимущества модернизированной системы освещения**

Среди возможных методов уменьшения энергопотребления систем освещения вы найдете:

- \* Использование источников света с высокой световой эффективностью;
- \* Использование систем контроля освещения;
- \* Использование дневного света<sup>2</sup>.

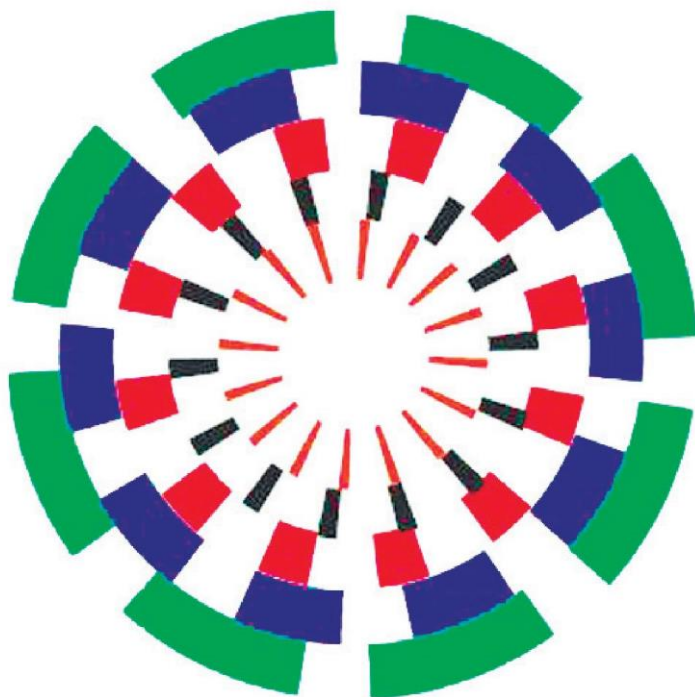
Традиционный дизайн освещения классных комнат предполагает размещение закрытых светильников на потолке и специальных асимметричных светильников для школьной доски. Целевые уровни освещенности базируются на требованиях государственных норм и стандартов, достаточных для выполнения поставленных задач - обеспечивать необходимый уровень освещенности в течение учебного дня на всех рабочих поверхностях учебных помещений и мест общего пользования. Требования к уровню освещенности могут отличаться в различных странах, но в основном средний уровень является одинаковым (см. Таблица, стр 32).

Модернизация системы освещения имеет много преимуществ. Во-первых, это позволяет сохранить энергию, уменьшить затраты на использование и обслуживание в течение срока службы системы, улучшить качество освещения. Даже если новая система и не уменьшит энергопотребление, все же обеспечит гораздо лучшее освещение без увеличения энергопотребления. К тому же, модернизация освещения предоставит огромные косвенные преимущества в улучшении качества обучения и безопасности образовательной среды.

Один из наиболее выгодных и простых способов модернизировать систему освещения - это замена старых люминесцентных ламп типа T12 и T8 на T5, и установка

электронных балластов вместо электромагнитных. Эти простые действия могут сохранить до 75% энергии и повысить качество света до уровня, соответствующего нормам. На сегодняшний день эффективным, быстрым и доступным методом в модернизации систем освещения является замена электромагнитных балластов на электронные. Использование электромагнитного балласта запрещено во всех странах ЕС в связи с его низкой эффективностью и отрицательным влиянием на здоровье человека. Для того, чтобы узнать, какой балласт находится в вашем светильнике, вам не обязательно иметь специальные дорогостоящие приборы или снимать и разбирать светильник. Существует проверенный простой и доступный для каждого способ, основанный на стробоскопическом эффекте. Ознакомьтесь с информацией в рамке, чтобы узнать, как самостоятельно сделать детектор мерцания.

*«Сделайте волчок, используя картон, карандаш и клей, наклеив распечатку на картон. Для пробы запустите волчок на ровной поверхности под люминесцентными лампами и под прямым солнечным светом. Если на детекторе мерцания вы видите однородные серые или цветные кольца, то у вас в люминесцентной лампе установлен электронный балласт. Это может означать, что ваше освещение является энергоэффективным и использует люминесцентные лампы типа T-8 или T-5. Если вы видите пеструю раскраску, то в светильнике используется старый электромагнитный балласт. Другие признаки, что в светильнике установлен электромагнитный балласт - заметное мерцание и гудение лам во время уроков.*



**Прерывистый четкий рисунок -  
высокая степень мерцания**



**Мягкие концентрические круги -  
минимальное мерцание**



Важно связаться с вашими местными поставщиками, узнать, какой вид оборудования они устанавливают, и спросить, как можно повлиять на энергопотребление и различные аспекты качества учебной среды в школе.

Многие школы инвестируют средства в новое освещение, не обращая должного внимания на качество. Очень часто результатом такого подхода является система освещения, которая красиво выглядит, но не отвечает должным требованиям качества и энергоэффективности. Обычно администрация школы не знает о критериях качества и требованиях к системе освещения. Поставщики, к сожалению, также часто не имеют достаточных знаний, а их оборудование не имеет необходимых документов, свидетельствующих об их производительности. Ниже представлена таблица, где приведены общие требования к новым системам освещения для школ. Школы, которые хотят обеспечить хорошие учебные условия для учащихся, должны использовать эти параметры при планировании модернизации систем освещения и проведении закупок ламп и светильников.

<b>Что нужно контролировать</b>	<b>Как контролировать</b>
Качество воздуха (температура, влажность, скорость воздуха)	Термометры для измерения температуры воздуха и поверхностей
	Гигрометры
	CO <sub>2</sub> измерители
	Измерители скорости движения воздуха
Освещение	Люксметр
	Детектор мерцания
Энергопотребление	Счетчики энергопотребления
Загрязнители воздуха, горючие газы и монооксид углерода (особенно, в химической лаборатории)	Детекторы горючих газов
	Детектор монооксида углерода

Качество микроклимата внутри здания - это важный параметр для каждой администрации школы, родителей и



активистов неправительственных организаций, участвующих в различных видах деятельности и проектах, связанных со школами, школьными зданиями, безопасностью и здоровьем учащихся.

Чтобы оценить качество микроклимата, нужно контролировать несколько основных параметров: температуру, влажность, уровень CO<sub>2</sub> и освещение. Они помогут вам понять потребности в их улучшении. К тому же, эти параметры необходимы для того, чтобы выбрать соответствующие меры по улучшению микроклимата.

Контроль над этими четырьмя параметрами даст общую картину среды в помещении и позволит оценить энергопотребление школы. Для этого нам понадобится некоторый инструментарий: термометр для измерения температуры воздуха, гигрометр или термогигрометр, люксметр и CO<sub>2</sub>-метр. Полезно также иметь бесконтактный инфракрасный термометр и измеритель потоков воздуха.

Сегодня на рынке существует множество дешевых, но пригодных для измерения приборов. Кроме этого, критически важно измерять энергопотребление школы, установив счетчики электроэнергии и других энергоносителей. При применении твердых энергоносителей очень важно контролировать их потребление, чтобы рассчитать использование энергии. Полезно иметь набор различных термометров: термометры для улицы и для помещений, бесконтактные инфракрасные термометры, позволяющие измерять температуру стен, окон и поверхностей и т.д. Такой тип термометра может удовлетворить все запросы по мониторингу теплового комфорта, помочь найти холодные и горячие места в классе, определить мостики холода, которые приводят к конденсации и т.д. Термометры для замеров в помещениях обычно располагают на стене, в месте, защищенном от прямого солнечного света и на расстоянии не менее 1,5 метра от точек отопления. Уличный термометр помогает регулировать время, когда вам зимой нужно проветривать комнату, избегая риска снизить температуру в помещении ниже нормы. У вас может быть один большой

уличный термометр, видимый из большинства классных комнат школы. Он может быть удачным объектом для практической работы учителей на уроках.

	<b>Механические гигрометры</b>	<b>Электронные гигрометры</b>
<b>Вид</b>	Обычно круглый, со стрелкой и циферблатом, часто комбинирован с термометром	Жидкокристаллический дисплей, часто показывает температуру, точку росы.
<b>Размер</b>	Ручной или настольный	Ручной или настольный
<b>Наличие батареи</b>	Нет	Да
<b>Чувствительность к влажности</b>	Иногда его нужно “встряхнуть”, если влажность не изменяется длительное время	Относительно быстро реагирует на изменения влажности
<b>Точность</b>	Приемлемая точность	Обычно точный прибор

Как в случае с термометром, в каждом классе полезно иметь гигрометры. Как минимум один в каждой школе или на этаже, для периодического контроля ситуации. Гигрометр показывает относительную влажность (ОВ). С помощью этого прибора можно определить помещения с очень высокой или очень низкой ОВ. Влажность тесно связана с температурой и отличается в разных классах и в различных частях школы.

На рынке можно найти механические и электронные гигрометры. Современные измерители влаги часто сочетают с цифровыми термометрами, поэтому они могут отражать температуру, влажность и различные другие виды информации, которую конкретный прибор может рассчитывать на основе замеров. Помните, что механическим гигрометрам нужно до 2-х часов после изменения относительной влажности или изменения места расположения, чтобы предоставить стабильный показатель. Не ставьте гигрометр там, где на него непосредственно может влиять тепло. Большинство производителей электронных гигрометров советуют проводить калибровку сенсора влаги каждые 1-2 года. На сенсор

воздействуют пыль и вредные газы - и это нарушает точность прибора (обычно в около 2 % в год)<sup>3</sup>.

### **CO<sub>2</sub> измерители**

Большинство современных CO<sub>2</sub> измерителей используют технологию инфракрасного сенсора (NDIR сенсор) и принцип того, что каждый газ поглощает световые волны с определенной длиной. Сенсоры углекислого газа рассчитывают концентрацию CO<sub>2</sub>, измеряя поглощение. Эти измерители портативные, точные, имеют широкий спектр замера (от 0 до 10000 ppm) и относительно дешевые. По назначению CO<sub>2</sub> сенсоры подразделяют на:

- \* CO-измерители для контроля уровня углекислого газа.
- \* CO<sub>2</sub>-мониторы, которые непрерывно следят за концентрацией CO<sub>2</sub> и отражают текущий уровень этого газа в целевой зоне. Часто оснащены памятью для записи максимального и минимального уровня CO<sub>2</sub>, визуальной и звуковой системами тревоги, которые активируются, если концентрация CO<sub>2</sub> превышает лимит безопасности (установленный пользователем).
- \* CO<sub>2</sub>-логеры, которые постоянно отслеживают и записывают концентрацию CO<sub>2</sub> и посылают информацию для дальнейшего анализа на компьютере.

Помните, если вы хотите проверить уровень CO<sub>2</sub> в классе, то лучше сделать несколько замеров во время урока: в начале, в середине и в конце урока. Старайтесь не держать измеритель возле своего рта или ртов учащихся, поскольку воздух, который мы выдыхаем, содержит высокую концентрацию CO<sub>2</sub>. Чтобы получить точные результаты замеров, необходимо время для стабилизации измерителя в новых условиях. Тщательно следуйте инструкциям производителя. Большинство CO<sub>2</sub>-измерителей требуют калибровки минимум раз в 1-2 года.

### **Счетчики энергии и расчеты**

Очень важно знать, где и сколько используется энергии в вашей школе. В сочетании с информацией из вышеуказанных

измерителей и счетчиков это даст хорошую базу для школьных улучшений. Без этой информации невозможно разработать реальный план энергомодернизации школьного здания. Так же в школе удобно иметь небольшой портативный электросчетчик, который помогает контролировать потребление электроэнергии отдельными электроприборами или техникой. Таким счетчиком можно измерять и контролировать энергопотребление любого электрического прибора на протяжении от 1 минуты до 10 000 часов. Кроме этого, счетчик может показывать напряжение (вольты), силу тока (амперы) и частоту тока (герцы). Школам, которые не имеют подключения к центральной электросети, системам центрального отопления или водоснабжения, полезно собирать информацию о расходе топлива для отопления и приготовления пищи. Это просто - вам нужны только количество топлива, счетчик и регистрационный журнал.

Если мы хотим сравнить энергопотребление различных школ, нам нужно рассчитать всю энергию, которую конкретная школа потребляет из разных источников в кВт. Для этого нам необходимо знать энергоемкость различных энергоносителей, а также учесть эффективность технологии выработки энергии и потери, которые происходят во время передачи энергии от источника до конечных потребителей.

**Таблица. Энергоемкость энергоносителей в кВт\*ч/кг**

<b>Технология выработки энергии</b>	<b>Энергоноситель</b>	<b>Тепловая энергия кВт*ч/кг</b>
Тепловая	Коксовый (каменный) уголь	8,3
	Бурый уголь (лигнит)	2,8
	Нефть	12,5
	Природный газ (Северное море)	10,8
	Дизель	12,9
	Биодизель	10,9
	Сухая древесина	4,4
	Влажная древесина	2,5

## ЧТО ДЕЛАТЬ?

Проект по модернизации школы - это не только установка новых окон, светильников или замена старых котлов. Это системный подход для достижения максимально возможной эффективности и энергосбережения для отдельных зданий в конкретных местных условиях. Мы должны помнить об этом, прежде чем начинать проект по модернизации школы.

Перед началом работы важно дать ответ на два основных вопроса: действительно ли мы знаем, чего хотим достичь, и готовы ли мы потратить несколько лет, чтобы осуществить все меры, которые мы выбрали в ходе планирования проекта?

Если да - то время действовать!

### **Как начать проект**

Причины, побуждающие реализовать проект по модернизации школы, уникальны в каждом случае. Но общим является желание иметь более хорошую школу. Для этого вам нужна команда единомышленников, поддержка со стороны местных органов власти и администрации школы, которые имеют полномочия по утверждению и содействию осуществлению проекта школьной модернизации. Важно привлечь к планированию и реализации проекта преподавательский состав и членов школьного совета, учащихся, представителей местного сообщества и деловых партнеров, которые могут внести огромный вклад в разработку и реализацию проекта.

#### **1. Изучите нынешнюю ситуацию**

- Сделайте быструю оценку школы, энергопотребления школы и качества внутренней среды.
- Определите основную проблему в школе.
- Проверьте, как ваша школа использует энергию и как ваша школа соответствует действующим нормативам и стандартам.

#### **2. Определите ориентиры**

- Изучите альтернативы: что другие школы уже сделали и какие лучшие примеры подойдут для такой школы, как ваша.

### **3. *Действуйте***

- Создайте план, в котором укажите, какие изменения следует произвести.
- Выберите соответствующие решения, технологии и изменения в нынешней практике по вопросам эксплуатации школьных зданий и текущего обслуживания.
- Реализуйте выбранные меры в соответствии с утвержденным графиком.

### **4. *Проверяйте***

- Сделайте мониторинг вашей работы.
- Определите, что нужно улучшить или изменить.

### **5. *Подготовьтесь к следующему этапу (см. этап 1)***

#### **Определение проблемы**

Ежегодно школы сталкиваются с проблемой, как и где сократить расходы, чтобы удовлетворить ограниченный бюджет. Увеличение затрат на энергетические услуги и потребности школы обновлять образовательные технологии создают проблемы для любого бюджета. Четкое определение проблемы является важной частью подхода «шаг за шагом». Это позволяет разработать реальный план осуществления действенных и финансово обоснованных мер по улучшению энергетической эффективности и качества внутренней среды в вашей школе.

Для выполнения этой задачи будет достаточно провести быструю оценку школы - скрининговый энергоаудит. Конечно, вы можете включить в задачи оценки широкий круг вопросов, но, в общем, будет достаточно следующего:

\* собрать информацию обо всех источниках энергии, например, электричество, газ, уголь, дрова, и т.д., которые вы используете в школе последние два-три календарных года с учетом стоимости каждого вида используемого топлива и затрат снабжения (Форма 1).

- \* создать температурную карту школы и исследовать качество внутренней среды (температуру, относительную влажность, уровень освещенности, а также концентрацию CO<sub>2</sub> как интегрального показателя загрязнения воздуха). Это может быть оценка всей школы или можно сосредоточиться на отдельных проблемных зонах.

Вы можете провести скрининг-энергоаудит собственными силами (администрация, учителя и учащиеся) или обратиться к профессиональному эксперту по энергетическим вопросам, что может оказаться дорогостоящим мероприятием. В любом случае школьники должны участвовать в процессе аудита, так как это хороший опыт и возможность обучения. Их помощь особенно полезна на этапе, когда нужно собирать информацию о ежедневном энергопотреблении и измерять энергопотребление различных электроприборов (Формы 1 и 2).

### **Профиль энергопотребления школы**

Использование энергии в школе связано, в основном, с отоплением, освещением и вентиляцией. Также в учебном процессе используют разнообразную технику. Процесс приготовления пищи в школьной столовой содержит значительные возможности для экономии и более рационального потребления энергии.

Чтобы проанализировать использование энергии в школе, сделайте следующий шаг: проведите опрос учащихся и сотрудников школы и соберите данные. Вы должны подготовить простую форму для сбора данных о потреблении энергии электрических устройств и приборов. Можете использовать портативные счетчики электроэнергии, чтобы с помощью простых расчетов рассчитать количество электроэнергии, потребляемой электрическими устройствами. Найдите информацию об энергопотреблении устройства на маркировке/заводской табличке, запишите сколько часов в день используется прибор/устройство. Если на маркировке нет

показателя мощности, вы можете рассчитать мощность по следующей формуле:  $W = V * A$ .

Полезно также провести световой аудит.

### **Форма данных 1: Профиль энергопотребления школы**

Прибор	Рабочих часов в день	Рабочих часов в неделю	Рабочих часов в год	кВт	Тариф (сум/кВт*ч)	Кол-во приборов	кВт в общем

### **Форма данных 2: Профиль энергопотребления школы**

Данные электроприбора				Дата
Класс:				Ответственный
Единица	Количество	Напряжение	Сила тока	Мощность

### **Опрос**

Опрос - это важный шаг, который может вам помочь сохранить время и усилия. Прежде всего, вы должны разработать перечень вопросов, связанных со сферами вашего интереса (например, осведомленность администрации об энергообслуживании и как они используют приборы, связанные с энергией, общее впечатление о школе, проблемы, которые могут быть связаны с текущим состоянием здания, энергосистемы здания и его энергопотребления).

Вы можете даже добавить форму опроса о «Синдроме больного здания» (см. раздел «Качество воздуха»), что может помочь выявить существующую проблему.

### **Изучение документов**

Следующий шаг - сбор данных о текущем уровне энергопотребления и качестве микроклимата в здании. Найдите чертежи школы и ее технические характеристики, планы классов. Соберите информацию из финансового отчета о



школьном оборудовании и ресурсах, использованных в течение года.

Если план здания отсутствует, то вы можете самостоятельно нарисовать схему всех частей здания, которые вас интересуют. К этому процессу полезно привлекать учащихся.

### **Визуальная оценка**

Вы должны осмотреть ограждающие конструкции здания, его внешние элементы, кровлю, водопровод, систему электроснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (если они есть).

Для быстрой оценки вы можете использовать планы и рисунки школьных помещений, где обозначьте проблемные места со своими примечаниями.

Очень полезно проводить фото-документацию обнаруженных дефектов и сопровождать снимки короткими комментариями или пометками.

### ***Ограждающие конструкции и внешние элементы***

Осмотрите наружные стены, системы окон и дверей на присутствие видимых повреждений, щелей в уплотнителе, трещин, плесени и т.п. Собрать данные вы можете с земли, доступных частей крыши и открытых окон.

### **Кровля**

Если возможно, осмотрите состояние систем кровли, дымоходов и других установленных конструкций и деталей.

### **Интерьер**

Как и в случае с ограждающими конструкциями, осмотр поможет вам оценить общее состояние потолка, стен, пола и окон.

### **Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, электро- и водоснабжения**

Полезно иметь информацию о текущем состоянии этих систем, однако для осмотра и оценки вам необходимо привлечь технический персонал школы.

Результаты визуального осмотра помогут вам правильно интерпретировать результаты технического осмотра и осмотра документов. Это позволит учесть проблемные места в плане действий для проекта школьной модернизации.

### **Температурная карта школы**

Создание температурной карты школы - простой и быстрый метод оценки температурного режима на разных участках школы. Это помогает выделить наиболее проблемные участки - информацию, которую вы можете использовать при планировании мероприятий по улучшению ситуации.

Результатом такого обследования является термографический рельеф - таблица данных, содержащая показатели температуры во всех помещениях школы в определенный момент времени. Результаты оценки можно представить в виде таблиц со значениями (см. ниже) или визуализировать на плане школы. В последнем случае все собранные данные наносятся на схематический план школы. Это удобно для быстрого понимания ситуации и может пригодиться при подготовке хорошей презентации.

Подготовьте общий план здания до начала проведения картирования. Для записи данных необходимо иметь прибор для измерения температуры, а также протокол, подобный этому:

**Таблица: Энергоаудит**

Фамилия	Время	Дата	
<b>Помещение</b>	<b>Место замера</b>	<b>Температура, °C</b>	<b>Рекомендованная температура, °C</b>
	Например, возле окна		

Как уже было упомянуто, для того, чтобы сделать температурную карту школы, необходимо измерять температуру в помещениях в конкретный момент времени. При этом желательно проводить замеры во всех помещениях

одновременно. Поскольку большинство школ не оборудованы автоматическими системами мониторинга температуры, используется метод измерения температуры обычным комнатным термометром. Это требует подготовки, согласования плана измерений и хорошей команды. К процессу сбора данных о температуре можно привлекать учеников и учителей. При измерении температуры помните, что она может отличаться на разных участках помещения или здания и зависит от времени года и от времени суток. Чтобы избежать этих ошибок, замеры лучше делать по всей школе одновременно. Важно также замерить температуру на улице и добавить ее к результатам обследования. Измерение лучше делать в жаркие и холодные дни года. Это поможет понять потребности школы в отоплении и охлаждении. Ведь обычно в школах не уделяют внимание вопросу перегрева классных комнат.

Для оценки или приблизительного обследования комнаты достаточно сделать измерения в трех точках: возле наружной стены, возле внутренней стены и в центре класса на высоте 1,5 м от пола. Не делайте замеры на расстоянии менее 1 м от стен. Термометры должны быть защищены от прямого солнечного света и излучения от обогревательных приборов. Если вы хотите получить более точные данные, вы можете провести измерения в большем количестве точек и на разных высотах: 0,25 м; 1,5 м, а также 0,25 м от потолка. В данном случае вы получите информацию о тепловом/температурном градиенте в помещении. Помните, что после установки термометра на место замера вам нужно подождать 10 минут, чтобы снять показания.

Информацию, полученную от аудиторов, сочетают и используют для создания температурной карты здания (термографичный рельеф). На общих картах информацию наносят в виде температурных значений или окрашенных температурных зон. Например, можно использовать такое цветовое кодирование *маркировки тепловой карты (Источник: IEE, 2009):*

<b>Синий</b>	На 4 °С ниже рекомендованной температуры
<b>Голубой</b>	На 1-4 °С ниже рекомендованной температуры
<b>Зеленый</b>	На 1 °С ниже или на выше 1 °С рекомендованной температуры
<b>Желтый</b>	Выше рекомендованной температуры на 1-4 °С
<b>Красный</b>	Выше рекомендованной температуры на 4 °С и больше

### **Система освещения**

Первым шагом на пути к успешному обновлению освещения в школе является аудит системы освещения. Основная цель этого аудита - проверить текущее состояние системы освещения в школьных зданиях и предоставить учащимся, администрации и общей публике информацию для эффективного контроля за энергопотреблением систем освещения в школах.

Можно самостоятельно провести аудит системы освещения. Для этого понадобится люксметр (см. выше). Он необходим для сбора информации о системе освещения. Так же необходимо уточнить, сколько установлено ламп в классных комнатах и школьных помещениях, какие светильники используются, сколько ламп выгорело, типы сенсоров и регуляторов и т.п. и уровне энергопотребления.

Используйте планы школы для нанесения информации о местонахождении светильников и размеры помещения (длина, ширина, высота потолка, площадь в м<sup>2</sup>, часы использования и т.д.). Отметьте все зоны на плане (комнаты, коридоры и т.д.). Обратите внимание, что замеры для аудита системы освещения проводятся в темное время суток. Это помогает избежать влияния солнечного света на результаты измерений. Если невозможно провести замеры в темное время суток, используйте темные экраны или плотную ткань, чтобы закрыть все окна. Обычно процесс измерения занимает до 2 часов. Вам потребуется небольшая команда минимум с двумя помощниками для записи показателей и подготовки классных комнат. Подготовьте общую

информацию о школах, действующие нормативы и требования к искусственному освещению в школах.

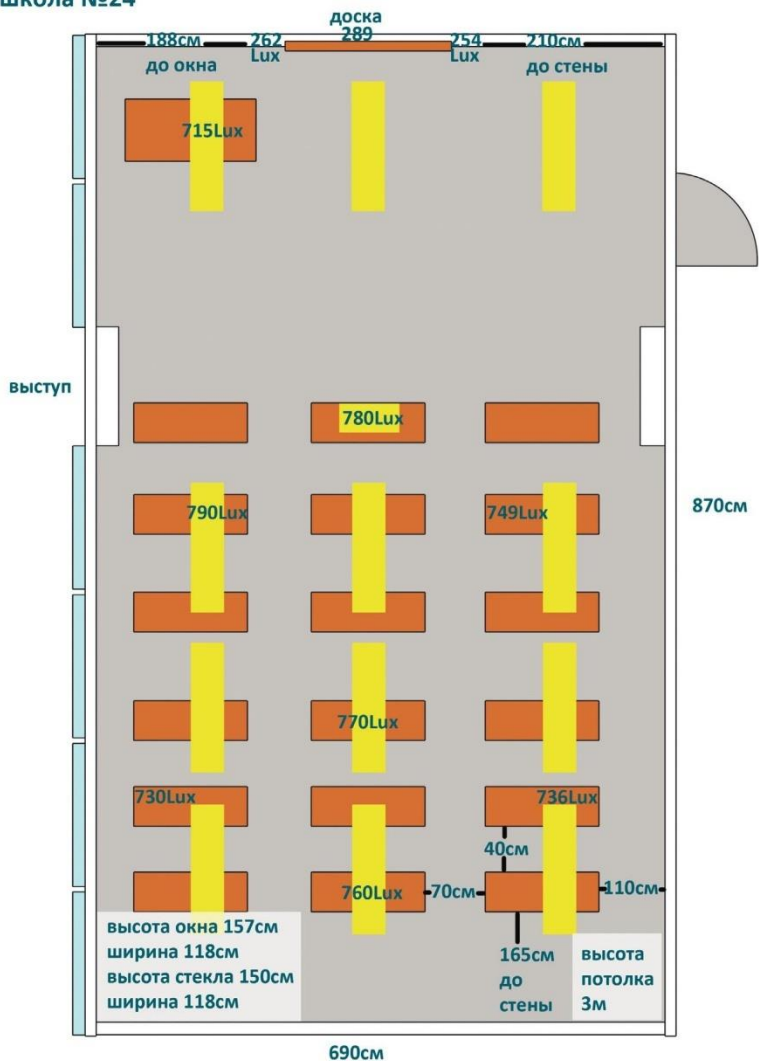
## ИНФОБЛОК

Помните, что в случае использования люминесцентных ламп, вам необходимо подождать приблизительно 10 мин после включения ламп, чтобы они разогрелись, и только потом снимать показания.

Проводить замеры искусственного освещения можно тогда, когда на улице темно или окна должны быть прикрыты. Для того, чтобы получить точные показатели, сенсор люксметра должен быть правильно расположен на рабочей поверхности. Избегайте любых замеров, когда люксметр неправильно расположен на поверхности измерения или находится в тени того, кто проводит обследование. В любом случае полезно прочитать инструкцию использования люксметра и ознакомиться с действующими нормами и правилами по измерению уровня освещенности в классах. Лучше всего, если вы будете проводить замеры на каждом рабочем месте и на доске. Стоит подготовить схему каждой комнаты или другого места, в котором вы собираетесь проверять уровень освещенности. (См. пример плана на 51 стр.) На этом плане вы должны показать все точки освещения и указать месторасположение парт, доски, окон и всей мебели, включая шкафы и поверхность потолка (например, если ли есть ригель). Это сэкономит вам много времени во время проведения замеров и поможет избежать потери полученных данных. После проведения аудита системы освещения у вас есть время проанализировать данные, сравнить их с действующими

нормами и требованиями и подготовить рекомендации.

### кабинет экологии школа №24



## ***ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕРЫ***

### **Средства и экономическая рентабельность**

Школьное здание может функционировать более 100 лет. Именно поэтому решения по улучшению теплоизоляции и других мероприятий энергоэффективности имеют долговременные экономические и экологические последствия. Мероприятия по энергосбережению экономически рентабельны тогда, когда стоимость энергии, сохраненная благодаря этим мерам, меньше, чем цена за энергию, потребленную в течение конкретного периода. Для всех элементов здания существует несколько проверенных экономически обоснованных мероприятий.

В большинстве случаев для этого необходимо, чтобы:

- \* эти мероприятия внедрялись при обновлении здания вместе с необходимыми;
- \* текущее термо-инженерное (теплоизоляционное) качество постройки было низкого качества.

К внедрению проектов по энергосбережению и энергоэффективности необходимо относиться очень тщательно, поскольку, как правило, улучшают теплоизоляцию поверхностей целого здания раз в 30-40 лет. В результате некачественно выполненного проекта (неэффективного утепления) позже может возникнуть ситуация, когда невозможно внедрять мероприятия по энергосбережению хорошего качества. Если вы реализуете проект, то выбирайте меры по улучшению энергосбережения и энергоэффективности здания наилучшего возможного качества (к примеру, нужно выбирать толстый слой изоляции, а не тонкий). В будущем это сведет к минимуму рост цены на энергию. Кроме того, использование надлежащих технических решений обеспечит положительное влияние и на другие критерии: тепловой комфорт, защиту от нарушений в энергоснабжении, общее потребление первичной энергии,

защиту климата - а не просто конечный экономический результат сам по себе.

### **Изоляция стен**

Тепловая изоляция улучшает комфорт пребывания в здании. Если система отопления недостаточно мощная, чтобы обеспечить зимой надлежащую температуру в помещениях, то надежная изоляция поможет уменьшить потребность в энергии и избежать падения температуры в здании. Вот почему, в первую очередь, нужно направлять усилия на теплоизоляцию здания.

Теплоизоляция внешних компонентов здания включает в себя:

- \* изоляцию крыши и карнизов;
- \* изоляцию внешних стен и стен, разделяющих комнаты с различными внутренними температурами;
- \* изоляцию крыши над подвалами и подъездными путями;
- \* изоляцию пола и стен, контактирующих с землей;
- \* уплотнение элементов оконных конструкций, включая реставрацию или замену столярных элементов, установку дополнительного остекления на окна, уменьшение общей площади остекления, установку теплоотражающих экранов за радиаторами.

Существует системы внешнего и внутреннего утепления стен. Не рекомендуется применять меры с утепляющим слоем на внутренней стороне конструкции. Внутренняя теплоизоляция уменьшит температуру поверхности старой стены и может привести к конденсации влаги за изоляционным слоем, что в свою очередь приведет к появлению плесени, грибка, разрушению штукатурки и уменьшению общей надежности тепловых ограждающих конструкций здания.

Значение минимальной толщины теплоизоляции не зависит от климатических поясов, так как правильная теплоизоляция не только защищает от потерь тепла, но и предотвращает перегрев школьных помещений в жарком



климате. Если возможно, необходимо изолировать наружные стены структуры, которые имеют контакт с землей (в зданиях без подвала на глубине 0,5 м под структурой; в зданиях с подвалом - до 1 метра глубины под поверхностью). При выборе материалов для теплоизоляции стен следует выбирать изоляционные материалы со сроком эффективной работы не менее 25 лет. Надлежащая изоляция может уменьшить риск повреждений структурных элементов здания. Помимо достижения адекватного уровня теплового комфорта в школьном здании теплоизоляция продлевает жизнь здания.

### Окна

Через окна потери тепла больше, чем через стены. Окна также обеспечивают поток энергии в комнату в связи с солнечной радиацией. Последняя частично снижает потребность в тепле, но в большинстве случаев это снижение меньше по сравнению с потерями. Это можно изменить с помощью специального энергоэффективного стекла.

Основная функция окна - это обеспечение притока света в помещение. А в школах без вентиляционных систем окна также являются основным источником вентиляции. Пока есть плохие окна с утечкой воздуха большей, чем поступление свежего воздуха в класс. Новые герметичные окна пропускают намного меньше свежего воздуха. Хотя это проблема системы вентиляции, а не собственно окон. С другой стороны, окна - самое слабое звено с точки зрения теплового плана здания, через которое «теряется» много тепла (18-30% тепловой энергии), а в случае низкого качества окон потери еще выше. Есть несколько способов ограничить эти потери:

- \* снижение поверхности окна;
- \* дополнительный стеклопакет;
- \* уплотнение;
- \* специальные виды стекла;
- \* шторы, жалюзи;
- \* замена окон.

Более 15% щелей приходится на оконные рамы, поэтому качество материала, из которого сделана рама, имеет решающее значение для сохранения тепловой энергии. Дефекты заполнения оконных и дверных проемов в стенах - одна из наиболее распространенных проблем, которые приводят к негативным изменениям микроклимата в помещении. Из-за трещин в структурах и проникновения сквозь них холодного воздуха, тепловая эффективность здания падает на 20 - 35%. Размеры оконных проемов тоже влияют на потери тепла: потери тепла от 1 м<sup>2</sup> оконного проема в 10 раз превышают потери тепла сквозь стены (однокамерный стеклопакет, с наполненным газом промежутком между стеклами). Среди эффективных мер улучшения тепловой эффективности стены, у которой имеются окна и дверные проемы, существуют следующие:

- \* изоляция и уплотнение щелей/зазоров по периметру оконных и дверных проемов (ППУ, пена, полосы с клеевым слоем или уплотнители из пористой мягкой резины, силикон и т.д.)
- \* дополнительное стекло или герметичные стеклопакеты (теплопотери сокращаются на 20-30%). Окна с тройным остеклением имеют лучший коэффициент теплопроводности;
- \* использование стекла с низкоэмиссионным покрытием, которое отражает тепло. Зимой это помогает уменьшить потери тепла на 30%;
- \* в местах, где не представляется возможным создать затенение, использовать окна, заполненные газом, в результате уменьшится количество попадающего солнечного тепла, и это позволит существенно сократить перегревание комнаты в летнее время;
- \* установка наружных жалюзи и ставней, чтоб снизить потери тепла и уменьшить перегрев здания летом.

### Энергоэффективные окна

Для повышения уровня теплоизоляции устанавливают пластиковые окна с энергосберегающими стеклопакетами,

которые имеют повышенные теплозащитные свойства. В конструкции таких стеклопакетов используют стекла с низкоэмиссионным покрытием.

Теплосберегающие характеристики стеклопакета с низкоэмиссионным стеклом на 60% выше, чем у кирпичной стены толщиной 54 см. Дом, построенный из таких стеклопакетов, был бы в 1,6 раза теплее, чем дом из кирпича. Другими словами применение низкоэмиссионного стекла позволяет экономить до 35- 50 % тепловой энергии, что особенно актуально на фоне неуклонного роста цен на энергоносители. Основное свойство низкоэмиссионных стеклопакетов заключается в том, что они свободно пропускают коротковолновую солнечную энергию вглубь помещения, но отражают тепловые потоки, стремящиеся наружу. Таким образом, в помещении происходит накопление тепловой энергии, проникающей через окна, а также удерживается тепловая энергия, создаваемая отопительными приборами. При этом энергосберегающие стеклопакеты имеют высокий показатель прозрачности.

Особые свойства таких стеклопакетов:

- Пропускать коротковолновую солнечную энергию и отражать длинноволновую.
- Зимой в помещении стеклопакет предотвращает потери тепла, работая по принципу термоса. Специальное «мягкое» покрытие из оксида серебра отражает длинноволновое инфракрасное излучение. В помещении становится теплее за счет того, что тепло, вырабатываемое нагревательными приборами, не теряется через стекло, а отражается обратно в помещение. Соответственно, летом в помещении прохладнее, за счет того, что «горячее» длинноволновое излучение, идущее от Солнца, отражается ТОП покрытием обратно на улицу.
- Высокая степень светопропускания, нейтральный (без оттенка) внешний вид.
- Мягкое покрытие при сохранении высокой степени прозрачности в видимой части оптического спектра

обеспечивает высокую степень отражения в инфракрасном диапазоне (95%).

- Высокие показатели по сопротивлению теплопередаче,  $R_0$ .

Для сравнения стандартное прозрачное стекло имеет коэффициент излучения 0,84 для длинноволновой части спектра, это означает, что 84% длинных волн, попадающих на поверхность стекла, поглощаются и только 16% отражается. Для сравнения стекло с низкоэмиссионным покрытием может иметь коэффициент излучения даже 0,04. Такое остекление будет излучать только 4% энергии и отражать 96% невидимого длинноволнового инфракрасного излучения.

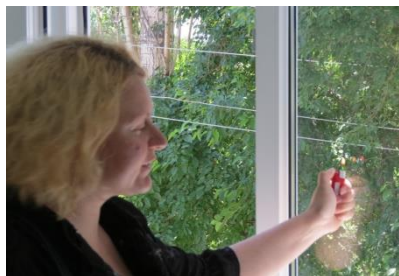
## ИНФОБЛОК

Различные типы покрытия имеют разную способность уменьшения потери из-за излучения. В основном для этого используют напыление благородными или специальными смесями с добавлением редкоземельных металлов. Изначально для напыления использовали золото. Золотое покрытие в промышленных масштабах для получения низкоэмиссионных стекол начали использовать в 70-х годах. Такое стекло было очень дорогим и действительно золотым, поэтому его использовали в престижных офисных зданиях. Сегодня стандартным и довольно дешевым решением является нанесение нескольких очень тонких слоев серебра. Нанесение защитного покрытия для достижения малого коэффициента излучения также влияет на пропускную световую способность стекла  $\varepsilon$ . При очень низком коэффициенте  $\varepsilon$  становится заметным уменьшение количества света. Поэтому для школьных окон мы не рекомендуем  $\varepsilon$  ниже 0,037.

Низкоэмиссионное покрытие является незначительными дополнительными расходами при инвестировании в новые окна / остекление. Именно поэтому его нужно всегда применять в

новых системах. И все же большинство дистрибьюторов не информируют клиентов об этом варианте, а бывает, и сами о нем не знают.

### **Как проверить, есть ли в стеклопакете низкоэмиссионное напыление?**

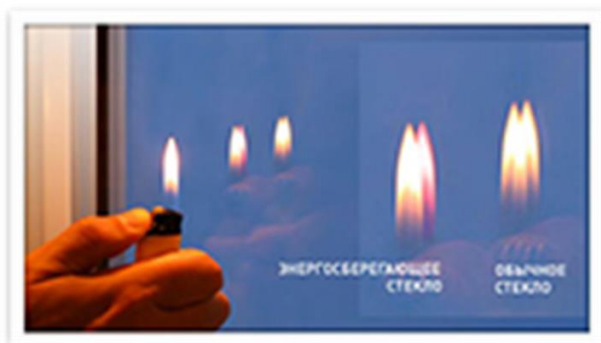


Самый простой и доступный метод определения энергосберегающего стеклопакета - это метод «свечи». Метод основан на том, что отражение пламени свечи (спички, зажигалки и т.д.) от поверхности с покрытием имеет более светлый

оттенок против отражения от поверхности без покрытия. Для определения поверхности с покрытием необходимо на расстоянии около 10 см от поверхности низкоэмиссионного стекла расположить пламя свечи (спички, зажигалки и т.д.) и наблюдать отражение пламени от двух поверхностей стекла. Один из язычков пламени в отражении должен иметь розово-фиолетовый цвет.

Конечно, лучше этим методом пользоваться, когда поверхность стеклопакета защищена от попадания прямых

солнечных лучей, а еще лучше в темное время суток.



## **Крыша**

Одним из важнейших элементов здания, который требует очень качественной теплоизоляции, является крыша.

Хорошая изоляция крыши может уменьшить потери тепла в отопительный сезон на 30-40%, а также обеспечить более комфортные условия летом. Особенно важным вопросом является теплоизоляция деревянного потолка верхнего этажа школ в сельских регионах. Необходимо отметить, что существуют различные варианты теплоизоляции крыши, от которых зависит, сможете ли вы ходить по крыше или нет. В случае с неровными площадями поверхностей или узкими промежутками между потолком и крышей уместно просто заполнить пространство теплоизоляционным материалом. Крышу с крутым наклоном можно хорошо изолировать, устанавливая теплоизоляцию между стропилами - что означает меньшие расходы. Если предыдущего слоя теплоизоляции было недостаточно, между стропилами можно снова проложить дополнительный слой. Пароизоляцию, которая защищает от влаги, можно установить под слоем или между слоями теплоизоляционного материала.

Если до крыши нет доступа снизу, или высота пространства между потолком и полом чердака мала для установки теплоизоляции надлежащей толщины, вы можете установить новый слой теплоизоляции над стропилами. При отсутствии «теплого» чердака лучшим решением будет теплоизоляция плиты перекрытия потолка верхнего этажа. В обоих случаях рекомендуется, чтобы толщина слоя изоляции была не менее 0,2 м.

## **Подвал / Нижний этаж (цокольный этаж)**

Часто на теплоизоляцию подвала не обращают достаточного внимания. Но именно здесь, при наличии подвала, проведя незначительные инвестиции, можно достичь значительного сохранения тепла, поднять температуру комнат,

находящихся над подвалом, и повесить в них уровень комфорта. Для изоляции потолка подвала или цокольного этажа рекомендуется применять изоляцию с толщиной не менее 10 см. Бывают случаи, когда возможность установить дополнительную теплоизоляцию ограничивается высотой помещения. Однако лучше иметь хоть немного изоляции, чем вообще никакой. Существенный эффект дает даже слой изоляции толщиной в 3 см. Особенно при применении современных теплоизоляционных материалов.

### **Тепловые мосты (мостики холода)**

В идеале изоляция должна создавать герметичный ограждающий слой в ограждающих конструкциях всех участков здания с комнатами, которые отапливаются. На практике же проблемы возникают на месте стыка различных отдельных структурных элементов, где пробелы в теплоизоляционном слое создают «тепловые мосты» - места, через которые тепло практически без каких-либо преград покидает здание. Через «тепловые мосты» мы теряем не только тепло. Есть риск образования очень низкой температуры внутренних поверхностей определенных компонентов и, как следствие, образование конденсационной влаги в помещении и плесени на стенах и в местах расположения «тепловых мостов».

В старых школьных зданиях не всегда возможно избавиться от «тепловых мостов». Однако надлежащая изоляция во многих случаях может уменьшить их негативное влияние. В таких местах (на стыках различных элементов здания) применение изоляции также допустимо, но имеет свои ограничения. Поэтому при планировании утепления необходимо обращать внимание на следующее:

- \* Возможно ли полностью избежать «тепловых мостов»?
- \* Изоляционные слои различных элементов здания на стыке должны полностью соединяться либо перекрываться (например, изоляция внешней стены и изоляция скатов крыши).

- \* При соединении изоляционных слоев на местах стыка слои должны переходить друг в друга по средней линии (например, лучшее место для окон - центр изоляционного слоя внешней стены). Существует более дорогая альтернатива: изоляционные слои заходят один в другой (перекрывание изоляционных слоев).
- Угол соединения внешних элементов здания должен быть тупым. Угол меньше  $90^\circ$  создает лучшие условия для «тепловых мостов».

Участки, где чаще всего встречаются «тепловые мосты»:

- \* места соединения стен и плиты пола/ подвала;
- \* места соединения стены и крыши. Система утепления крыши должна быть скомбинирована, по возможности, с системой утепления стен;
- \* внешние стены и внутренние перекрытия этажей. С помощью внешней изоляции стен можно полностью избавиться от «тепловых мостов». И, наоборот, с внутренней изоляцией влияние «тепловых мостов» усиливается. Мерой против этого можно считать дополнительную изоляцию элементов здания с внутренней стороны дома толщиной не менее 0.5-1.0 м;
- \* оконные проемы. «Тепловые мосты», как правило, находятся в оконной раме и на стыке окна и стены.
- \* выступающие элементы. Во время изоляционных работ лучшим решением будет ликвидировать все выступающие элементы на стене, дополнительные внешние элементы, выступы на наружной стене.

Используя надлежащие технологии, можно предотвратить появление многих «мостиков холода» или, по крайней мере, можно уменьшить их эффект. Фундаментальное правило: «мостики холода» или «тепловые мосты» можно игнорировать, только если в наличии равномерный закрытый слой изоляции, которая покрывает весь дом: изоляционная оболочка должна покрывать здание полностью, без



промежутков, и изоляция должна быть высокого качества. К сожалению, на практике это не всегда применимо.

### **Система обогрева/отопления**

Недостаточная теплоизоляция системы распределения горячей воды или ее отсутствие приводит к значительной потере тепла. Если трубы проходят через неотапливаемое помещение (например, подвал), их изоляция может привести к значительной экономии средств. В современных системах отопления предпочтение отдается более низким температурам. Как правило, в стандартной двухтрубной системе температура потока выбирается в зависимости от температуры окружающего воздуха (максимальная температура в самый холодный день варьируется от 55 до 70 °С). Низкие температуры могут уменьшить потери тепла в распределительных сетях, и они необходимы для эффективной работы конденсационных котлов, насосов и двигателей, работающих на солнечной энергии.

Большое значение для экономии ресурсов имеет технический контроль температуры. Для этого батареи должны быть оснащены термостатическими клапанами. Эффективным стимулом для экономии ресурсов является мониторинг потребления ресурсов и расчет стоимости тепла на основе данных со счетчиков.

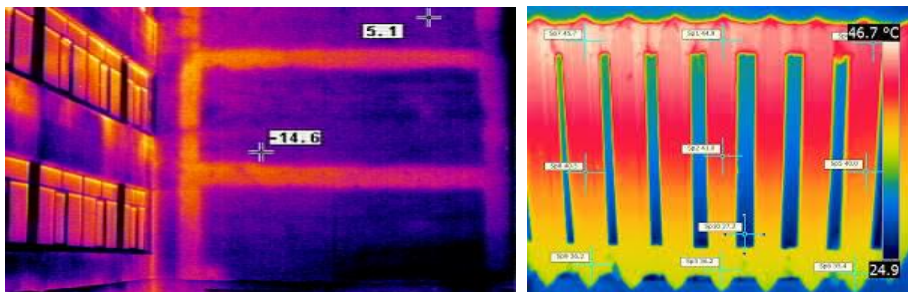
Необходимо также рассмотреть ресурсы, потребляемые насосами системами горячего водоснабжения и отопления. Тщательное планирование гидравлических условий распределительной системы и ее коррекции после изоляционных работ очень важно, чтобы уменьшить энергию, которая необходима для насосного оборудования при создании надлежащих условий для теплового комфорта в здании. В качестве временного и быстрого решения можно использовать отражающую изоляцию за радиаторами.

В зданиях с бетонными или кирпичными стенами с ограниченной изоляцией тепло от радиаторов будет частично поглощаться стенами. Можно уменьшить эту потерю тепла,

помещая тонкий отражающий слой изоляции позади радиаторов.

## Теплоотражающий экран для энергосбережения

На снимках, сделанных в инфракрасном свете, наши дома и школы пестрят красными пятнами.



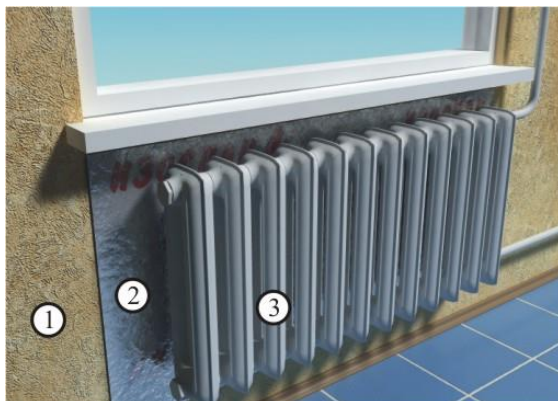
Это тепловое излучение участков стен, расположенных за радиаторами отопления.

Тепло представляет собой такое же волновое излучение, как и свет, только с другой длиной волны, не видимой глазу человека – инфракрасное излучение. Волновая структура теплового излучения определяет и свойства распространения тепла, а именно, его способность отражаться от определенных поверхностей. В частности, отражение тепла со значительным коэффициентом эффективности происходит от гладких металлических поверхностей.

В большинстве случаев, отопительные приборы монтируются под окнами для компенсации распространения холодного воздуха от наружных стен. Такое расположение нагревателей приводит к тому, что батарея греет как само помещение, так и холодную стену. Причем, в результате конвекции воздушных потоков за радиатором, создается парадоксальное обстоятельство – на теплообмен с внешней средой (прогрев стены и улицы за ней) энергии, в процентном отношении, расходуется больше, чем на обогрев внутреннего

помещения. Когда радиатор смонтирован в нише, батарея затрачивает еще большую часть своей мощности на обогрев, поскольку ниша тоньше, чем стена и меньше защищает от холода. В такой ситуации значительно поможет использование теплоотражающих экранов.

1. Стена
2. Отражающий экран
3. Нагревательный элемент



Название «отражающий экран» – говорит само за себя – функции такого элемента конструкции заключаются в отражении определенного типа энергии.

Теплоотражающие экраны используются для уменьшения теплопотерь и повышения эффективности нагревающих элементов – батареи, радиаторы, конвекторы, рефлекторы и пр. Отражающие экраны располагаются с «обратной» стороны радиатора, т.е. с той стороны, в которую Вы желаете ограничить распространение тепла. Металлизированная сторона теплоотражающего экрана обращена к нагревательному прибору (батарее), отражая тепло в виде теплового излучения к помещению, тем самым увеличивая КПД нагревателя.

В качестве таких экранов используются материалы с низким коэффициентом теплопроводности (около  $0,05 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$ ), например, пенофол - вспененная основа с односторонним фольгированием. Обычная фольга в таких целях будет работать неэффективно, т.к. фольга – это металл и он нагреется, так же как и батарея, и в результате контакта со стеной передаст тепло

стене. Поэтому между фольгой и стеной обязательно должна быть прослойка небольшой толщины из материала с низкой теплопроводностью. Именно все эти свойства сочетаются в таких материалах как порилекс с фольгой или пенофол, фольгопласт, изофол. Причем толщина экрана должна быть 3-5 мм.

Также отражатель тепла за батареей можно изготовить из рулонного пенопласта. Это трех миллиметровый материал, который создан специально для перенаправления тепла внутрь помещения.

Самым распространенным и дешевым материалом для изоляции, считается вспененный полиэтилен. 4 мм этого материала заменяет 10 см слой минеральной ваты. Полиэтилен изолирующим слоем крепится к стенке, а стороной с фольгой к отопительной батарее.

90 % тепла отражается от фольги, а слой теплоизоляции затрудняет потерю тепла. Для достижения наибольшего эффекта и сохранения тепла можно применить двустороннее фольгирование, то есть изолирующий материал будет средним звеном, а наружные стороны материала изготовлены из фольги, но это лишнее. Возможны и другие типы подобных материалов.

Крепят такой материал клеем, но будет лучше, если под таким экраном будет слой воздуха, который заменит теплоизолятор. Для этого применяют решетку, на которую крепят лист экрана, а толщина рекомендуемого слоя 10 мм.

Отражающие экраны за батареей укладываются с обязательным зазором в 4-5 см между отражающей поверхностью и источником тепла. Меньший зазор не обеспечит необходимой конвекции воздуха. А расположение отражающего экрана за радиатором с большим удалением от поверхности нагревателя резко снижает коэффициент отражения. Теплоизоляцию желательно располагать ближе к наружной поверхности стены.

Отражающий слой должен быть обращен в сторону источника тепла. Стыки полотнищ отражающего экрана за

радиатором рекомендуется приклеить металлизированной клейкой лентой.

Экран можно прикрепить к стене с помощью обычного двустороннего скотча, или с помощью степлера – к деревянной рейке. Размер экрана должен несколько превосходить проекцию прибора на участок стены.

Энергосбережение достигается за счет сокращения потребности в тепле для отопления помещений и оценивается при установке чугунных секционных радиаторов и конвекторов с кожухом в 2%, конвекторов без кожуха в 3%, стальных панельных радиаторов - в 4% от теплоотдачи прибора.

При отсутствии теплоотражающего экрана возможный перерасход тепловой энергии может составлять 5-7% от всей теплоотдачи прибора. Теплоотражающий экран за радиатором отопления полностью изолирует стены от нагрева, тем самым понижая потери тепла. Установив теплоотражающий экран за радиатор отопления, можно повысить температуру внутри помещения, как минимум на 1-2 градуса.

### **Вентиляция**

Вентиляция комнаты - это удаление использованного воздуха и подача свежего воздуха извне. Приблизительно 25-36% генерируемого тепла тратится на вентиляцию. Правильная вентиляция очень важна для удаления примесей, таких как двуокись углерода (углекислый газ), водяной пар и различные запахи. К последствиям плохой вентиляции относятся:

- \* быстро возрастающее количество углекислого газа и паров воды, снижение концентрации кислорода. Содержание углекислого газа в количестве 1% приводит к ухудшению здоровья и усугубляет дыхание, увеличение концентрации представляет угрозу для жизни;
- \* водяной пар (при недостаточной вентиляции) приводит к увеличению влажности, что создает благоприятные условия для развития плесени и грибков.

Определенный уровень воздухообмена необходим для комфорта и вытяжки влаги, которая всегда возникает из-за

процессов жизнедеятельности (наличие растений, дыхание, использование ванной комнаты и т.д.). Вентиляция должна находиться под контролем уполномоченных работников школы. Во время вентиляции следует избегать избыточного тепловыделения, а также создания неконтролируемых воздушных потоков в связи с наличием трещин в стенах здания. Эти трещины могут стать местом накопления влаги, что приводит к большому повреждению здания. Здание должно быть герметичным и воздухообмен должен происходить через оборудованные каналы - воздухопроводы. Вентиляция обычно осуществляется путем периодического открывания окон. Воздухообмен за счет естественного прохождения воздуха сквозь щели в окнах или фрамуге отличается от того, что происходит за счет полчасового открытия окна в зависимости от различий между температурой внешнего воздуха и температурой воздуха в комнате, силы ветра и его направления, а также от расположения отверстий (окон, дверей) в школьном здании. В классах, как правило, нет возможности контролировать или регулировать воздухообмен. Из-за этого в определенное время и в определенных зонах качество воздуха очень плохое, а связанные с воздухообменом потери тепла очень высоки.

Для обеспечения нормального уровня воздухообмена рекомендуется использовать систему механической/принудительной вентиляции. Даже одна такая система способна обеспечить вытяжку воздуха из кухни и туалетов, пока свежий воздух поступает в классы через трещины и отверстия, что значительно улучшает качество воздуха. Вентилятор требует регулируемый объем воздуха (около 30 м<sup>3</sup>/час на человека), согласно которому и рассчитывается потребность в тепле. Следует отметить, что потребляемая мощность вентилятора должна быть как можно меньше. Такое устройство является хорошей (с точки зрения гигиены) инвестицией в качество воздуха; оно может быть рекомендовано для решения проблемы с влажностью в помещении и строительными повреждениями во всех типах зданий. Кроме того, механический воздухообмен

может уменьшить потери тепла. Для этого используется рекуперационная установка, которая позволяет сохранить от 60 до 80% тепла, которое накапливается в воздухе.

Количество потребляемой энергии и возможности его снижения в значительной степени зависят от правильной работы системы вентиляции. Если есть существенные проблемы в ее работе, например нарушение герметичности воздуховодов, потери тепла даже в изолированном здании могут достигать 30%.

Плохо установленная вентиляция и нарушение теплового режима является причиной образования темных влажных пятен на стенах и в области потолка. В случае недостаточной внутренней температуры влага конденсируется, что приводит к образованию плесени и последующего разрушения стен и потолка. Зимой вентиляционные каналы, особенно в школах с естественной вентиляцией, рекомендуется закрывать частично, или если это возможно – целиком.

### **Системы освещения**

Меры по модернизации освещения имеют наименьший срок окупаемости, если только не требуется замена ламп и выключателей. В противном случае – замена арматуры, проводки и ремонтные работы в классах значительно увеличат затраты на выполнение работ по реконструкции системы освещения. Однако, учитывая общее изношенное состояние этих систем в старых школах - это оправданное и разумное решение.

Устаревшие системы освещения дают плохое освещение, которое не отвечает современным стандартам уровня комфорта, коэффициента световой пульсации и шума. Они также имеют высокий уровень потребления энергии, который приводит к многочисленным случаям, когда экономия энергии осуществляется за счет отключения «ненужных» точек освещения или же устранением некоторых ламп. Такое «энергосбережение» абсолютно неприемлемо и нарушает существующие стандарты освещения учебных кабинетов и правила эксплуатации электроустановок в школах. Аналогичный

метод – уменьшение мощности источников света, ламп. То есть, когда лампы в светильниках заменяют на лампы с мощностью на 30-50% ниже, чем рекомендовано в проектировании системы освещения. Автоматические системы или датчики почти не используются для управления системой освещения. Лампы включаются вручную, при этом отсутствует контроль интенсивности освещения в соответствии с уровнем естественного освещения.

Использование современных систем освещения устраняет технические проблемы, которые присущи устаревшему освещению (мелькание, жужжание и позвякивание). Старые системы являются причиной повышенной утомляемости зрения, общего снижения благосостояния, в то время как современные системы не имеют этих недостатков и даже улучшают процесс обучения. Анализ стандартных показателей для учебных кабинетов показывает, что среднее количество светильников в стандартном классе (40-60 м<sup>2</sup>) составляет приблизительно 8-12 штук. Как правило, в это число входят одна или две ассиметричные лампы для освещения досок. Даже частичная замена элементов проводки оказывает положительное влияние и расширяет срок службы всех элементов современных систем освещения. Современные системы освещения потребляют не более 3 Вт/м<sup>2</sup> на 100 люкс освещения на уровне рабочей поверхности. Поэтому при достижении нормативных уровней освещения на уровне как минимум 300 люкс современная система освещения потребляет менее 9 Вт/м<sup>2</sup>. В то же время результаты практических исследований в школах показывают крайне высокие уровни потребления энергии системой освещения в школах, достигающих нередко 30 Вт/м<sup>2</sup> и более.

Использование современных светильников с трубчатыми люминесцентными лампами и электронных балластов является экономически целесообразным, доступным и оправданным решением с точки зрения соблюдения соответствующих условий освещения в классах.

Для модернизации систем освещения в классных комнатах будет очень полезно использовать



специализированную компьютерную программу для светотехнического расчета.

Основной задачей светотехнических расчётов для искусственного освещения является определение требуемой мощности электрической осветительной установки для создания заданной освещённости.

В светотехническом расчете можно решить следующие вопросы:

- выбор системы освещения;
- выбор источников света;
- выбор светильников и их размещение;
- выбор нормируемой освещённости.

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение помещений оказывает положительное воздействие на находящихся там людей, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

## ПОСЛЕСЛОВИЕ

Данный список мер по улучшению энергоэффективности и энергосбережения в школьных зданиях призван показать основные аспекты, на которые должны обратить внимание лица, принимающие решения в проектах, направленных на комплексную теплоизоляцию общественных зданий.

Предложенные меры по улучшению внутреннего климата и снижения минимального потребления энергии в школьных зданиях основаны на общедоступных технологиях и материалах. Наша цель – указать на методику и правила их применения. Мы надеемся, что это поможет повысить осведомленность руководителей и поставщиков относительно основных принципов повышения энергоэффективности школьных зданий, а также избежать ошибок в осуществлении мер с ограниченным воздействием на климат в помещении и энергопотреблении.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### ***ТЕПЛОВОЙ КОМФОРТ***

1. Hensen JLM. On the thermal interaction of building structure and heating and ventilating system. PhD thesis, Technische Universiteit Eindhoven.
2. ANSI/ASHRAE Standard 55-2010 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
3. ISO 7730:2005(E).
4. European Collaborative Action Urban air, Indoor Environment and Human Exposure, Environment and Quality of Life Report No 23 Ventilation, Good Indoor Air Quality and Rational Use of Energy, 2003).
5. (ASHRAE, 2004).
6. ASHRAE Standard 55-2010 (LINK) - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (ANSI Approved). This standard specifies the combinations of indoor space environment and personal.
7. Naturally ventilated classrooms: An assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children, Energy and Buildings, Volume 53, October 2012, Pages 166-182 Despoina Teli, Mark F. Jentsch, Patrick A.B. James.
8. Wargocki et Wyon (2006).
9. Thermal comfort Fergus Nicol 1999.

### ***КАЧЕСТВО ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ***

1. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants, 2010.
2. Ventilation systems and IAQ in school buildings, Elvira Ianniello (Ph.D.), HVAC Journal, 02/2011).
4. Indoor Environment and Energy Efficiency in Schools, Part 1 Principles, REHVA, 2010EFA report 'Indoor Air Pollution in Schools', 2001.

5. Methods for monitoring indoor air quality in schools, © World Health Organization 2011.
6. “Health-Based Ventilation Guidelines for Europe (HealthVent)”: HealtVent Project Report WP4 - Health and Ventilation: review of the scientific literature,- 2012.
7. HealtVent Project Report WP5,2012.
8. Wargocki et al., 1999; Wargocki et al., 2000.
9. Indoor Environment and Energy Efficiency in Schools, Part 1 Principles, REHVA, 2010.
10. HEALTHVENT: Health-Based Ventilation Guidelines for Europe. Work Package 5 “Existing Buildings, Building Codes, Ventilation Standards and Ventilation in Europe, The Final Report”.-172.-2012.- Brussels.
11. Methods for monitoring indoor air quality in schools, © World Health Organization 2011 видалений текст.
12. Demand-Controlled Ventilation Using CO2 Sensors.- FEMP. - 2004.- 26.p
13. “Health-Based Ventilation Guidelines for Europe (HealthVent)”: HEALTH VENT WP 5.
14. EN 13779: Ventilation for buildings. Performance requirements for ventilation and air-conditioning systems.
15. Building Bulletin 101 Ventilation of School Buildings Regulations Standards Design Guidance, Version 1.4 – 5th July 2006.
16. EN 13779: Ventilation for buildings. Performance requirements for ventilation and air-conditioning systems. Source: <https://www.educate-sustainability.eu/kb/content/ventilation-air-quality#tabset-tab-4>
17. ДБН В.2.2-3-97. - Укрархбудінформ. – Київ, Україна.
18. Санитарные нормы и правила «Требования для учреждений общего среднего образования».- Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 27 декабря 2012 № 206.
19. ДСанПіН 5.5.2.008-01. - Київ, Україна.

## ***ВЛАЖНОСТЬ***

1. Trotman, Peter; Chris Sanders and Harry Harrison. Understanding Dampness. BR466. Building Research Establishment. ISBN 1-86081-686-X.
2. WHO guidelines for indoor air quality : dampness and mould. World Health Organisation. ISBN 978-92-890-4168-3.
3. <http://www.npl.co.uk/publications/good-practice-online-modules/humidity/hygrometers/psychrometer/>
4. IAQ Tools for Schools. - EPA 402-K-95-001 (Tird Edition) January 2005.- 98p.
5. ECA (European Collaborative Action on, “Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure”), 2003.
6. Ventilation, Good Indoor Air Quality and Rational Use of Energy, Report No 23. EUR 20741 EN. Luxembourg: Ofce for Ofcial Publications of the European Communities Building Bulletin B 101.
7. WP5: Existing Buildings, Building Codes, Ventilation Standards and ventilation in Europe.- Health-Based Ventilation Guidelines for Europe, HealthVent Project.
8. EN 15251 :2007 (E).

## ***ОСВЕЩЕНИЕ***

1. Te Indoor Environment Handbook: How to Make Buildings Healthy and Comfortable by Philomena M. Bluysen, 2009.
2. Guidebook on Energy Efcient Electric Lighting for Buildings IEA - International Energy Agency ECBCS - Energy Conservation in Buildings and Community Systems Annex 45 - Energy Efcient Electric Lighting for Buildings. Aalto University, School of Science and Technology Department of Electronics Lighting Unit, - Espoo, 2010 – 40p.
3. СанПиН 2.4.2.002-03. Гигиенические требования к условиям обучения школьников в различных видах современных общеобразовательных учреждений. Кыргызстан.
4. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению

индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 20 с.

5. Справочная книга по светотехнике. Под редакцией Ю.Б. Айзенберга. М.: Знак, 2006.
6. Аветисов Э.С. Близорукость. М.: Медицина, 2002.
7. Брошюра немецкого Общества светотехников (FGL) «Хорошее освещение учебных заведений». № 2. М.: Знак, 2007.
4. Good Lighting for Schools and Educational Establishments, bulletin #2, Fördergemeinschaft Gutes Licht.
5. Code for Lighting - Society of Light and Lighting, the Institution of Lighting Engineers
6. The Lighting Industry Federation – 2002. – 130 p. - ISBN 075065637 9.
7. Alliance for Solid-State Illumination Systems and Technologies (ASSIST). 2012. ASSIST recommendations: Flicker Parameters for Reducing Stroboscope Effects from Solid-state Lighting Systems. Vol. 11, Iss. 1. 5.
8. Energy Effective Lighting for Classrooms: combining quality design and energy efficiency - 2002, Northeast Energy Efficiency Partnerships, Inc.
9. Energy-Efficient Lighting - NV Energy, Troy, N.Y.: Lighting Research Center.
10. 190:2010: Calculation and Presentation of Unified Glare Rating Tables for Indoor Lighting Luminaires. – CIE . - ISBN 978 3 901906 87 9.
11. Indoor Environment and Energy Efficiency in Schools, Part 1 Principles, REHVA, 2010.

### ***ЧТО ДЕЛАТЬ***

1. Building Bulletin 101 Ventilation of School Buildings: Regulations Standards Design Guidance, - Version 1.4 – 5th July 2006. - ISBN 011-2711642.
2. Do Indoor Pollutants and Thermal Conditions in Schools Influence Student Performance? A Critical Review of the Literature.- Mark

- J. Mendell, Garvin A. Heath, Indoor Air Journal, vol. 15, pp. 27-32, 2005.
3. Довідник «Енергозбереження в Україні: проблеми, практика, перспективи». Київ - 2004, 144 с.
  4. Health & Safety Briefng: High Temperatures. - NUT, - Feb 2010, - pp. 1-2.
  5. Window Technologies: Low-E Coatings ( <http://efcientwindows.org/lowe.php>).



Norges  
Naturvernforbund

Friends of the Earth Norway



SPARE это образовательная программа, которая предоставляет учителям поддержку в преподавании тем, связанных с изменениями климата, энергией, а также с одним из наиболее важных решений — энергоэффективностью. Наша цель — предоставить молодому поколению знания, которые нужны им для того, что бы избежать опасных изменений климата. Вы можете узнать больше о наших образовательной деятельности на международном сайте проекта [www.spareworld.org](http://www.spareworld.org).



SCHOOL PROJECT

**SPARE**

SIMPLY SAVING THE PLANET