



*Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь*

# Энергоаудит 1 –го уровня. Схемы и алгоритм действий. Методы сбора данных. Методы верификации данных. Методики расчета показателей

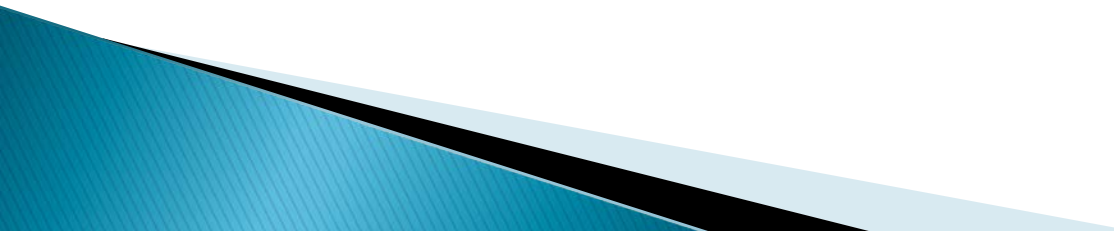
**Андрей Федорович МОЛОЧКО**  
*национальный консультант проекта,  
РУП «БелТЭИ», Беларусь*

# Энергоаудит первого уровня

**Энергоаудит** – сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте (сертификате).

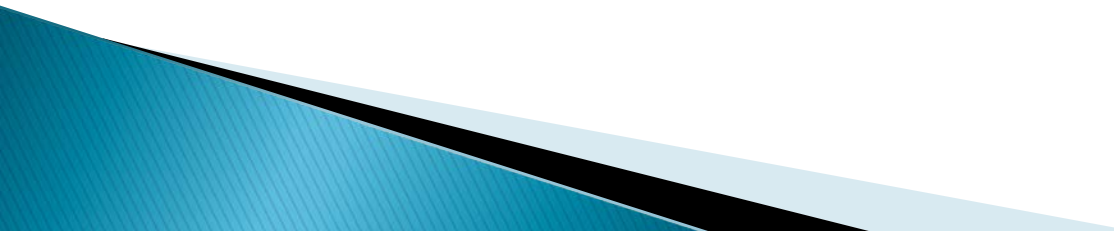
# Энергоаудит первого уровня

Цели энергоаудита первого уровня:

- ▶ определение структуры энергозатрат и структуры энергоиспользования;
  - ▶ определение потенциала энергосбережения;
  - ▶ выявление участков нерационального расхода энергоресурсов;
  - ▶ расставление приоритетов будущей работы;
  - ▶ оценка целесообразности проведения углубленного обследования.
- 

# Энергоаудит первого уровня

Основные этапы энергоаудита первого уровня:

- ▶ сбор первичной информации,
  - ▶ анализ энергоэкономических показателей промышленного предприятия,
  - ▶ выбор объектов аудита,
  - ▶ подготовка заключения об основных итогах первичного энергоаудита.
- 

# Энергоаудит первого уровня

## Результат энергоаудита первого уровня:

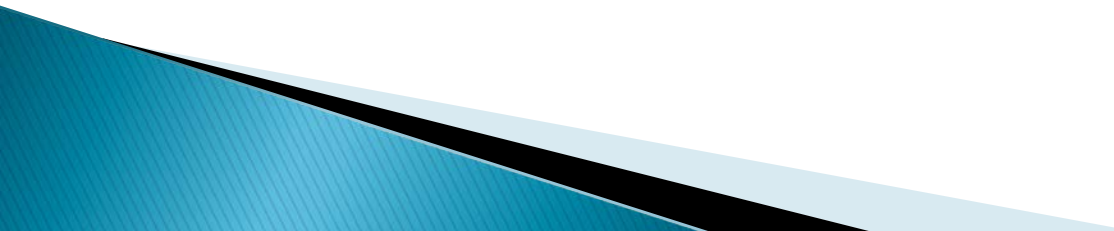
В конце первого ознакомительного этапа энерго-аудиторы должны иметь представление о здании и основных энергетических потоках, а также следующую информацию:

- ▶ общую стоимость затрат на энергоресурсы, расходы на воду, стоки и канализацию;
- ▶ структуру затрат по энергоносителям;
- ▶ сезонные изменения в потреблении и стоимости;
- ▶ структуру цен на каждый энергоресурс.

Эта информация дает нам четкую картину текущей ситуации с энергоиспользованием и возможность выявить приоритетные направления для дальнейшей работы.

# Энергоаудит первого уровня

Для качественного выполнения детального энергоаудита составляется техзадание :

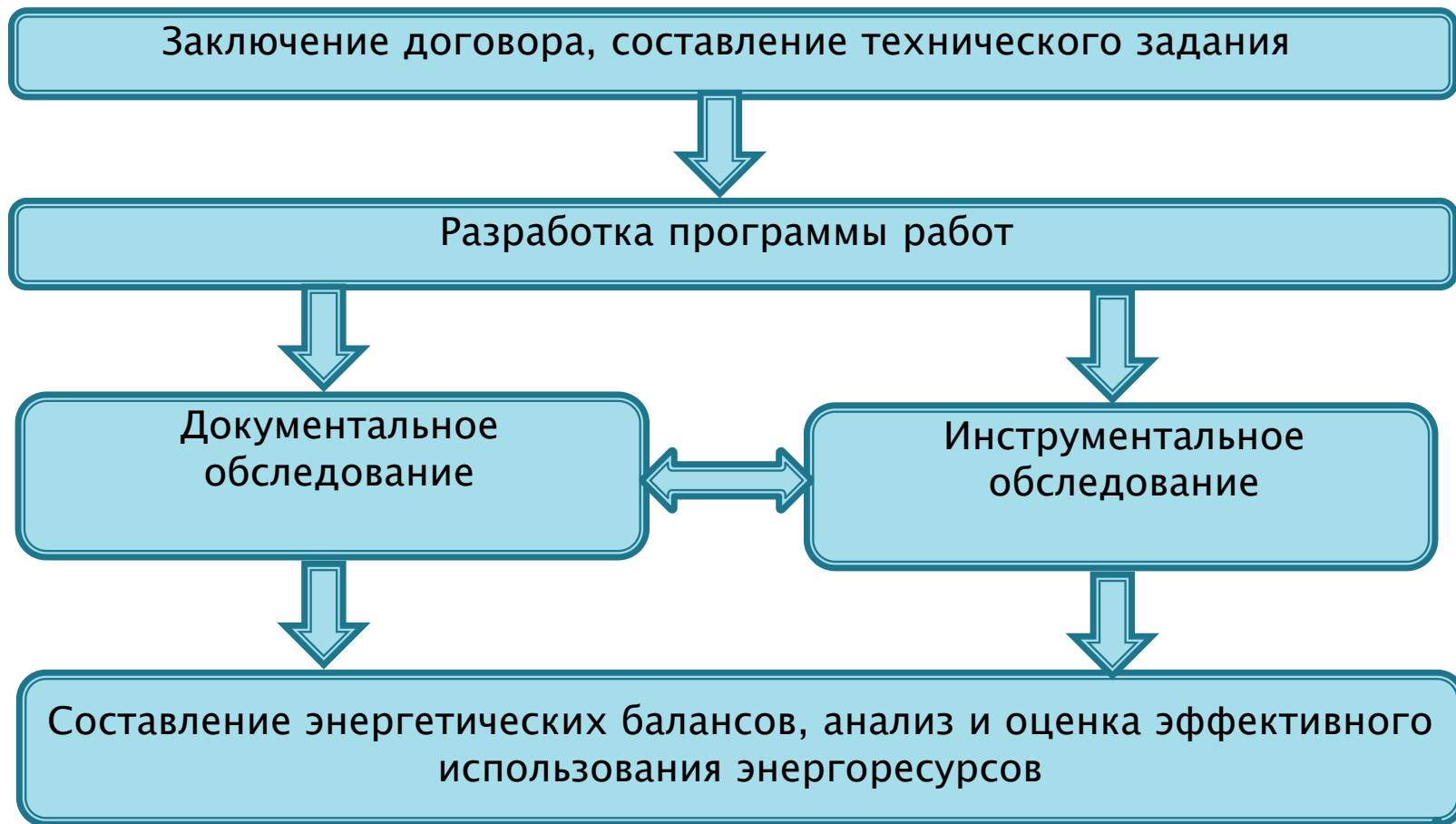
- ✓ Основание для проведения энергетического обследования;
  - ✓ Цель энергетического обследования;
  - ✓ Объекты энергетического обследования (если обследуется группа зданий);
  - ✓ Содержание и порядок выполнения работ;
  - ✓ Порядок приемки работ;
  - ✓ Перечень и комплектность документации.
- 

# Схемы и алгоритм действий

Энергоаудит первого уровня для жилых зданий включает в себя следующие этапы:

- ✓ заключение договора с организацией составление технического задания;
- ✓ проведение документального обследования;
- ✓ проведение инструментального обследования;
- ✓ анализ и оценка эффективного использования энергоресурсов.

# Схемы и алгоритм действий





# Схемы и алгоритм действий

Инструментальное обследование проводится с помощью **стационарных и портативных** приборов.

К **стационарным приборам** относятся приборы коммерческого учета энергоресурсов, контрольно-измерительная и авторегулирующая аппаратура, приборы климатического наблюдения и другое оборудование, установленное на объекте энергоаудита.

К **портативным приборам** относятся расходомер, толщиномер, инфракрасные и контактные термометры, газоанализатор, тепловизор, анализатор качества электроэнергии, мультиметр с бесконтактным датчиком тока, люксометр, тахометр и др.

Все измерительные приборы должны быть поверены в установленном порядке.

# Схемы и алгоритм действий

Инструментальное обследование проводится с помощью **стационарных и портативных** приборов.

К **стационарным приборам** относятся приборы коммерческого учета энергоресурсов, контрольно-измерительная и авторегулирующая аппаратура, приборы климатического наблюдения и другое оборудование, установленное на объекте энергоаудита.

К **портативным приборам** относятся расходомер, толщиномер, инфракрасные и контактные термометры, газоанализатор, тепловизор, анализатор качества электроэнергии, мультиметр с бесконтактным датчиком тока, люксометр, тахометр и др.

Все измерительные приборы должны быть поверены в установленном порядке.

# Схемы и алгоритм действий



# Схемы и алгоритм действий

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЭТАП – ПОДРАЗУМЕВАЕТ:

- анализ собранной информации и результатов измерений;
- расчет нормативных и фактических показателей энергоэффективности отдельных видов оборудования;
- приведение нормативных и фактических показателей в сопоставимые условия;
- сопоставление фактических показателей с нормативными значениями;
- выявление и анализ причин несоответствия фактических показателей энергоэффективности и нормативных значений;
- определение значений энерго- и ресурсосберегающего потенциала по каждому отдельному показателю, и по видам оборудования.

# Схемы и алгоритм действий

Все выявленные возможности экономии энергии должны быть внесены в отчет по энергоаудиту в перечень рекомендаций с указанием приоритета их реализации. Приоритетность энергосберегающих мероприятий определяется в технико-экономическом расчете.

Составляется топливно-энергетический баланс здания.

В детальное энергетическое обследование на этом этапе также может быть включен сравнительный анализ энергопотребления обследуемого предприятия с аналогичными зданиями (серия, год постройки, наличие капитального ремонта).

# Схемы и алгоритм действий

Основной метод анализа количественного и качественного состояния энергетического хозяйства — разработка обобщающих **энергетических балансов** — от полезного потребления всех видов энергии до источников получения энергетических ресурсов.

**Энергетические балансы** составляются на все виды потребляемых ТЭР и воды, с целью определения отклонений от экономически обоснованных пропорций потребления различных видов энергии. Вся полученная информация является исходным материалом для анализа эффективности использования ТЭР.

# Схемы и алгоритм действий

По способам составления различают:

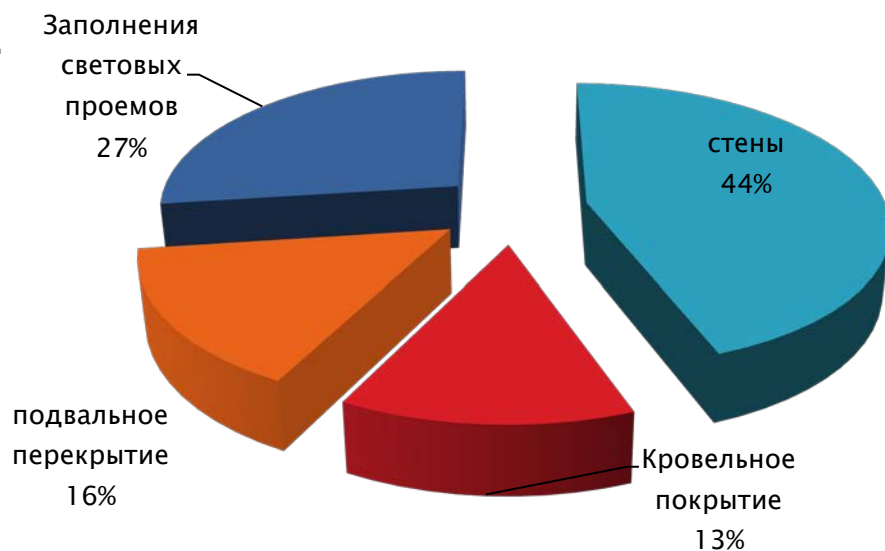
- ✓ **инструментальный** или **опытный** (составляется с применением стационарных или портативных измерительных приборов);
- ✓ **расчетный** энергобаланс предприятия для энергоаудита (составляется на основе тепловых, технологических и других видов расчета. Часто расчеты составляющих энергобалансов выполняются по укрупненным показателям, т.е. интегральным энергетическим характеристикам на электро-, тепло- или водопотребление);
- ✓ **опытно-расчетный** энергетический баланс.

# Схемы и алгоритм действий

Энергобалансы предприятия делятся на:

**Общий энергобаланс** должен отражать все виды энергоресурсов.

**Частный энергобаланс** учитывает, как правило, только один вид энергоресурса или энергоносителя. (На рисунке пример баланса тепловых потерь через ограждающие конструкции)

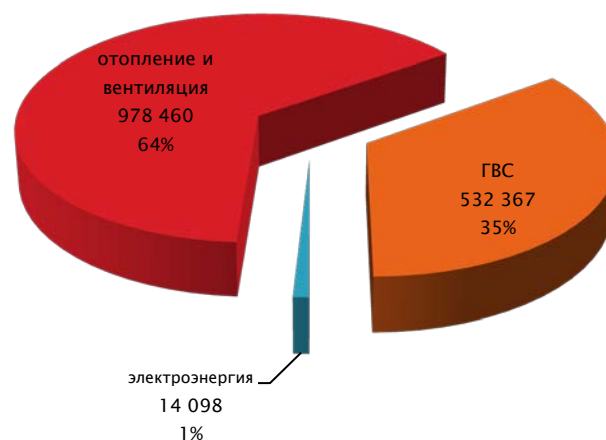




# Схемы и алгоритм действий

Графический анализ очень удобен для понимания общих трендов использования энергии.

Структура энергетического баланса здания во многом определяет возможности энергосбережения по различным направлениям и оптимальное сочетание энергосберегающих мероприятий. Знание этой структуры позволяет принимать экономически обоснованные инженерные решения по снижению энергопотребления и добиваться максимального энергосбережения при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах



# Методы сбора данных

## Источники исходных данных для энергоаудита:

- ✓ проектная документация на здание;
- ✓ паспорт БРТИ;
- ✓ сведения эксплуатирующей организации (ЖЭС, товарищество собственников);
- ✓ опросные формы для эксплуатирующих организаций и жильцов здания;
- ✓ показания приборов учета энергоресурсов и воды
- ✓ энергетический паспорт здания (при наличии).

# Методы сбора данных

## Источники исходных данных для энергоаудита:

- ✓ проектная документация на здание;
- ✓ паспорт БРТИ;
- ✓ сведения эксплуатирующей организации (ЖЭС, товарищество собственников);
- ✓ опросные формы для эксплуатирующих организаций и жильцов здания;
- ✓ показания приборов учета энергоресурсов и воды
- ✓ энергетический паспорт здания (при наличии).

# Методы сбора данных

## Опросные формы :

В сборе информации участвуют как обследующая организация, так и обследуемое здание. Информация фиксируется в опросных формах, разработанных энергоаудиторами. За достоверность представляемых данных несет ответственность руководство эксплуатирующих зданий. Задача энергоаудиторов – выборочным контролем оценить достоверность представляемых сведений.

# Методы сбора данных

## Опросные формы :

перечень вопросов, которые могут быть использованы при составление опросных форм.

- ✓ проектная документация на здание;
- ✓ сведения о тарифах на топливо, тепло, электроэнергию и ценах на водопо требление и водоотведение (за последние 3 года);
- ✓ сведения об оплате за энергоресурсы, водопотребление и водоотведение ежемесячно (за последние 3 года);
- ✓ сведения об установленном энергопотребляющем оборудовании.;
- ✓ программы внедрения энерго- и ресурсосберегающих мероприятий;
- ✓ сведения (протоколы) по оценке результатов внедрения.

# Методы сбора данных

## Общие сведения о здании (аналогичны экспресс-аудиту):

- ✓ год постройки здания и год проведения капитального ремонта;
- ✓ серия проекта здания;
- ✓ постройки здания и год проведения капитального ремонта;
- ✓ серия проекта здания;
- ✓ этажность здания;
- ✓ количество секций;
- ✓ количество квартир;
- ✓ геометрические размеры здания по наружной поверхности;
- ✓ отапливаемый объем и отапливаемая площадь здания;
- ✓ общая площадь жилых помещений;
- ✓ наличие отапливаемого подвала;
- ✓ наличие теплого чердака;
- ✓ площадь ограждающих конструкций здания;
- ✓ количество зарегистрированных жителей в доме;

# Методы сбора данных

Исходные данные для энергоаудита по системе электроснабжения (аналогичны экспресс-аудиту):

- ✓ договора на электроснабжение;
- ✓ сведения об отчетных балансах электроэнергии (за последние три года);
- ✓ сведения о тарифах на электроэнергию и финансовых расходах на нее (за последние три года);
- ✓ однолинейные схемы электроснабжения;
- ✓ сведения о состоянии коммерческого и технического учета электропотребления;
- ✓ принципиальная схема коммерческого и технического учета;
- ✓ сведения о техническом состоянии, характеристиках и режимах работы основного электропотребляющего оборудования в местах общего пользования.

# Методы сбора данных

Исходные данные для энергоаудита по системе теплоснабжения (аналогичны экспресс-аудиту):

- ✓ договора на теплоснабжение и теплопотребление;
- ✓ сведения о расходах тепловой энергии, структуре теплопотребления, тепловых нагрузках и режимах нагрузки (за последние три года);
- ✓ сведения о тарифах на тепловую энергию (за последние три года);
- ✓ схемы теплоснабжения;
- ✓ сведения о состоянии коммерческого и технического учета теплопотребления;
- ✓ принципиальная схема коммерческого и технического учета;
- ✓ сведения о техническом состоянии, характеристиках и режимах работы основного теплопотребляющего оборудования.



# Методы сбора данных

Исходные данные для энергоаудита по системе **водоснабжения** (аналогичны экспресс-аудиту):

- ✓ договора на водоснабжение;
- ✓ сведения о расходах воды (за последние три года);
- ✓ сведения о тарифах на тепловую энергию (за последние три года);
- ✓ схемы водоснабжения;
- ✓ сведения о состоянии коммерческого и технического учета водопотребления;
- ✓ сведения о количестве сантехприборов в здании.

# Методы сбора данных

	Прибор	Назначение
	Анализатор количества и показателей качества электроэнергии	анализатор качества электроэнергии, прибор сравнения, регистратор, осциллограф и амплитудный вольтметр
	Тепловизор	Съемка элементов зданий и сооружений в ИК-диапазоне, диагностика энергетического оборудования
	Ультразвуковой расходомер	Измерение расхода жидкости без врезки на трубах
	Инфракрасный термометр	Дистанционное измерение температуры
	Термоанемометр. Гигрометр	Измерение температуры, скорости движения и влажности воздуха
	Измеритель плотности тепловых потоков «Поток»	Измерение плотности тепловых потоков, термического сопротивления и сопротивления теплопередаче при тепловизионном обследовании
	Люксметр	прибор, предназначенный для измерения уровня освещенности

# Методы сбора данных

## Измерение параметров микроклимата

Целью проведения мониторинга температурно-влажностных режимов мест общего пользования является установление соответствия фактических показателей температурно-влажностных режимов установленным нормативным требованиям и определение рекомендуемых мероприятий по устранению выявленных несоответствий.

Состав контролируемых параметров микроклимата мест общего пользования в соответствии с нормируемыми параметрами включает:

- ▶ температуру воздуха;
- ▶ скорость движения воздуха;
- ▶ относительную влажность воздуха;
- ▶ результирующую температуру помещения.

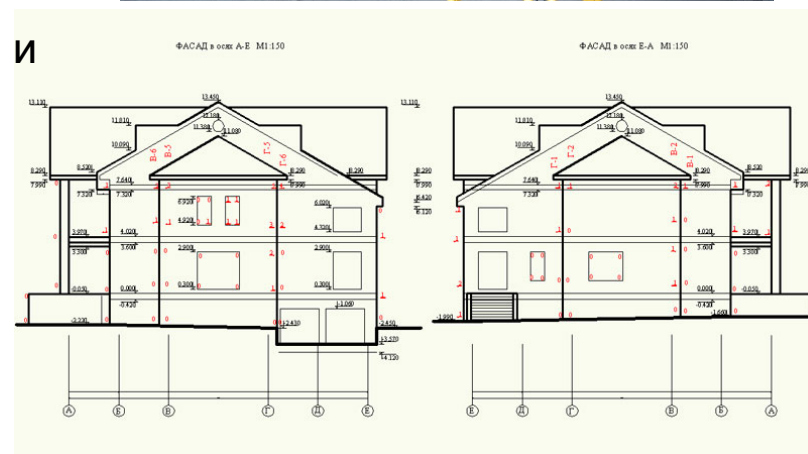


# Методы сбора данных

## Обследование строительных конструкций

Визуальный осмотр проводится с целью определения технического состояния наружных ограждающих конструкций. Определяют наличие дефектных участков, трещин, отклонений от вертикали, разрушение фактурного и защитного слоев, коррозию арматуры, состояние стыков, обрамлений оконных и дверных проемов.

Обмерные работы проводятся для выявления действительных геометрических размеров здания и соответствия их проектным данным.



# Методы сбора данных

## Обследование строительных конструкций

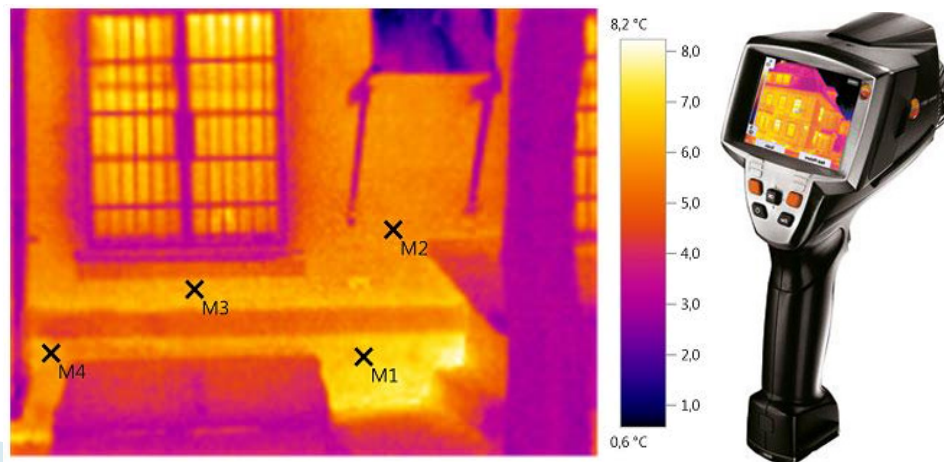
Определяются теплотехнические свойства ограждающих конструкций:

- ▶ температурные поля на внутренних поверхностях ограждающих конструкций, на участках теплопроводных включений, узлов примыканий внутренних и наружных стен, стыковых соединений с целью выявления зон с пониженной температурой, где возможно образование конденсата на поверхности конструкций;
- ▶ характер изменения температурного поля и коэффициент теплотехнической однородности конструкций;
- ▶ термическое сопротивление конструкций  $R_k$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , коэффициент теплоотдачи внутренней  $\alpha_v$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , и наружной  $\alpha_n$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , поверхностей;
- ▶ измерение тепловых потоков для определения теплозащитных свойств ограждающих конструкций;
- ▶ влажностное состояние ограждающих конструкций;
- ▶ воздухопроницаемость ограждающих конструкций;

# Тепловизионное обследование наружных ограждающих конструкций

Цели тепловизионного обследования наружных ограждающих конструкций:

- определения тепловых потерь,
- обнаружение скрытых дефектов строительства (стыки панелей, трещины), дефектов кладки и перекрытий;
- определение (оценку) сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций;
- обнаружение участков конструкций с повышенным содержанием влаги;
- выявление недостаточного утепления строительных конструкций;
- обнаружение утечек тепла через окна и остекленные участки зданий в результате плохого монтажа или производственных дефектов;
- анализ работы системы вентиляции и оценку интенсивности инфильтрации воздуха.



# Измерение плотности теплового потока

Плотность теплового потока определяется в соответствии с ГОСТ 25380–82 “Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции”.

Для измерения плотности тепловых потоков применяется измеритель плотности тепловых потоков ИТП–МГ4.03 “Поток”;

Измерение плотности теплового потока проводится с внутренней стороны ограждающих конструкций. Для этого преобразователь (датчик) приклеивается на внутреннюю поверхность ограждения и при восстановлении условий теплообмена определяется значение плотности тепловых потоков (Вт/м<sup>2</sup>).

Сопротивление теплопередаче наружных стен определяется по формуле:

$$R_n = \frac{t_B - t_H}{q}$$

где  $q$  — измеренная плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup>;

$t_B$  — температура внутреннего воздуха, °С;

$t_H$  — температура наружного воздуха, °С;



# Методы сбора данных

## Обследование инженерных систем

- ▶ температуры воды (теплоносителя) в прямом (подающем) трубопроводе;
- ▶ температуры воды (теплоносителя) в обратном трубопроводе;
- ▶ расхода воды (теплоносителя) в прямом (подающем) трубопроводе;
- ▶ расхода воды (теплоносителя) в обратном трубопроводе;
- ▶ давления воды (теплоносителя) в прямом (подающем) трубопроводе;
- ▶ давления воды (теплоносителя) в обратном трубопроводе.

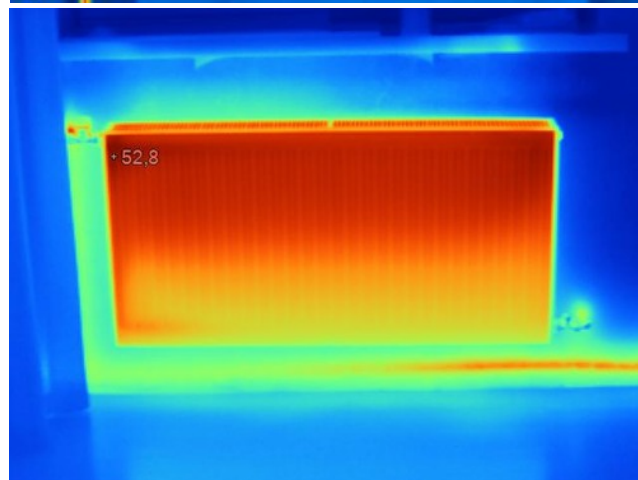
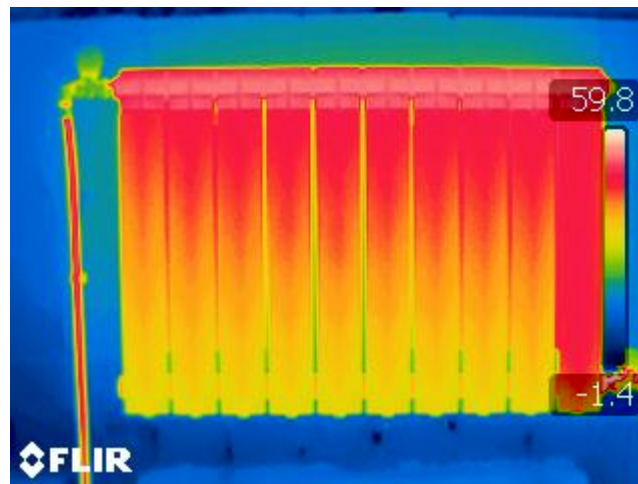




# Методы сбора данных

## Контроль состояния системы отопления

Проводится тепловизионная съемка отопительных приборов и стояков отопления с целью выявления равномерности прогрева отопительных приборов, отсутствия завоздушенности.



# Методы сбора данных

Инструментальные измерения анализатором электропотребления проводятся с целью определения степени соответствия параметров электрической энергии их установленным значениям, и оценки влияния качества электрической энергии на энергоэффективность. Для этого были измерены и проанализированы следующие показатели:

- ✓ коэффициент мощности ( $\cos\phi$ );
- ✓ основные ПКЭЭ;
- ✓ графики нагрузок.



# Методы сбора данных

## Проведение замеров уровня освещенности в местах общего пользования

Замеры освещенности мест общего пользования проводятся с целью установления соответствия уровней фактической освещенности нормированным значениям СНБ 2.04.05–98 Естественное и искусственное освещение.

Результаты измерений оценивают:

- ✓ соответствие уровня освещенности нормированным значениям, для создания комфортных условий
- ✓ определение завышенных, по отношению к нормативным, фактических уровней освещенности, т.е. выявление нерациональных расходов электрической энергии.



# Методики расчета показателей

Оценку фактического потребления электроэнергии по направлениям использования силового оборудования (лифты, насосы и пр.) можно произвести по формуле:

$$\mathcal{E}_i = P_{yi} \cdot K_{ci} \cdot T_i,$$

где  $P_{yi}$  – установленная мощность электрооборудования, кВт;

$K_{ci}$  – степень использования установленной мощности;

$T_i$  – фактическое время работы данного оборудования в течение рассматриваемого периода, час.

# Методики расчета показателей

Нормативное электропотребления на освещение мест общего пользования (поэтажные внеквартирные коридоры, лестницы, вестибюли жилых зданий) можно произвести по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{осв}} = p_y \cdot S \cdot T_i,$$

где  $p_y$  – максимально допустимая удельная установленная мощность, Вт/м<sup>2</sup>, (для рассматриваемых помещений составляет 4 Вт/м<sup>2</sup> при нормируемой освещенности 20 лк);

$S$  – площадь мест общего пользования, м<sup>2</sup>;

$T_i$  – расчетное время работы осветительных установок за рассматриваемый период, час.

# Методики расчета показателей

**Расчетное теплотребление** в системе отопления представляет собой расход тепловой энергии, требуемый для отопления и вентиляции жилого здания за отопительный период.

Расход тепловой энергии определяется при нормативных условиях отопительного периода.

Расчет проводится по методике, приведенной в ТКП 45– 2.04–195–2010 (02250) «Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики. Правила определения». В этом случае расчетный расход тепловой энергии определяется с учетом фактических (проектных) значений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, нормативного воздухообмена, расчетных бытовых тепловыделений и солнечных теплопоступлений.

# Методики расчета показателей

Расход тепловой энергии на ГВС за год, кВт·ч:

$$Q_{hw}^y = \frac{24 \cdot Q_{hw}}{(1 + k_{hl})} \cdot \left[ z_{hw} \cdot k_{hl} + z + \frac{\alpha \cdot (z_{hw} - z) \cdot (t_{hw} - t_{cs})}{t_{hw} - t_c} \right]$$

где  $k_{hl}$  – коэффициент, учитывающий потери тепловой энергии трубопроводами системы ГВС;

$z_{hw}$  – продолжительность пользования централизованным ГВС в течение года, сут.;

$z$  – продолжительность отопительного периода (принимается по СНиП 23–01–99\* «Строительная климатология»);

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий снижение уровня водозабора в жилых зданиях в летний период;

$t_{hw}$  – температура горячей воды, принимаемая равной 55 °С;

$t_c$  – температура холодной воды (при отсутствии данных ее следует принимать согласно СНиП 2.04.01–85\* равной 5 °С);

24 – количество часов в сутках;

$t_{cs}$  – температура холодной воды в летний период, при отсутствии данных принимаемая равной 15 °С.

# Методики расчета показателей

Среднечасовой расход тепловой энергии на ГВС, кВт:

$$Q_{hw}^y = \frac{24 \cdot Q_{hw}}{(1 + k_{hl})} \cdot \left[ z_{hw} \cdot k_{hl} + z + \frac{\alpha \cdot (z_{hw} - z) \cdot (t_{hw} - t_{cs})}{t_{hw} - t_c} \right]$$

где  $V_{h1}$  – среднечасовой расход горячей воды для всего здания, м<sup>3</sup>/ч;

$t_{hw}$  – температура горячей воды, принимаемая равной 55 °С;

$t_c$  – температура холодной воды (при отсутствии данных ее следует принимать согласно СНиП 2.04.01–85\* равной 5 °С);

$k_{hl}$  – коэффициент, учитывающий потери тепловой энергии трубопроводами системы ГВС;

$\rho_w$  – плотность воды, равная 1 кг/л;

$c_w$  – удельная теплоемкость воды, равная 4,2 кДж/(кг·°С);

3,6 – переводной коэффициент из кДж в кВт·ч;



# Методики расчета показателей

Расчетный расход тепловой энергии в системе ГВС определяется с использованием значения нормативного потребления горячей воды. В соответствии с СНиП 2.04.01–85 «Внутренний водопровод и канализация зданий» нормативный расход горячей воды принимается равным 105 л/сут на человека.

Среднечасовой расход горячей воды для всего здания, м<sup>3</sup>/ч, рассчитывается по формуле:

$$V_{hw.res} = \frac{g_h \cdot m}{24 \cdot 1000}$$

где  $g_h$  – средний за отопительный период расход горячей воды одним жителем, принимаемый при определении расчетного расхода 105 л/сут.;

$m$  – количество жителей.



*Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь*

# Спасибо за внимание !!!!

**Андрей Федорович МОЛОЧКО**  
*национальный консультант проекта,  
РУП «БелТЭИ», Беларусь*