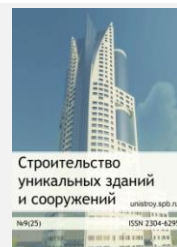




Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Анализ проекта мультикомфортного дома ISOVER

А.В. Нефедова¹, Д.Е. Чернышев², Д.Н. Цейтин³

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет», 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

Информация о статье

УДК 69.001.5

Статья о новом оборудовании, материалах, технике и технологиях

История

Подана в редакцию 6 июня 2014
Принята 6 октября 2014

Ключевые слова

проектирование школы, энергетическая эффективность зданий, потолочные панели, солнечные коллекторы, коэффициент компактности, энергосберегающие технологии, удельный расход тепловой энергии, ИзOVER, Зэндер;

АННОТАЦИЯ

При проектировании общеобразовательных учреждений важно строго соблюдать все действующие нормы и правила строительства таких ответственных объектов. Современные школы, университеты и детские сады должны одновременно обеспечивать и комфортное обучение, и эффективно использовать все свои площади, и быть особенно надежными и безопасными, ведь речь идет о пребывании большого количества детей и подростков. В статье проведен анализ формы, основных архитектурно-планировочных решений, а также проведены расчеты по изучению способов повышения энергоэффективности здания. Проведен учет важных особенностей проектирования школ: планировка и компоновка помещений школы должна соответствовать требованиям к эргономичности, практичности и общему составу помещений школы; для безопасности, этажность школы не должна превышать трех этажей, в нашем случае, было запроектировано два этажа. Предусмотрен культурно-зрелищный блок и блок для занятий спортом. К проекту были применены важные составляющие энергосбережения, такие как использование компактности оболочки здания (низкий коэффициент компактности), использование альтернативных источников энергии и подогрева. Приведены необходимые расчеты для использования солнечных коллекторов для нагрева воды.

Содержание

Введение	74
Обзор литературы	74
Цель и задачи	74
Описание исследования	75
Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление	76
Теплотехнический расчет	77
Относительные пространственные характеристики здания	77
Расчет энергетических показателей	77
Энергосберегающие технологии	78
Применение потолочных панелей ZEHNDER	78
Применение тепловых коллекторов.	80
Выводы	82

1

Контактный автор:

+7 (931) 369 3893, anyanefedova94@mail.ru (Нефедова Анна Владимировна, студент)

2

+7 (911) 903 6311, zumzumzzz15@yandex.ru (Чернышев Дмитрий Евгеньевич, студент)

3

+7 (921) 909 5171, dm.inco@gmail.com (Цейтин Дмитрий Николаевич, ведущий инженер)

Введение

Архитектура школьных зданий в настоящее время находится в процессе поиска новых подходов к проектированию. Разработка теоретико-прикладных основ формирования школы нового типа, обеспечивающей устойчивость и эффективность образовательного процесса в постиндустриальных условиях развития российского общества, должна осуществляться на основе современных подходов устойчивого развития.

Также, одна из важнейших тем настоящего времени — экономия энергии.[1–2] Люди ищут все новые и новые пути для сохранения и повторного использования природных ресурсов, с каждым годом добиваясь лучших результатов.

Компания ISOVER [3] способствует этой борьбе человечества, не только создавая изоляционные материалы, но и ежегодно организовывая интернациональные конкурсы по проектированию мультикомфортных зданий, в которых максимальный комфорт сочетается с безупречной функциональностью.

Здесь рассматривается проект «умной» школы для турецкого города Газиантеп: описаны архитектурные, конструктивные решения проектируемого здания школы.

При проектировании и строительстве здания, основанного на принципах устойчивого развития, одним из важнейших требований является не только соответствие стандартам экологичности и энергоэффективности сегодняшнего дня, но и ближайшего будущего, а также возможностям безотходной утилизации морально устаревшего здания. Наряду с энергетической оптимизацией понятие устойчивое развитие предполагает, и широкий спектр экологических мер, таких как: хорошо обдуманый выбор материалов и строительных технологий, вторичное использование материалов, сокращение «серой энергии», бережное обращение с ресурсами и водным балансом, демонтаж не пропускающих воду материалов на окружающей территории, применение возобновляемых источников энергии. Использование системного подхода в разработке теоретических моделей школьного здания нового типа позволяет облегчить проектирование гибкого и адаптивного здания, моральное старение которого приближается к срокам его физического износа.

Обзор литературы

Исследованием энергоэффективности зданий и сооружений занимались как отечественные, так и зарубежные авторы. В частности, имеются исследования энергоэффективности бюджетных зданий [6]. Авторы статьи [12] вывели зависимость теплопотерь здания от его формы, введено понятие «коэффициент компактности». В статьях [11-12, 13-14] проанализирована роль ограждающих конструкций для экономии тепловой энергии. Информация о солнечных батареях и коллекторах была получена из статей [19, 21].

В своей статье «Учет формы при оценке теплозащиты оболочки здания» Корниенко подчеркивает, что при недостаточной компактности здания или при его более развитой поверхности ввиду необходимости подчеркивания его выдающегося архитектурного облика. Для обеспечения требуемого уровня энергопотребления проектируемого здания, дополнительные потери тепла, связанные с этими обстоятельствами, необходимо компенсировать, в том числе за счет выбора ограждающих конструкций с более высоким уровнем теплоизоляции.

В свою очередь Горшков А. С., Немова Д. В., Ватин Н. И в статье «Формула энергоэффективности» говорят, что способом уменьшения удельных затрат тепловой энергии здания является создание архитектурного его облика с минимумом выступающих частей. Все выступающие части здания, как например, эркеры, ниши, ризалиты, пилястры, апсиды, сандрики, выносные плиты и др., увеличивают отношение площади поверхности наружных ограждающих конструкций к строительному объему здания и тем самым увеличивают расход тепловой энергии на отопление в течение отопительного периода.

Цель и задачи

Цель - проектирование школы 21 века. Школа должна быть современной, чтобы с детства прививать детям чувство стиля, должна нести в себе креативность и устойчивость, и в то же время, создавать в себе особый микроклимат [4–7], и в то же время, использовать в себе энергоэффективные ресурсы и оптимизировать теплопотери [8–11].

Для этой цели были сформулированы следующие задачи [12]:

- создание здания, которое иллюстрирует свое назначение;
- выбор оптимальной формы зданий, характеризующейся пониженным коэффициентом;
- компактности и обеспечивающей минимальные теплопотери в зимний период и минимальные теплопоступления в летний период года;
- выбор оптимальной ориентации зданий по сторонам света, с учетом господствующего направления ветра в зимний период, с целью нейтрализации отрицательного воздействия климата на здания и его тепловой баланс;
- сокращение площади наружных ограждающих конструкций путем уменьшения периметра наружных стен за счет отказа от изрезанности фасадов, выступов, западов и т.п. «архитектурных проемов»;
- максимальное остекление южных фасадов и минимальное остекление северных фасадов зданий.

Также, целью было создание «Мультикомфортного дома». Концепция «Мультикомфортный дом ISOVER» была разработана несколько лет назад совместно Институтом пассивного дома города Дармштадта (Германия) и теплоизоляционным подразделением ISOVER группы «Сен-Гобен». С тех пор компания построила уже десятки таких зданий в Европе.

В таком доме на отопление ежегодно будет тратиться менее 15 (кВт*ч) /м². Низкий расход энергии обеспечивается благодаря сокращению теплопотерь за счет применения:

- массивного непрерывного теплоизоляционного слоя по всему наружному контуру здания;
- герметичной оболочки по внутреннему контуру здания;
- утепленных оконных профилей и эффективного остекления;
- системы вентиляции с рекуперацией тепла.

Невыполнение, какого-либо из этих четырех условий недопустимо и сводит на нет все условия по сокращению энергопотребления здания.

Описание исследования

Проанализировав различные варианты, мы выбрали наиболее удобную и в то же время простую форму нашего здания.[12–14] Форма была выбрана почти квадратной, так как это позволяет увеличить полезную площадь здания, при снижении площади наружных стен, снижая трансмиссионные потери. (рисунок 1).

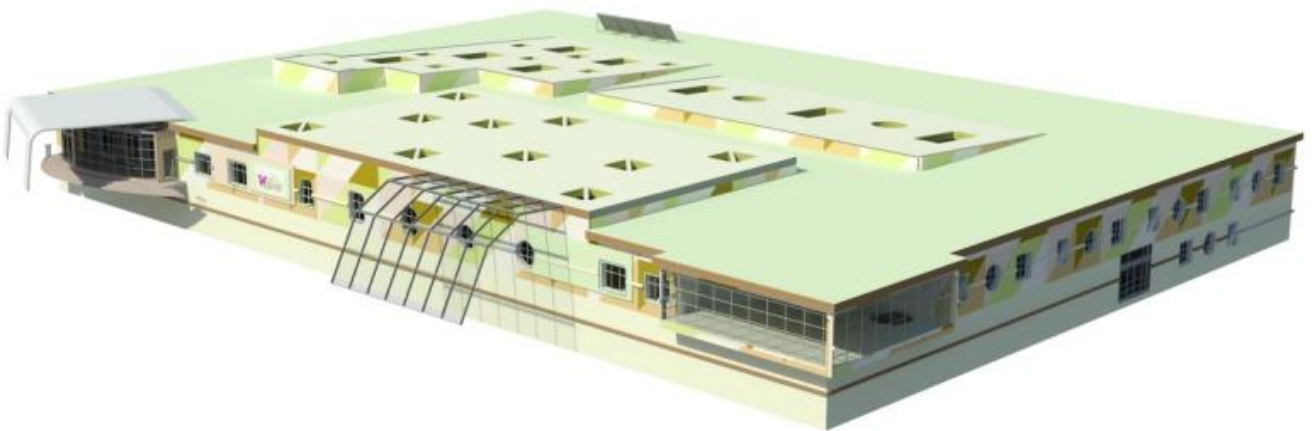


Рисунок 1. Общий вид здания

Для проектирования школы был дан участок площадью 10500 м² в городе Газиантеп, который имеет холмистый рельеф с перепадом высот около 4 метров. Это повлияло на выбор способа расположения нашего здания. Первый этаж школы был расположен на половину в грунте [15], соответственно главный

вход в школу располагается на втором этаже. Данное решение способствует уменьшению теплопоступления в помещения летом, и теплопотерь зимой, что немаловажно.

Чтобы проследить за поведением здания в более холодном климате, адаптируем здание для условий Санкт-Петербурга и проведем теплотехнические расчеты для расчета удельного расхода тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период.

Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление Общие характеристики здания

- общая высота здания – 7 м;
- отапливаемая площадь 7170,601 м²;
- отапливаемый объем – 25118,7035 м³;
- общая площадь ограждающих конструкций – 8493,986 м²;
- общая площадь стен – 1624,4375 м²;
- общая площадь окон, витражей, фонарей – 394,8425 м²;
- общая площадь дверных проемов – 17,25 м².

Характеристики наружных ограждений

Структура наружной стены:

- Кирпичная кладка из глиняного кирпича обыкновенного – 510 мм;
- Воздушная прослойка – 3мм.
- Утеплитель ISOVER ВентФасад Оптима - 100 мм;
- Полимерцементная штукатурка, армированная сеткой из стекловолокна - 2 мм.

Структура плоской кровли:

- Перекрытие из железобетона - 100 мм;
- Утеплитель ISOVER Руф - 150 мм;
- Керамзитный гравий - 170 мм;
- Рубероид - 2 мм.

В качестве окон были выбраны двухкамерные стеклопакеты из обычного стекла, с расстоянием между стеклами 6 мм с утепленными оконными профилями.

Климатические и энергетические характеристики

Расчетная температура наружного воздуха в холодное время за отопительный период –26 °С.

Продолжительность отопительного периода - 220 дней.

Средняя температура наружного воздуха отопительного периода –1, 8 °С.

Градусо-сутки отопительного периода - 4796 °С·сут.

Рассчитанное сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций:

- Для наружных стен - $R_w = 3,36 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;
- Для кровли - $R_c = 5,63 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;
- Для окон - $R_f = 0,51 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.
- Для наружных дверей - $R_{ed} = 0,26 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

Требуемое сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций [6]:

- Для наружных стен - $R_w = 3,08 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;

- Для кровли - $R_c = 4,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;
- Для окон - $R_f = 0,51 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

Теплотехнический расчет

Приведенный коэффициент теплопередачи через наружные ограждающие конструкции здания, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$;

$$K_m^{\text{tr}} = \frac{\left(\frac{A_w}{R_w^r} + \frac{A_F}{R_F^r} + \frac{A_{ed}}{R_{ed}^r} + \frac{A_c}{R_c^r} + n \cdot \frac{A_{cl}}{R_{cl}^r} + n \cdot \frac{A_f}{R_f^r} + \frac{A_{f1}}{R_{f1}^r} \right)}{A_e^{\text{sum}}} =$$

$$= \frac{\left(\frac{1624,4375}{3,369} + \frac{394,8425}{0,51} + \frac{17,25}{0,26} + \frac{3602,101}{5,63} \right)}{4925,486} = 0,3984,$$

n — коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;

$A_w, A_F, A_{ed}, A_c, A_f$ — площадь стен, окон, наружных дверей, перекрытий, кровли, м^2 ;

$R_w, R_F, R_{ed}, R_c, R_f$ — приведенное сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

Условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$;

$$K_m^{\text{inf}} = \frac{0,28 \cdot c \cdot n_\alpha \cdot \beta_v \cdot V_h \cdot \rho_\alpha^{\text{ht}} \cdot \kappa}{A_e^{\text{sum}}} = \frac{0,28 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 0,85 \cdot 25118,7035 \cdot 0,7 \cdot 1,3}{4925,486} = 1,015,$$

c — удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot \text{°C})$;

n_α — средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч-1;

β_v — коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций;

V_h — отапливаемый объем здания, м^3 ;

ρ_α^{ht} — средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, $\text{кг} / \text{м}^3$.

Общий коэффициент теплопередачи здания, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$,

$$K_m = K_m^{\text{tr}} + K_m^{\text{inf}} = 0,3984 + 1,015 = 1,4134$$

Относительные пространственные характеристики здания

Коэффициент остекленности фасада здания:

$$f = \frac{A_F}{A_{w+F+ed}} = \frac{334,0925}{1975,78} = 0,169.$$

Показатель компактности здания:

$$k_e^{\text{des}} = \frac{A_e^{\text{sum}}}{V_h} = \frac{8527,587}{25118,7035} = 0,339.$$

Расчет энергетических показателей

Общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период в МДж :

$$Q_h = 0,0864 \cdot K_m \cdot D_d \cdot A_e^{\text{sum}} = 0,0864 \cdot 1,4134 \cdot 4796 \cdot 4925,486 = 2884742,76$$

Бытовые тепlopоступления в здание за отопительный период в МДж:

$$Q_{\text{int}} = 0,0864 \cdot q_{\text{int}} \cdot z_{\text{ht}} \cdot A_\ell = 0,0864 \cdot 10 \cdot 220 \cdot 7170,601 = 1362987,8$$

Тепlopоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период в МДж:

$$Q_s = \tau_F \cdot k_F \cdot (A_{F1} \cdot I_1 + A_{F2} \cdot I_2 + A_{F3} \cdot I_3 + A_{F4} \cdot I_4) + \tau_{\text{scy}} \cdot k_{\text{scy}} \cdot A_{\text{scy}} \cdot I_{\text{hor}} = \\ = 0,78 \cdot 0,76 \cdot (79,4135 \cdot 356 + 94,35 \cdot 610 + 43,35 \cdot 356) = 60025,33$$

Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период в МДж:

$$Q_h^y = [Q_h - (Q_{\text{int}} + Q_s) \cdot v \cdot \xi] \cdot \beta_h = \\ = [2884742,76 - (1362987,8 + 60025,33) \cdot 0,8 \cdot 0,95] \cdot 1,05 = 1893415,4.$$

v — коэффициент снижения тепlopоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемое значение ;

ξ — коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления; $\xi = 0,95$;

β_h — коэффициент, учитывающий дополнительное тепlopотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплого потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными тепlopотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, тепlopотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения; $\beta_h = 1,7$;

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период, кДж / (м³·°C·сут);

$$q_h^{\text{des}} = \frac{10^3 \cdot Q_h^y}{V_h \cdot D_d} = \frac{10^3 \cdot 1893415,4}{25118,7035 \cdot 4796} = 15,71.$$

Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление $q_h^{\text{reg}} = 38$ кДж / (м³·°C·сут).

Энергосберегающие технологии

Применение потолочных панелей ZEHNDER

Для рационального отопления помещений с высокими потолками, в частности это спортивный и актовый залы, столовая, было принято решение применить потолочные инфракрасные панели ZEHNDER [16].

Основным недостатком применения стандартных систем отопления в высоких помещениях является поступление теплого воздуха в подпотолочное пространство, что вызывает лишние затраты тепловой энергии. В свою очередь, инфракрасные потолочные панели подогревают не воздух, а твердые тела и позволяют создавать комфортные условия для человека.

Принцип действия панелей Zehnder аналогичен принципу действия солнца. Потолочные панели подключаются к центральной системе горячего водоснабжения. Тепловая энергия горячей воды передается в помещение в виде излучения практически без потерь. Остальная часть передается за счёт конвекции. При контакте с твердыми телами эта энергия преобразуется в тепло. Основным преимуществом отопления с помощью потолочных панелей являются энергоэффективность, комфорт и гигиеничность.

Спортивная тема в последнее время очень популярна. Универсиада в Казани, Олимпийские игры 2014 в Сочи, Чемпионат мира по футболу 2018. Вся страна занимается спортом. Повсеместно открываются новые специализированные спортивные школы, бассейны, физкультурно-оздоровительные комплексы.

Поэтому компания Zehnder была рада поделиться своим позитивным опытом применения инновационного энергоэффективного оборудования для отопления спортивных объектов самого разного профиля. Речь идёт о системе водяного лучистого потолочного отопления, или потолочных отопительных панелях.

В основе работы излучающих панелей Zehnder лежит естественный принцип лучистого теплообмена. Поверхность панелей нагревается за счёт проходящей по трубам нагретой воды (как в обычных водяных радиаторах). Между поверхностью панелей и объектами в помещении, имеющими более низкую температуру поверхности, происходит лучистый теплообмен (передача тепла посредством теплового излучения). При соприкосновении с поверхностью объектов энергия излучения преобразуется в тепло. Происходит нагрев предметов.

Уже в этот момент люди, находящиеся в зоне действия панелей, ощущают эффект отопления. Через некоторое время за счёт естественной конвекции, возникающей от нагретых тепловым излучением предметов, прогревается воздух в помещении.

Тот же самый принцип эффективно используется и для охлаждения помещения. В этом случае в панели подают охлаждённую воду. Находящиеся в помещении люди и другие объекты, имеющие более высокую температуру поверхности, излучают тепло, которое поглощается поверхностью панелей. В это же время нагретый воздух поднимается к потолку, отдаёт тепло панелям за счёт конвекции, остывает и опускается вниз. Такой метод охлаждения исключает возникновение сквозняков и гарантирует максимальный комфорт для людей.

Компания Zehnder имеет более чем 30-летний опыт применения потолочных панелей на спортивных объектах по всей Европе и предлагает новейшие энергоэффективные решения по отоплению помещений высотой до 50 м.

Конечно, на спортивных объектах очень важна безопасность. Поэтому отопительные потолочные панели Zehnder производят в Германии на современном оборудовании и 100% панелей на производстве проверяют на герметичность, что позволяет предлагать такое оборудование для монтажа на большой высоте, не опасаясь, что в процессе эксплуатации с потолка польётся горячая вода. Все модели в обязательном порядке тестируются в Институте материаловедения в Штутгарте на предмет устойчивости к повреждениям при ударе спортивными мячами согласно нормам DIN 18032.

Потолочные панели монтируют под потолком, что абсолютно исключает возможность получения травм при контакте с отопительным оборудованием, а также случайную или умышленную порчу оборудования.

Панели можно интегрировать в подвесной фальш-потолок, но если принято решение монтировать панели ниже, на тыльной стороне панелей устанавливают специальные решётки, которые не дают мячам застрять, так что они всегда будут скатываться вниз.

В случае, если панели оборудованы встроенными светильниками, они имеют специальную защиту от ударов мячами, также в панели можно встроить аварийные светильники, работающие от аккумуляторов.

Кроме того, следует обратить внимание на высокий уровень гигиены и комфорта в помещениях, оборудованных потолочными лучистыми системами отопления. Вследствие принципа лучистого отопления, при котором субъективно ощущаемая человеком температура всегда несколько выше, в помещении можно поддерживать более низкую температуру воздуха, что способствует более лёгкому дыханию и увеличению выносливости спортсменов. Так как большая часть тепла от панелей передаётся за счёт лучистого теплообмена, в помещении, оборудованном потолочными панелями, исключены сквозняки, а содержание пыли в воздухе на порядок ниже, чем при стандартных способах отопления.

И, конечно же, сложно найти другую систему с таким же потенциалом энергосбережения, как потолочные панели Zehnder.

Во-первых, за счёт равномерного распределения температуры по всей высоте помещения и отсутствия «тепловой подушки» под потолком, характерной при применении конвективных систем отопления в помещениях большой высоты, достигается снижение общей нагрузки на отопление. И чем выше здание, чем хуже оно изолировано и чем суровее климатическая зона, тем больше эта разница, тем больше выгода для владельца объекта.

Во-вторых, вследствие минимального содержания теплоносителя в панелях и особенностей их конструкции, система быстро реагирует на изменения условий в помещении и на улице повышением или понижением температуры поверхности и, соответственно, увеличением или уменьшением теплоотдачи.

Это свойство потолочных панелей позволяет также эффективную организацию дежурного и рабочего режима работы системы с минимальным временем перехода.

И, наконец, система эффективно работает даже при низких температурах теплоносителя, что делает возможным использование альтернативных источников энергии.

В качестве системы отопления для спортивных сооружений потолочные панели Zehnder практически универсальны. Zehnder предлагает как типовые решения для небольших школьных спортзалов и физкультурно-оздоровительных комплексов, так и индивидуальные концепции для многофункциональных спортивных комплексов с несколькими отдельно регулируемыми зонами. Для бассейнов предусмотрено специальное более защищённое исполнение панелей. А на ледовых аренах потолочные панели Zehnder позволяют локально повысить температуру в зонах размещения зрителей, при этом не повышая температуру воздуха и не ухудшая качество льда.

Потолочные отопительные панели Zehnder даже могут улучшить акустику помещения – в этом случае панели изготавливают с перфорированной излучающей поверхностью и комплектуют специальной звукопоглощающей изоляцией.

И, наконец, панели могут быть окрашены в любой цвет из палитры RAL и стать яркой деталью оформления зала.

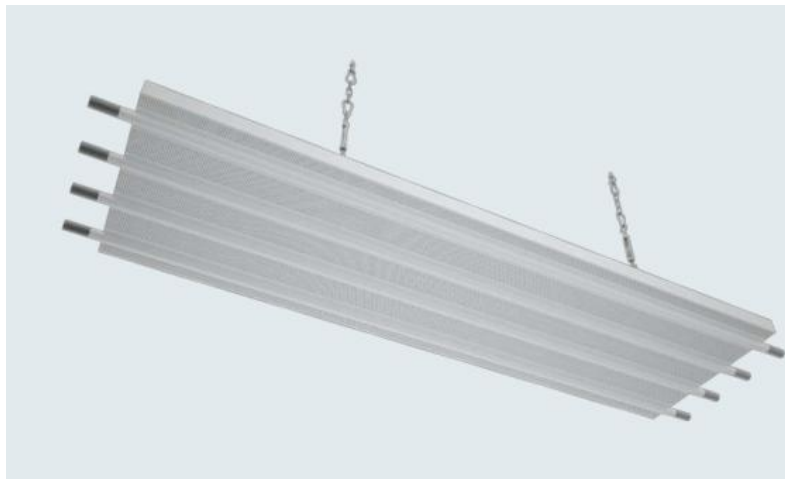


Рисунок 2. Инфракрасная панель "Zehnder"

Применение тепловых коллекторов.

В проекте школы г. Газиантеп используются солнечные коллекторы с пластиковыми абсорберами для нагрева воды [17-21]. Было подсчитано, что среднее потребление школой горячей воды – 1,905 м³/сутки.

Известна формула КПД солнечного коллектора:

$$\eta = \eta_0 - \frac{k \cdot \Delta T}{E},$$

η — расчетное значение КПД;

$\eta_0 = 61$ — номинальный (оптический) КПД установки при нормальных условиях;

$k = 0,78$ — коэффициент, зависящий от типа и теплоизоляции коллектора;

ΔT — разность температур теплоносителя и окружающего воздуха (°C);

E — инсоляция (Вт · ч / м²).

Было решено, что минимальная требуемая температура воды - 55 °C, в соответствии с этим были подсчитаны КПД коллектора для всех месяцев в г. Газиантеп.

Таблица 1. КПД коллектора в зависимости от месяца

Месяц	Температура снаружи, °С	Инсоляция, кВт • ч/м ²	КПД, %
Январь	4,5	2,6	59,5
Февраль	5,5	3,9	60,0
Март	8,5	4,6	60,2
Апрель	19,0	5,9	60,5
Май	21,5	6,3	60,6
Июнь	29,5	6,9	60,7
Июль	33,5	7,5	60,8
Август	32,5	6,6	60,7
Сентябрь	29,0	5,5	60,6
Октябрь	21,0	4,5	60,4
Ноябрь	19,5	3,0	60,1
Декабрь	7,5	2,7	59,6

Испытания показывают, что солнечные коллекторы служат основным источником энергии для нагрева воды в период с апреля по сентябрь. Для соответствия этой статистике был проведен расчет необходимой площади коллекторов по следующей формуле:

$$S \cdot \eta \cdot E \cdot t = c \cdot m \cdot \Delta T, \quad (1)$$

S — требуемая площадь коллекторов (м²),

η — расчётное значение КПД,

E — инсоляция (Вт • ч/м²),

c — теплоемкость воды (Дж/кг • К),

m — масса воды (кг),

t — количество часов светового дня,

ΔT — разность температур (0С).

Таким образом, для апреля получаем, что требуемая площадь – 24,2 м². Это означает, что если в апреле вода будет нагреваться до температуры 55 0С только за счет инсоляции, то в период до сентября будет генерироваться дополнительная энергия, которая может расходоваться на нагрев воды до более высоких температур, либо запасаться тепловыми насосами.

Рассмотрим теперь остальные месяцы года (октябрь – март), когда одних коллекторов будет недостаточно для нагрева воды до требуемой температуры. В это время года также будут использоваться электроводонагреватели. Возьмем самый холодный месяц года – январь.

По формуле (1), получили, что разница температур ΔT равняется $39\text{ }^{\circ}\text{C}$., следовательно, воду требуется нагреть дополнительно на $16\text{ }^{\circ}\text{C}$. По формуле для нахождения Q определяем, что потребуется 40156800 Дж .

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

Так как турецкие школы работают в течение 10 часов в день, то каждые три часа должно нагреваться 600 литров воды, чтобы получить требуемый объем 1905 л. Для нахождения необходимой мощности используем следующую формулу:

$$N = \frac{Q}{\tau}$$

где

Q — расходуемая энергия (Дж),

τ — время нагрева (с),

N — искомая мощность (Вт).

В результате получаем $N=3718,22\text{ Вт}$. В Турции стоимость электроэнергии кВт/ч составляет $0,06\text{\$}$. Значит, при работе электроводонагревателей в течение 10 часов с мощностью $3718,22\text{ Вт}$ траты будут составлять $2,23\text{\$}$ в сутки.

Проведем расчет трат, если солнечные коллекторы использоваться не будут. Тогда водонагревателем надо будет нагреть воду на $50,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а затраченное количество теплоты $Q=402415057,5\text{ Дж}$. Следовательно, $N=37260,65\text{ Вт}$. И в результате траты составят $22,36\text{\$}$ в сутки.

Выводы

В данной статье были рассмотрены конструкционные особенности мультикомфортной школы в г. Газиантеп в Турции. Спроектированное здание четко соответствует направленности и специализации будущего учебного заведения; оно является многофункциональным комплексом, в котором есть возможность трансформации и переустройства помещений под изменяющиеся потребности учеников и учебного процесса в целом; в частности, в школе предусмотрены внеклассные занятия музыкой, хоровым пением, спортивными играми на улице, а так же художественным ремеслом.

Солнечные коллекторы в Турции более чем уместны, так как в течение теплых солнечных месяцев горячая вода абсолютно бесплатна, а во время оставшихся - они существенно (почти на порядок) снижают траты на нагрев воды, если сравнивать с использованием одних только электроводонагревателей. Кроме того, если солнечная энергия поглощается в избытке, ее можно конвертировать в электричество, что является дополнительной экономией. Таким образом, ожидаемый срок окупаемости солнечных коллекторов - 4 года. [21]

Получив расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период, сравнив его с нормируемым значением, мы сделали вывод, что отклонение от нормы составляет -58% , что соответствует «А» классу энергетической эффективности. Но класс установлен только по расчету удельного расхода на отопление, без учета вентиляции. Это означает, что если качественно подобрать вентиляционную систему, можно достигнуть высоких результатов на практике.

Литература

- [1]. Гертис К. Здания XXI века — здания с нулевым потреблением энергии // Энергосбережение. 2007. № 3. С. 36-47.
- [2]. Ehhort H., Reiss J., Hellwig R. Энергоэффективные здания. Анализ современного состояния и перспектив развития на основе реализованных проектов // АВОК. 2006. №2. С. 36-49.
- [3]. ISOVER [Электронный ресурс] : офиц.сайт. 1998-2014. URL: <http://www.isover.ru/> (дата обращения: 6.06.2014).
- [4]. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
- [5]. СП 131.13330.2012. Строительная климатология.
- [6]. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.
- [7]. Cheng Y., Nin J., Gao N. Thermal comfort models: A review and numerical investigation (2012) Building and Environment. Vol. 47. Pp. 13-22.
- [8]. Немова Д.В. Повышение энергетической эффективности эксплуатируемых зданий бюджетных учреждений//Сборник тезисов III Всероссийской молодежной конференции «Устойчивость, безопасность и энергоресурсосбережение в современных архитектурных, конструктивных, технологических решениях и инженерных системах зданий и сооружений». МГСУ. 2012. С. 211-218.
- [9]. Humphreys M.A., Nicol J.F. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings (2002) Energy and Buildings. Vol. 34. Issue 6. Pp. 563–572.
- [10]. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании / Ватин Н.И., Немова Д.В., Рымкевич П.П., Горшков А.С. // Инженерно-строительный журнал. 2012. №8(34). С. 4-14.
- [11]. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий.
- [12]. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Под ред. Ю.А.Табунщикова, В.Г. Гагарина. 5-е изд., пересмотр. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
- [13]. Горшков А.С., Немова Д.В., Ватин Н.И. Формула энергоэффективности // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. №7 (12). С.49-63.
- [14]. Корниенко С. В. Учет формы при оценке теплозащиты оболочки здания // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. №5 (10). С. 20-27.
- [15]. Булгаков С.Н. [и др.] Теория здания. Здание-оболочка. М.:АСВ, 2007. 22 с.
- [16]. Ербахаев В.О., Иванов И.А. Обзор ограждающих стен при строительстве заглубленных частей зданий и подземных сооружений в условиях плотной городской застройки // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость № 1(6). 2014. С.34-46.
- [17]. Zehnder Group. [Электронный ресурс]: офиц. сайт. 2013. URL: <http://www.zehndergroup.com/> (дата обращения: 6.06.2014).
- [18]. User behavior in whole building simulation / Hoes, P., Hensen, J.L.M., Loomans, M.G.L.C., de Vries, B., Bourgeois, D. (2009) Energy and Buildings. Vol. 41. Issue 3. Pages 295-302.
- [19]. Gorozabel Chata F.T., Chaturvedi S.K., Almogbel A. Analysis of a Direct Expansion Solar Assisted Heat Pump Using Different Refrigerants (2005) Energy Conversion and Management. Vol. 46. pp. 2614 – 2624.
- [20]. Солнечные коллекторы. Тенденции совершенствования конструкций / Бутузов В.А., Шетов В.Х., Брянцева Е.В., Бутузов В.В., Гнатюк И.С. // Альтернативная энергетика и экология (ISIAEE), №10/2009.
- [21]. Meyer J. Are plastics the material of the future? (2009) Sun, Wind Energy. Vol. 1.
- [22]. Бутузов В.А. Солнечные коллекторы с пластиковыми абсорберами // Сантехника, отопление, кондиционирование. № 2 (110). 2011. С. 68-69.
- [23]. Немова Д.В., Горшков А.С., Ватин Н.И. Считаю тепло в доме. Отопление или теплоснабжение - на что потратить деньги? // Загородный дом 2012. С. 164-167.
- [24]. Ватин Н.И. Немова Д.В., Горшков А.С. Энергоэффективность ограждающих конструкций при капитальном ремонте // Строительство уникальных зданий и сооружений 2013. №3. С. 1-11.
- [25]. Гагарин В. Г., Козлов В. В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // Жилищное строительство. 2011. № 8. С. 2-6

- [26]. Ватин Н.И. Немова Д.В. Повышение энергоэффективности зданий детских садов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. №3. С.52-76.
- [27]. Xinhong Zhaoa, Congyu Mab, Pingdao Gub. Energy Saving Methods and Results Analysis in the Hotel (2012) Energy. Procedia. Vol. 14. Pp. 1523–1527.
- [28]. Raymond C. Bryant. Managing Energy for Buildings. Government Inst. 1983. 807 p
- [29]. Na Na Kanga, Sung Heui Choa, Jeong Tai Kimb. The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior (2012) Energy and Buildings. Vol. 46. Pp. 112–122.

Analysis of the project ISOVER Multi- Comfort House

A.V. Nefedova¹, D.E. Chernyshev², D.N. Tseytin³

Saint-Petersburg Polytechnical University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia.

ARTICLE INFO

Technical paper

Article history

Received 6 June 2014
Accepted 6 October 2014

Keywords

design of schools,
energy efficiency,
ceiling panels,
solar collectors,
coefficient of compactness,
energy-saving technologies,
ISOVER,
Zehnder

ABSTRACT

While designing general education institution it's essential to follow all the building rules, because modern schools, universities and even nurseries have to provide comfortable education, effectively use its areas and be sustainable, thanks to children and teenagers in it. In this article the form of the building, primary architectural and planning concept and methods of improving the energy efficiency are analyzed. Important features of school planning are noticed: arrangement of rooms satisfies requirements of ergonomics and utility; two stories were planned for the safety. Rooms for cultural events and shows and for sports are also planned. Key compounds of energy efficiency (volume-to-size ratio, alternative resources of energy) are taken into account. Calculations of the solar collecting panels for water heating are written.

¹ *Corresponding author:*
+7 (931) 369 3893, anyanefedova94@mail.ru (Anna Vladimirovna Nefedova, Student)
² +7 (911) 903 6311, zumzumzzz15@yandex.ru (Dmitry Evgenjevich Chernyshev, Student)
³ +7 (921) 909 5171, dm.inco@gmail.com (Dmitry Nikolayevich Tseytin, Leading Engineer)

References

- [1]. Gertis K. *Zdaniya XXI veka — zdaniya s nulevym potrebleniyem energii // Energoberezheniye*. 2007. № 3. S. 36-47. (rus)
- [2]. Ehhort H., Reiss J., Hellwig R. *Energoeffektivnyye zdaniya. Analiz sovremennogo sostoyaniya i perspektiv razvitiya na osnove realizovannykh proyektov // AVOK*. 2006. №2. S. 36-49. (rus)
- [3]. ISOVER [web source] 1998-2014. URL: <http://www.isover.ru/> (date of reference: 6.06.2014). (rus)
- [4]. GOST 30494-96. *Zdaniya zhilye i obshchestvennyye. Parametry mikroklimata v pomeshcheniyakh*. (rus)
- [5]. SP 131.13330.2012. *Stroitel'naya klimatologiya. Gosstroy Rossii*. (rus)
- [6]. SNiP 23-02-2003. *Teplovaya zashchita zdaniy. Gosstroy Rossii*. (rus)
- [7]. Cheng Y., Nin J., Gao N. Thermal comfort models: A review and numerical investigation (2012) *Building and Environment*. Vol. 47. Pp. 13-22.
- [8]. Nemova D.V. *Povysheniye energeticheskoy effektivnosti ekspluatiruyemykh zdaniy byudzhetykh uchrezhdeniy // Sbornik tezisev III Vserossiyskoy molodezhnoy konferentsii «Ustoychivost, bezopasnost i energoresursosberezheniye v sovremennykh arkhitekturnykh, konstruktivnykh, tekhnologicheskikh resheniyakh i inzhenernykh sistemakh zdaniy i sooruzheniy»*. MGSU. 2012. Pp. 211-218. (rus)
- [9]. Humphreys M.A., Nicol J.F. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings (2002) *Energy and Buildings*. Vol. 34. Issue 6. Pp. 563–572.
- [10]. *Vliyaniye urovnya teplovoy zashchity ograzhdayushchikh konstruktsiy na velichinu poter teplovoy energii v zdanii / Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Magazine of Civil Engineering*. 2012. Vol. 8(34). S. 4-14. (rus)
- [11]. SP 23-101-2004. *Proyektirovaniye teplovoy zashchity zdaniy*. (rus)
- [12]. Fokin K. F. *Stroitel'naya teplotekhnika ograzhdayushchikh chastey zdaniy / Pod red. Yu.A.Tabunshchikova, V.G. Gagarina. 5-ye izd., peresmotr. M.: AVOK-PRESS, 2006. 256 p.* (rus)
- [13]. Gorshkov A.S., Nemova D.V., Vatin N.I. The energy saving formula (2013) *Construction of Unique Buildings and Structures*, Vol. 7 (12). Pp. 49-63. (rus)
- [14]. Korniyenko S. V. The accounting of the form at the assessment of the thermal performance of the envelopes (2013) *Construction of Unique Buildings and Structures*. Vol. 5 (10). Pp. 20-27. (rus)
- [15]. Bulgakov S.N. [i dr.] *Teoriya zdaniya. Zdaniye-obolochka*. M.:ASV, 2007. 22 p. (rus)
- [16]. Yerbakhayev V.O., Ivanov I.A. *Obzor ograzhdayushchikh sten pri stroitelstve zaglublennykh chastey zdaniy i podzemnykh sooruzheniy v usloviyakh plotnoy gorodskoy zastroyki (2014) Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost* Vol. 1(6). Pp.34-46. (rus)
- [17]. Zehnder Group. [web source] URL: <http://www.zehndergroup.com/> (date of reference: 6.06.2014). (rus)
- [18]. User behavior in whole building simulation / Hoes, P., Hensen, J.L.M., Loomans, M.G.L.C., de Vries, B., Bourgeois, D. (2009) *Energy and Buildings*. Vol.41. Issue 3. Pp.295-302. (rus)
- [19]. Gorozabel Chata F.T., Chaturvedi S.K., Almogbel A. Analysis of a Direct Expansion Solar Assisted Heat Pump Using Different Refrigerants (2005) *Energy Conversion and Management*. Vol. 46. pp. 2614 – 2624. (rus)
- [20]. Solnechnyye kollektory. *Tendentsii sovershenstvovaniya konstruktsiy / Butuzov V.A., Shetov V.Kh., Bryantseva Ye.V., Butuzov V.V., Gnatyuk I.S. // Alternativnaya energetika i ekologiya (ISIAEE), №10/2009.* (rus)
- [21]. Meyer J. Are plastics the material of the future? (2009) *Sun, Wind Energy*, Vol.1. (rus)
- [22]. Butuzov V.A. *Solnechnyye kollektory s plastikovymi absorberami (2011) Santekhnika, otopleniye, konditsionirovaniye*. Vol. 2 (110). Pp. 68-69. (rus)
- [23]. Nemova D.V., Gorshkov A.S., Vatin N.I. *Schitayem teplo v dome. Otopleniye ili teplosnabzheniye - na chto potratit dengi? (2012) Zagorodnyy dom*. Pp. 164-167. (rus)
- [24]. Vatin N.I. Nemova D.V., Gorshkov A.S. Energy efficiency of envelopes at major repairs (2013) *Construction of Unique Buildings and Structures*. Vol. 3. Pp. 1-11 (rus)
- [25]. Gagarin V. G., Kozlov V. V. *Trebovaniya k teplozashchite i energeticheskoy effektivnosti v projekte aktualizirovannogo SNiP «Teplovaya zashchita zdaniy» (2011) Zhilishchnoye stroitelstvo*. Issue 8. Pp. 2-6. (rus)
- [26]. Vatin N.I. Nemova D.V. Increase of power efficiency of buildings of kindergartens (2012) *Construction of Unique Buildings and Structures*. Vol. 3. Pp. 52-76 (rus)

- [27].Xinhong Zhaoa, Congyu Mab, Pingdao Gub. Energy Saving Methods and Results Analysis in the Hotel (2012) Energy. Procedia. Vol. 14. Pp. 1523–1527. (rus)
- [28].Raymond C. Bryant. Managing Energy for Buildings. Government Inst. 1983. 807 p. (rus)
- [29].Na Na Kanga, Sung Heui Choa, Jeong Tai Kimb. The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior (2012) Energy and Buildings. Vol. 46. Pp. 112–122. (rus)