

ОДОБРЕНО  
решением коллегии  
Департамента по  
энергоэффективности  
Государственного комитета  
по стандартизации  
Республики Беларусь  
(протокол от 7 июня 2024 г. № 2)

ПРИЛОЖЕНИЕ  
к приказу Департамента по  
энергоэффективности  
Государственного комитета  
по стандартизации  
Республики Беларусь  
от 10 июня 2024 г. № 24

## **Методические рекомендации по верификации энергетической эффективности для энергосберегающих мероприятий**

г. Минск, 2024 г.

## Оглавление

1. Общие положения.....	3
2. Методы верификации энергетической эффективности.....	7
3. Отчет о верификации энергетической эффективности .....	11
4. Порядок определения верифицированной экономии от внедрения энергосберегающих мероприятий .....	12

## 1. Общие положения

1. Настоящие Методические рекомендации по верификации энергетической эффективности для энергосберегающих мероприятий (далее – Методические рекомендации) разработаны в соответствии с Законом Республики Беларусь от 8 января 2015 г. № 239-З «Об энергосбережении» с изменениями и дополнениями от 24 мая 2021 г. № 111-З (далее – Закон), постановлении Совета Министров Республики Беларусь от 18 марта 2016 г. № 216 ”Об утверждении положений по вопросам энергосбережения, внесении изменений и дополнений в постановления Совета Министров Республики Беларусь от 31 июля 2006 г. № 981 и от 17 февраля 2012 г. № 156 и признании утратившими силу постановлений Совета Министров Республики Беларусь и структурных элементов постановлений Совета Министров Республики Беларусь“.

2. Настоящие Методические рекомендации устанавливают общие положения по определению фактической экономии энергетических ресурсов, порядок проведения верификации энергетической эффективности энергосберегающих мероприятий, реализуемых в соответствии с программами энергосбережения заказчиков для выполнения целевых показателей Государственной программы "Энергосбережение" и планами мероприятий по энергосбережению юридических лиц.

3. В настоящих Методических рекомендациях используются термины и определения в соответствии с СТБ 2574-2020 «Электроэнергетика. Основные термины и определения», а также следующие определения:

**3.1 базовое потребление энергетических ресурсов:** Потребление энергетических ресурсов, происходящее в течение базового периода, без учета корректировок.

**3.2 базовые данные:** Данные, относящиеся к базовому периоду.

**3.3 базовый период:** Период времени, выбранный для получения информации о параметрах работы объекта или системы перед реализацией мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

*Примечание — Этот период может быть коротким, как время, необходимое для одномоментного измерения параметров работы, или длинным, чтобы отражать полный рабочий цикл системы или объекта.*

**3.4. верификация энергетической эффективности** — сопоставление показателей энергетической эффективности деятельности, процесса или продукции с соответствующими требованиями или спецификациями, подтверждение соответствия путем

проверки и обеспечение объективных доказательств того, что заданные требования выполнены.

**3.5 границы измерений:** Воображаемая граница для разграничения оборудования и (или) системы, в отношении которого рассчитывается экономия, от того, для которого она не рассчитывается.

**3.6 имитационная модель:** Набор алгоритмов, с помощью которых вычисляют потребление энергетических ресурсов для объекта на основе проектных формул и параметров, определенных пользователем.

**3.7 независимый параметр:** Параметр, изменение которого предсказуемо, и который оказывает измеримое влияние на потребление энергетических ресурсов части объекта и (или) всего объекта.

**3.8 нестандартная корректировка:** Индивидуально разработанные математические модели расчета для учета изменений статических факторов в пределах границ измерений в отчетном периоде.

**3.9 нормализованная экономия:** Снижение потребления энергетических ресурсов в натуральном или стоимостном выражении, которое происходит в отчетный период, по сравнению с тем уровнем потребления энергетических ресурсов, которое бы объект имел в базовый период, при нормальных условиях эксплуатации до проведения мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

**3.10 нормальные условия:** Условия, основанные на долгосрочных средних величинах или величинах, существовавших в течение выбранного периода времени, отличающегося от отчетного периода.

*Примечание — Нормальные условия могут также устанавливаться как те условия, которые преобладали во время базового периода, в особенности, если они используются как базовые для прогнозируемой экономии. Если за нормальные условия принимаются условия отчетного периода, вместо термина «нормализованная экономия» используют термин «предотвращенное потребление энергетических ресурсов» (экономия).*

**3.11 объект:** Часть здания, целое здание, комплекс зданий, промышленный объект, содержащий несколько энергопотребляющих систем, оборудование или его часть, энергопотребляющая система.

*Примечание — Отдельные составные части большого объекта можно рассматривать как отдельный объект, если установлены приборы учета, которые измеряют все потребляемые им энергетические ресурсы.*

**3.12 отчетный период:** Период времени после внедрения мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в течение которого формируются отчеты о достигнутой энергетической эффективности.

**3.13 оценка:** Способ вычисления одного из параметров, используемого при расчете экономии, способами, отличающимися от проведения измерений в базовый и отчетный периоды. Эти методы могут варьироваться от предположений до инженерных оценок, сделанных на основе данных завода-изготовителя оборудования.

*Пример — Тестирование оборудования на соблюдение показателей эффективности, проведенное не там, где оно используется в течение отчетного периода, является оценкой.*

**3.14 предотвращенное потребление энергетических ресурсов:** Снижение потребления энергетических ресурсов, которое происходит за отчетный период, по сравнению с тем, которое имело бы место, если бы объект был оборудован и эксплуатировался, как это было в базовый период, но в эксплуатационных условиях отчетного периода.

**3.15 проект в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (проект):** Мероприятия, направленные на повышение энергетической эффективности объекта, его части или отдельной системы.

*Примечания*

*1 Проекты также могут быть направлены на сохранение энергетических ресурсов без изменения эффективности их использования.*

*2 Несколько энергосберегающих мероприятий могут выполняться на объекте одновременно, каждое с различной целью.*

*3 Энергосберегающие мероприятия могут проводиться в целях модернизации существующей системы объекта или для оптимизации решений в проектной документации перед строительством новой системы или объекта.*

**3.16 регрессионный анализ:** Математический метод, с помощью которого определяются параметры корреляции между измеренными независимыми параметрами и зависимыми переменными.

*Примечание — Обычно под зависимыми переменными подразумевают данные о потреблении энергетических ресурсов.*

**3.17 скорректированное базовое потребление энергетических ресурсов:** Потребление энергетических ресурсов за базовый период, скорректированное для учета различных условий эксплуатации в отчетный период.

**3.18 стандартная корректировка:** Расчеты, которые выполняются по определенной формуле для учета изменений в выбранных независимых параметрах в границах измерений с начала базового периода.

**3.19 статические факторы:** Характеристики объекта, которые влияют на потребление энергетических ресурсов в выбранных границах

измерений, но изменение которых не предполагается и которые не используются в качестве базовых для любых стандартных корректировок.

**3.20 цикл:** Период времени между началами нормальных аналогичных режимов эксплуатации объекта или части оборудования, чье потребление энергетических ресурсов колеблется в зависимости от условий эксплуатации или независимых параметров.

*Примеры*

*1 Цикл для большинства зданий в отношении потребления тепловой энергии составляет 12 месяцев, поскольку их теплопотребление зависит от погоды, которая изменяется по годовому циклу.*

*2 Цикл для офисного здания, которое в выходной потребляет энергию иначе, чем в остальные дни недели, составляет неделю.*

*3 Циклом для промышленного производства продукта является количество времени, затрачиваемое на одно повторяющееся действие.*

**3.21 экономия энергетических ресурсов (экономия):** Снижение потребления энергетических ресурсов в натуральном и (или) стоимостном выражении.

*Примечание — Экономю в натуральном выражении можно определить как предотвращенное потребление энергетических ресурсов или нормализованную экономию. Экономю в стоимостном выражении можно определить аналогичным образом как «стоимость предотвращенного потребления» или «стоимость нормализованной экономии». Термин «экономия» означает не просто разницу между счетами ресурсоснабжающих организаций или измеренными величинами потребления энергетических ресурсов в базовом и отчетном периодах, а с учетом соответствующих корректировок.*

**3.22 эффекты взаимодействия:** Эффекты, создаваемые при осуществлении энергосберегающих мероприятий, но в отношении которых измерения не проводятся, так как они находятся за пределами границ измерений.

*Пример — Снижение потребления энергетических ресурсов системой отопления часто уменьшает потребность в вентиляции и кондиционировании, что приводит к снижению потребления энергетических ресурсов и на эти цели. Правильно выбранные границы измерений будут учитывать именно потребление энергетических ресурсов на цели отопления, а не ее влияние на системы вентиляции и кондиционирования.*

4. Основные принципы измерения и верификации энергетической эффективности, используемые в Методических рекомендациях:

4.1 При определении количественного выражения энергетической эффективности должны измеряться критически важные параметры или параметры, информации о которых недостаточно. Значения менее критических или хорошо прогнозируемых параметров могут быть оценены.

4.2 Все действия по измерению и верификации энергетической эффективности должны быть открытыми. Необходимо обеспечить доступ для заинтересованных пользователей к содержанию плана по измерению и верификации энергетической эффективности и отчета о достигнутой энергетической эффективности.

4.3 Если делаются предположения (оценка) о неопределенных величинах, участвующих в расчетах, то при формировании отчета о достигнутой энергетической эффективности необходимо использовать ее нижнее значение.

4.4 Отчеты о проведении измерений и верификации энергетической эффективности должны быть настолько точными, насколько это позволяют выделенные на это средства.

4.5 Отчетность о достигнутой энергетической эффективности должна учитывать все эффекты реализации проекта.

4.5.1 Все значимые эффекты от реализации проекта должны быть измерены в рамках процедур измерения и верификации энергетической эффективности.

4.5.2 Допускается проведение оценки отдельных эффектов, не являющихся значимыми.

4.6 Отчетность о достигнутой энергетической эффективности по проекту должна обеспечивать совместимость (возможность сравнения) с различными типами проектов.

## **2. Методы верификации энергетической эффективности**

5. В общем случае при определении метода верификации используются следующие подходы.

5.1. Экономия определяется путем сравнения измеренного потребления энергетических ресурсов до и после реализации проекта, а также внесения соответствующих корректировок для приведения измеренных значений к сопоставимым условиям.

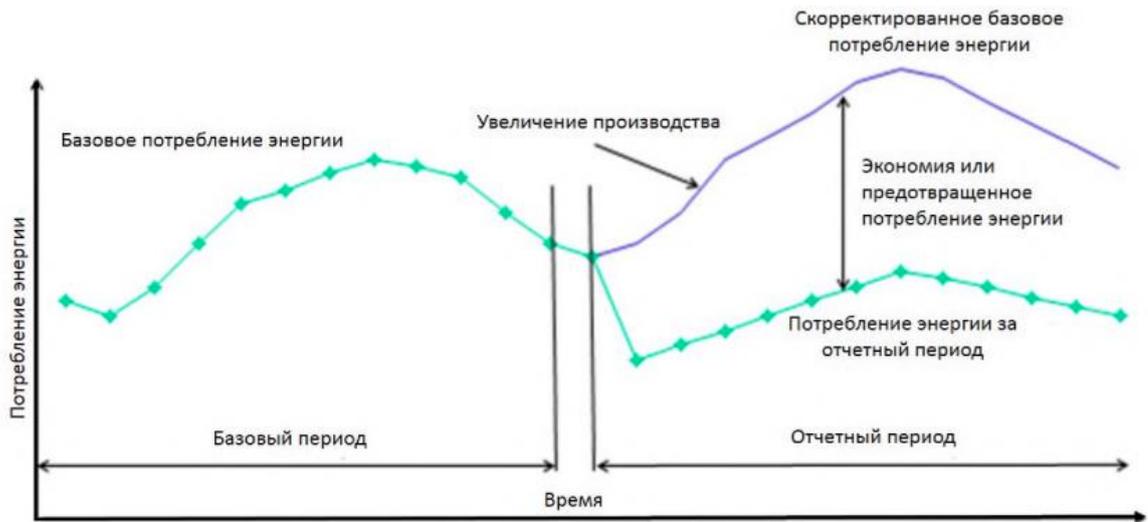


Рисунок 1 — Хронология потребления энергетических ресурсов

5.2. Необходимо отделять влияние проекта от влияния других подобных изменений, воздействующих на системы энергопотребления. Сравнение потребления энергетических ресурсов до и после реализации проекта необходимо проводить с использованием следующей общей формулы:

$$\begin{aligned} & \text{Экономия} = \\ & = (\text{Потребление энергетических ресурсов в базовом периоде} - \\ & - \text{Потребление энергетических ресурсов в отчетном периоде}) \pm \\ & \pm \text{Корректировки (1)} \end{aligned}$$

5.3. Корректировки в общем уравнении используются для пересчета объемов базового потребления энергетических ресурсов для приведения к сопоставимым условиям отчетного периода.

5.4. В целях определения энергетической эффективности допускается использовать один из следующих методов измерения и верификации энергетической эффективности (см. таблицу 1):

- метод А «Изоляция зоны модернизации: измерение основного параметра»;
- метод В «Изоляция зоны модернизации: измерение всех параметров»;
- метод С «Весь объект»;
- метод D «Компьютерное моделирование».

Таблица 1 — Краткое описание методов измерения и верификации энергетической эффективности

Метод	Расчет экономии	Пример применения
Метод А «Изоляция зоны модернизации: измерение основного параметра» Экономия определяется путем непосредственных измерений основного эксплуатационного параметра (параметров), который определяет потребление энергетических ресурсов системой, зависящего от реализованного проекта и/или который определяет успех проекта. Частота измерений параметра может изменяться от кратковременных до постоянных по времени, в зависимости от ожидаемых отклонений измеряемого параметра, и продолжительности отчетного периода.	Инженерный расчет за базовый и отчетный периоды на основе: - краткосрочных или постоянных измерений основного эксплуатационного параметра (параметров) - оценочных значений. Стандартные корректировки применяют при изменениях в выбранных независимых параметрах. Нестандартные корректировки применяют при изменении статических факторов	Модернизация системы освещения. Потребляемая осветительными приборами мощность является основным эксплуатационным параметром, который измеряется. Оценка часов работы системы освещения производится на основании графика работы здания и (или) специфики деятельности персонала (количество смен и т. д.)
Параметры, не выбранные для непосредственных измерений, оценивают. Оценка может быть основана на ретроспективных данных, спецификациях производителей или инженерной оценке. Для каждого оцениваемого параметра необходимо зафиксировать источник данных. Погрешность величины экономии определяют на основе оценки, а не измерений		
Метод В «Изоляция зоны модернизации: измерение всех параметров» При этом методе производят измерения потребления энергетических ресурсов системой, участвующей в проекте. Частота измерений может изменяться от кратковременных до постоянных по времени, в зависимости от ожидаемых отклонений измеряемых параметров, и продолжительности отчетного периода	Кратковременные или постоянные по времени измерения потребления энергетических ресурсов в базовом и отчетном периодах и/или инженерные расчеты, использующие данные измерений потребления энергетических ресурсов системой, участвующей в проекте	Установка частотно-регулируемых приводов на насосные агрегаты. Электрическую мощность, кВт, которую потребляет насос, измеряют каждую минуту соответствующим прибором учета, который стоит на насосе
	Стандартные корректировки применяют при изменениях в выбранных независимых параметрах. Нестандартные корректировки применяют при изменении статических факторов	Во время базового периода измерения проводят в течение недели для определения постоянной нагрузки. Прибор учета снимает показания потребляемой мощности в течение всего отчетного периода, чтобы отслеживать отклонения в потребляемой мощности
Метод С «Весь объект» Экономия определяют путем	Анализируют данные прибора учета за базовый и отчетный	Многоаспектная программа управления потреблением

измерения потребления энергетических ресурсов на всем объекте или части объекта. Постоянные измерения потребления энергетических ресурсов всем объектом проводят в течение отчетного периода	периоды для всего объекта. Стандартные корректировки применяют при изменениях в выбранных независимых параметрах. Используют сравнительный или регрессионный анализ. Нестандартные корректировки применяют при изменении статических факторов	энергетических ресурсов, затрагивающая многие системы объекта. Измерение потребления энергетических ресурсов объектом по видам энергетических ресурсов (электричество, газ и т. д.) по приборам учета за двенадцатимесячный базовый период и в течение отчетного периода
Метод D «Компьютерное моделирование» Экономия определяется путем моделирования потребления энергетических ресурсов всем объектом или частью объекта. Имитационная модель демонстрирует достоверное потребление энергетических ресурсов на объекте. Данный метод требует навыков в компьютерном моделировании	Смоделированное потребление энергетических ресурсов, откалиброванное по часовым или помесечным данным потребления энергетических ресурсов (для уточнения данных для калибровки программного обеспечения могут использоваться фактические данные учета потребления энергетических ресурсов)	Учет влияния энергосберегающих мероприятий при проектировании здания: используется только в том случае, если в течение базового периода приборы учета отсутствовали. Для калибровки программного обеспечения используют измеренные данные потребления энергетических ресурсов после установки приборов учета после введения здания в эксплуатацию. Базовое потребление энергетических ресурсов, определенное с использованием компьютерного моделирования, сравнивают с откалиброванной моделью потребления энергетических ресурсов за отчетный период

5.5 Для определения границ измерений используются следующие подходы.

5.5.1. Границы измерений могут охватывать отдельную инженерную систему объекта или весь объект.

5.5.2. Если границы измерений меньше всего объекта, то, при необходимости, устанавливают дополнительные приборы учета на границах измерений.

5.5.3. Обособленные приборы учета устанавливают на границах измерений между оборудованием (инженерной системой объекта), на котором реализуется проект, и оборудованием (инженерной системой объекта), на которое этот проект не влияет.

5.5.4. При формировании границ измерений следует учитывать все оборудование и системы, потребляющие энергетические ресурсы, на которые оказывает влияние проект за границами измерений.

5.5.5. Если проект влияет на потребление энергетических ресурсов иных систем, то этот эффект взаимодействия должен быть оценен. Если ожидается, что эффект взаимодействия будет значительный, то должна быть выполнена его оценка с инженерной точки зрения, как части измеренной экономии энергетических ресурсов.

5.6. Для Методических рекомендаций используются следующие принципы измерений.

5.6.1. Необходимо определить частоту проводимых измерений. На принятие решения о том, будут измерения проводиться постоянно или периодически, влияет ожидаемая степень изменчивости основного параметра. В случаях, когда не ожидается изменений основного параметра, его можно измерять сразу после реализации проекта и периодически проверять в течение отчетного периода. Частота подобных проверок может быть определена экспериментально — начав с частых измерений, чтобы убедиться, что параметр является постоянным. Если его постоянство доказано, частоту измерений можно снизить. Для поддержания контроля над процессом по мере уменьшения частоты измерений основного определяющего экономию параметра, можно предпринимать более частые проверки или тесты того, что модернизированное оборудование эксплуатируется надлежащим образом.

5.6.2. Если измерения носят непостоянный характер и измерительное оборудование снимают с места снятия показаний между измерениями, то место измерений и характеристики измерительного оборудования должны быть задокументированы вместе с описанием процедур, используемых для поверки измерительного оборудования.

5.6.3. Если ожидают, что измеряемая величина будет постоянна, то периоды проведения измерений могут быть короткими и проводиться по графику, согласованному и задокументированному в плане измерения и верификации энергетической эффективности.

5.6.4. Если проект реализуют многократно в пределах границы измерений, то можно проводить измерения не всех одинаковых мероприятий, а только от статистически правильной части по репрезентативной выборке.

### **3. Отчет о верификации энергетической эффективности**

6. По результатам измерений и верификации энергетической эффективности рекомендуется сформировать отчет, содержащий следующие разделы.

6.1. Раздел «Цели проекта», включающий описание энергосберегающего мероприятия, ожидаемый результат от его внедрения.

6.2. Раздел «Выбранный метод и границы измерений», включающий описание метода, используемого для определения экономии и границы измерений для расчета экономии.

6.3. Раздел «Базовое потребление энергетических ресурсов: период, энергетические ресурсы и условия» должен включать в себя следующие подразделы:

- определение базового периода;
- данные о потреблении энергетических ресурсов;
- данные об установленной мощности;
- описание независимых параметров;
- описание статических факторов.

6.4. Раздел «Отчетный период, измерения и корректировки» должен содержать следующие подразделы:

- продолжительность отчетного периода;
- используемые статистические и технические формы для исходных данных;
- периодичность (график) проводимых контрольных измерений;
- продолжительность проводимых контрольных измерений
- набор условий, на которые должны корректироваться измерения потребления энергетических ресурсов;
- описание мест проведения измерений;
- описание процедуры и методик проведения измерений.

6.4. Раздел «Расчет верифицированной экономии энергетических ресурсов», выполненный в соответствии с разделом 7 настоящих Методических рекомендаций с определением достигнутой энергетической эффективности.

#### **4. Порядок определения верифицированной экономии от внедрения энергосберегающих мероприятий**

7. Фактическую экономию от внедрения типовых энергосберегающих мероприятий рекомендуется определять по методикам, приведенным в данном разделе. Данные методики не являются окончательными и могут быть адаптированы под конкретные энергосберегающие мероприятия и условия их реализации с обоснованием методов, способов, границ и процедур измерения и верификации.

7.1. Верификация энергетической эффективности применения газовых инфракрасных излучателей

Экономический эффект от применения газовых инфракрасных излучателей достигается за счет:

снижения потребления топлива за счет локализации зоны обогрева производственных помещений;

снижения потребления топлива из-за равномерного распределения теплоты в воздушном объеме помещения;

исключения тепловых потерь по теплотрассе или паропроводу;

снижения потребления электроэнергии на транспортировку.

Годовое потребление тепловой энергии на отопление и вентиляцию помещений определяется по формуле:

$$Q_{\Gamma} = (A \cdot V \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}) \cdot 10^{-6} \cdot n \cdot (q_o \cdot T_o + q_v \cdot T_v)), \text{ Гкал}; [1]$$

где  $A$  – поправочный коэффициент для различных регионов на температурный график, для республики Беларусь принят 1,02;

$V$  – объем помещений, м<sup>3</sup>;

$t_{\text{вн}}$ ,  $t_{\text{н}}$  – температура воздуха внутри помещения и снаружи соответственно, °С (определяется на основе СП 2.04.01-2020);

$q_o$  – удельный расход теплоты на отопление, ккал/ч\*м<sup>3</sup>\*°С (определяется по нормам расходов ТЭР);

$q_v$  – удельный расход теплоты на вентиляцию, ккал/ч\*м<sup>3</sup>\*°С (определяется по нормам расходов ТЭР);

$T_o$  – время работы отопления в сутки, часов;

$T_v$  – время работы системы вентиляции в сутки, часов;

$n$  – продолжительность отопительного периода в году, суток (определяется на основе СП 2.04.02-2020).

Экономия топлива от снижения потребления тепловой энергии по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически, определяется по формулам:

$$V_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}} = Q_{\Gamma}^{\text{ТЭО}} \cdot (1 + k_{\text{пот}}^{\text{ТЭО}} / 100) \cdot b_{\text{ТЭ}} / 10^3 - Q_{\Gamma}^{\text{ТЭО}} \cdot b_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}} / 10^3, \text{ т у.т.} [2]$$

$$V_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}} = Q_{\Gamma}^{\text{факт}} \cdot (1 + k_{\text{пот}}^{\text{факт}} / 100) \cdot b_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}} / 10^3 - Q_{\Gamma}^{\text{факт}} \cdot b_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}} / 10^3, \text{ т у.т.}, [3]$$

где  $Q_{\Gamma}^{\text{ТЭО}}$  – годовое потребление тепловой энергии на отопление и вентиляцию помещений по ТЭО, Гкал;

$Q_{\Gamma}^{\text{факт}}$  – фактическое годовое потребление тепловой энергии на отопление и вентиляцию помещений после реализации проекта, Гкал;

$b_{\text{ТЭ}}$  – удельный расход топлива действующего теплоисточника до реализации проекта теплоисточника, кг у.т./Гкал;

$b_{тэ}^{тэо}$  – удельный расход топлива локального теплоисточника по ТЭО, кг у.т./Гкал;

$b_{тэ}^{факт}$  – фактический удельный расход топлива локального теплоисточника, кг у.т./Гкал;

$k_{пот}^{тэо}$  – технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях по ТЭО, % (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{пот}^{факт}$  – технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях на момент верификации, % (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Экономия условного топлива на источнике электроснабжения по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически (при этом Лукомльская ГРЭС принимается замыкающей станцией в белорусской энергосистеме) определяется по формулам:

$$B_{э}^{тэо} = (Q_{г} \cdot \left(1 + \frac{k_{пот}}{100}\right) \cdot b_{тэ} - Q_{г}^{тэо} \cdot b_{тэ}^{тэо}) \cdot \frac{k_{пот\ э}^{тэо}}{100} \cdot b_{ээ}^{тэо} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [4]}$$

$$B_{э}^{факт} = (Q_{г} \cdot \left(1 + \frac{k_{пот}}{100}\right) \cdot b_{тэ} - Q_{г}^{факт} \cdot b_{тэ}^{факт}) \cdot \frac{k_{пот\ э}^{факт}}{100} \cdot b_{ээ}^{факт} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [5]}$$

где  $k_{пот}$  – технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях до реализации проекта, %;

$k_{пот\ э}^{тэо}$  – коэффициент, учитывающий потери в электрических сетях по ТЭО (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{пот\ э}^{факт}$  – коэффициент, учитывающий фактические потери в электрических сетях (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{ээ}^{тэо}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий составлению ТЭО, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{ээ}^{факт}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий верификации, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Суммарная экономия условного топлива от внедрения мероприятия определяется по формулам:

$$B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} = B_{\text{ЭЭ}}^{\text{ТЭО}} + B_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}}, \text{ т у.т. [6]}$$

$$B_{\Sigma}^{\text{факт}} = B_{\text{ЭЭ}}^{\text{факт}} + B_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}}, \text{ т у.т. [7]}$$

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_{\Sigma} = B_{\Sigma}^{\text{факт}} - B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} \text{ [8]}$$

## 7.2. Верификация энергетической эффективности от замены пневмотранспорта на механическую систему транспортировки

При замене пневматической системы транспортировки на механическую экономический эффект достигается за счет снижения расхода электроэнергии на производственные нужды вследствие вывода из эксплуатации энергоемкого оборудования, обеспечивающего необходимое давление для системы пневмотранспорта.

Удельные расходы на транспортировку 1 тонны сыпучих материалов для пневматической (эпн) и механической (эмех) систем транспортировки определяются по формулам:

$$\varepsilon_{\text{пн}}^{\text{баз.п}} = N_{\text{пн}}^{\text{баз.п}} \cdot K_{\text{пн}}^{\text{баз.п}} \cdot T_{\text{пн}}^{\text{баз.п}} / M^{\text{баз.п}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч/т [9]}$$

$$\varepsilon_{\text{мех}}^{\text{ТЭО}} = N_{\text{мех}}^{\text{ТЭО}} \cdot K_{\text{мех}}^{\text{ТЭО}} \cdot T_{\text{мех}}^{\text{ТЭО}} / M^{\text{ТЭО}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч/т [10]}$$

$$\varepsilon_{\text{мех}}^{\text{факт}} = N_{\text{мех}}^{\text{факт}} \cdot K_{\text{мех}}^{\text{факт}} \cdot T_{\text{мех}}^{\text{факт}} / M^{\text{факт}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч/т [11]}$$

где  $N_{\text{пн}}^{\text{баз.п}}$  – суммарная установленная мощность группы электропотребляющего оборудования до реализации проекта, кВт;

$N_{\text{мех}}^{\text{ТЭО}}$  – суммарная установленная мощность группы электропотребляющего оборудования (насосы, компрессоры для пневмотранспорта и скребковые конвейеры, ковшовые элеваторы для механической системы) по ТЭО, кВт;

$N_{\text{мех}}^{\text{факт}}$  – суммарная установленная мощность группы электропотребляющего оборудования (насосы, компрессоры для пневмотранспорта и скребковые конвейеры, ковшовые элеваторы для механической системы) после реализации проекта, кВт;

$K_{\text{пн}}^{\text{баз.п}}$  – коэффициент использования электрической мощности для пневматической системы транспортировки (определяется технологией производственного процесса);

$K_{\text{мех}}^{\text{ТЭО}}$  – коэффициент использования электрической мощности для механической системы транспортировки по ТЭО (определяется технологией производственного процесса);

$K_{\text{мех}}^{\text{факт}}$  – коэффициент использования электрической мощности для механической системы транспортировки после реализации проекта;

$T_{\text{пн}}^{\text{баз.п}}$  – годовое число часов использования средней нагрузки для пневматической системы транспортировки (определяется технологией производственного процесса);

$T_{\text{мех}}^{\text{ТЭО}}$  – годовое число часов использования средней нагрузки для механической системы транспортировки по ТЭО (определяется технологией производственного процесса);

$T_{\text{мех}}^{\text{факт}}$  – годовое число часов использования средней нагрузки для механической системы транспортировки после реализации проекта;

$M^{\text{баз.п}}$  – годовая производительность технологических линий до реализации проекта, т/год;

$M^{\text{ТЭО}}$  – годовая производительность технологических линий по ТЭО, т/год;

$M^{\text{факт}}$  – годовая производительность технологических линий после реализации проекта, т/год.

Экономия условного топлива от снижения расхода электрической энергии, определяется по формулам:

$$V_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}} = (\varepsilon_{\text{пн}}^{\text{баз.п}} - \varepsilon_{\text{мех}}^{\text{ТЭО}}) \cdot M^{\text{ТЭО}} \cdot \frac{b_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}}}{10^3} \cdot \frac{(100 + k_{\text{пот}}^{\text{ТЭО}})}{100} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [12]}$$

$$V_{\text{ээ}}^{\text{факт}} = (\varepsilon_{\text{пн}}^{\text{баз.п}} - \varepsilon_{\text{мех}}^{\text{факт}}) \cdot M^{\text{факт}} \cdot \frac{b_{\text{ээ}}^{\text{факт}}}{10^3} \cdot \frac{(100 + k_{\text{пот}}^{\text{факт}})}{100} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [13]}$$

где:  $b_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}}$  – фактический годовой удельный расход топлива на отпуск электроэнергии на замыкающей электростанции (Лукомльской ГРЭС) принятый при разработке ТЭО, г у.т./кВт·ч;

$k_{\text{пот}}^{\text{ТЭО}}$  – технологический расход электрической энергии в электрических сетях на транспорт электроэнергии в системе ГПО "Белэнерго" принятый при разработке ТЭО, %

$b_{\text{ээ}}^{\text{факт}}$  – фактический годовой удельный расход топлива на отпуск электроэнергии на замыкающей электростанции (Лукомльской ГРЭС) за последний отчетный период (год), г у.т./кВт·ч;

$k_{\text{пот}}^{\text{факт}}$  - коэффициент потерь электроэнергии в электрических сетях ГПО «Белэнерго» (с учетом распределительных) (год), %

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_{\text{ээ}} = B_{\text{ээ}}^{\text{факт}} - B_{\text{ээ}}^{\text{тэо}} \quad [14]$$

7.3. Верификация энергетической эффективности внедрения энергоэффективного освещения (в том числе с автоматической регулировкой)

Экономический эффект от реализации мероприятия достигается за счет:

- применения современных энергоэффективных осветительных приборов с низким электропотреблением, высокими показателями светового потока на единицу мощности

- внедрения систем автоматизации управления освещением с контролем уровня освещенности, секционным и зонным управлением, плавным управлением мощностью и световым потоком.

Определение потребляемого количества электроэнергии при работе освещения, как для существующей системы освещения, так и для внедряемой взамен, осуществляется по формулам:

$$\mathcal{E}^{\text{баз.п}} = N^{\text{баз.п}} \cdot n \cdot k_{\text{пра}}^{\text{баз.п}} \cdot T^{\text{баз.п}} \cdot k_{\text{с}} \cdot k_{\text{ау}}^{\text{баз.п}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad [15]$$

$$\mathcal{E}^{\text{тэо}} = N^{\text{тэо}} \cdot n \cdot k_{\text{пра}}^{\text{тэо}} \cdot T^{\text{тэо}} \cdot k_{\text{с}} \cdot k_{\text{ау}}^{\text{тэо}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad [16]$$

$$\mathcal{E}^{\text{факт}} = N^{\text{факт}} \cdot n \cdot k_{\text{пра}}^{\text{факт}} \cdot T^{\text{факт}} \cdot k_{\text{с}} \cdot k_{\text{ау}}^{\text{факт}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad [17]$$

где  $N^{\text{баз.п}}$  – единичная мощность осветительного прибора (светильника, лампы, прожектора) до реализации проекта, Вт;

$N^{\text{тэо}}$  – единичная мощность осветительного прибора (светильника, лампы, прожектора) по ТЭО, Вт;

$N^{\text{факт}}$  – единичная мощность осветительного прибора (светильника, лампы, прожектора) после реализации проекта, Вт;

$n$  – количество осветительных приборов одинаковой мощности, типа, режима эксплуатации, шт.;

$k_{пра}^{баз.п}$  – коэффициент потери мощности в ПРА (пуско-регулирующих аппаратах, драйверах) осветительного прибора до реализации проекта (определяется на основе приложения 1);

$k_{пра}^{ТЭО}$  – коэффициент потери мощности в ПРА (пуско-регулирующих аппаратах, драйверах) осветительного прибора по ТЭО (определяется на основе приложения 1);

$k_{пра}^{факт}$  – коэффициент потери мощности в ПРА (пуско-регулирующих аппаратах, драйверах) осветительного прибора после реализации проекта (определяется на основе приложения 1);

$T^{баз.п}$  – время использования максимума осветительной нагрузки до реализации проекта (определяется на основе приложения 1), часов;

$T^{ТЭО}$  – время использования максимума осветительной нагрузки по ТЭО (определяется на основе приложения 1), часов;

$T^{факт}$  – фактическое время использования максимума осветительной нагрузки после реализации проекта, часов;

$k_c$  – технологический коэффициент спроса осветительной нагрузки (определяется на основе приложения 1);

$k_{ay}^{баз.п}$  – коэффициент автоматизации управлением освещением до реализации проекта (определяется на основе приложения 1);

$k_{ay}^{ТЭО}$  – коэффициент автоматизации управлением освещением по ТЭО (определяется на основе приложения 1);

$k_{ay}^{факт}$  – коэффициент автоматизации управлением освещением после реализации проекта (определяется на основе приложения 1);

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительного освещения в пасмурное время (для внутреннего освещения принимается равным 1,08, для наружного – 1).

Экономия условного топлива в результате энергосберегающего мероприятия, определяется по формулам:

$$B_{ээ}^{ТЭО} = (\mathcal{E}^{баз.п} - \mathcal{E}^{ТЭО}) \cdot \left(1 + \frac{k_{пот\ э}^{ТЭО}}{100}\right) \cdot b_{ээ}^{ТЭО} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [18]}$$

$$B_{ээ}^{факт} = (\mathcal{E}^{баз.п} - \mathcal{E}^{факт}) \cdot \left(1 + \frac{k_{пот\ э}^{факт}}{100}\right) \cdot b_{ээ}^{факт} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [19]}$$

$k_{пот\ э}^{ТЭО}$  – коэффициент, учитывающий потери в электрических сетях по ТЭО (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{\text{пот } \varepsilon}^{\text{факт}}$  – коэффициент, учитывающий фактические потери в электрических сетях за отчетный период (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\varepsilon\varepsilon}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий составлению ТЭО, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\varepsilon\varepsilon}^{\text{факт}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий проведению верификации, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_{\varepsilon\varepsilon} = B_{\varepsilon\varepsilon}^{\text{факт}} - B_{\varepsilon\varepsilon}^{\text{ТЭО}} \quad [20]$$

#### 7.4. Верификация энергетической эффективности внедрения автоматических систем компенсации реактивной мощности

Экономический эффект от реализации мероприятия достигается за счет повышения коэффициента мощности ( $\cos\varphi$ ). При одной и той же используемой мощности электроприемник с низким коэффициентом мощности потребляет больший ток, что вызывает увеличение нагрузки линии электропередач и трансформаторов. Это ведет к уменьшению эксплуатационной мощности трансформатора, генератора и увеличивает потери электроэнергии в сетях. Так при уменьшении коэффициента мощности от 1 до 0,5 потери электроэнергии увеличиваются в четыре раза.

Экономия условного топлива от внедрения автоматических систем компенсации реактивной мощности с учетом потерь на транспорт электроэнергии в электросетях определяется по формулам:

$$B_{\varepsilon\varepsilon}^{\text{ТЭО}} = P_{\text{ср}}^{\text{ТЭО}} \cdot k_{\text{квар}} \cdot K_{\varepsilon} \cdot t^{\text{ТЭО}} \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{пот } \varepsilon}^{\text{ТЭО}}}{100}\right) \cdot b_{\varepsilon\varepsilon}^{\text{ТЭО}} \cdot 10^{-6}, \text{ Т у.т.} \quad [21]$$

$$B_{\varepsilon\varepsilon}^{\text{факт}} = P_{\text{ср}}^{\text{факт}} \cdot k_{\text{квар}} \cdot K_{\varepsilon} \cdot t^{\text{факт}} \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{пот } \varepsilon}^{\text{факт}}}{100}\right) \cdot b_{\varepsilon\varepsilon}^{\text{факт}} \cdot 10^{-6}, \text{ Т у.т.} \quad [22]$$

где  $P_{\text{ср}}^{\text{ТЭО}}$  – среднегодовая активная мощность по ТЭО, кВт;

$P_{\text{ср}}^{\text{факт}}$  – фактическая среднегодовая активная мощность, кВт;

$k_{\text{квар}}$  – коэффициент, получаемый из таблицы в соответствии со значениями коэффициентов мощности  $\cos \varphi_1$  и  $\cos \varphi_2$ , кВар/кВт (приложение 2);

$K_{\text{э}}$  – экономический эквивалент прироста активной мощности за счет компенсации реактивной мощности, равный 0,1 кВт/кВар;

$t^{\text{ТЭО}}$  – количество часов работы компенсирующего устройства в год по ТЭО, ч;

$t^{\text{факт}}$  – фактическое количество часов работы компенсирующего устройства в год, ч;

$k_{\text{пот э}}^{\text{ТЭО}}$  – коэффициент, учитывающий потери в электрических сетях по ТЭО (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{\text{пот э}}^{\text{факт}}$  – коэффициент, учитывающий фактические потери в электрических сетях (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий составлению ТЭО, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\text{ээ}}^{\text{факт}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий верификации, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_{\text{ээ}} = B_{\text{ээ}}^{\text{факт}} - B_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}} \quad [23]$$

## 7.5. Верификация энергетической эффективности внедрения конденсационных теплоутилизаторов на котлы

Применение теплоутилизаторов позволяет увеличить коэффициент полезного действия котельной установки и снизить себестоимость производимой тепловой энергии.

Показатели фактического годового числа часов работы и коэффициент загрузки котлоагрегата до проекта и после внедрения определяется из журналов (ведомостей) работы котла.

Определение экономии условного топлива от изменения КПД котельной установки осуществляется по формулам:

$$V_{ТЭ}^{ТЭО} = Q^{без.п} \cdot (b_{ТЭ}^{баз.п} - \frac{142,86}{\eta_{кот}^{баз.п} + \eta_{ту}^{ТЭО}} \cdot 100) \cdot 10^{-3}, \text{ т у. т. [24]}$$

$$V_{ТЭ}^{факт} = Q^{без.п} \cdot (b_{ТЭ}^{баз.п} - \frac{142,86}{\eta_{кот}^{баз.п} + \eta_{ту}^{факт}} \cdot 100) \cdot 10^{-3}, \text{ т у. т. [25]}$$

где  $Q^{баз.п}$  – фактическая выработка тепловой энергии котельной установки до реализации мероприятия, Гкал;

$b_{ТЭ}^{баз.п}$  – фактическая удельная норма расхода топлива на выработку тепловой энергии котлом до реализации мероприятия, кг у. т./Гкал;

142,86 – удельный расход условного топлива на выработку 1 Гкал тепловой энергии при КПД 100%, кг у.т./Гкал;

$\eta_{кот}^{баз.п}$  – коэффициент полезного действия установленного котла, %;

$\eta_{ту}^{ТЭО}$  – повышение КПД за счет установки конденсационного теплоутилизатора по ТЭО, % (исходя из полученного практического опыта КПД установки после оснащения теплоутилизатором повышается на 4-7%);

$\eta_{ту}^{факт}$  – фактическое повышение КПД за счет установки конденсационного теплоутилизатора после реализации мероприятия, %.

$$V_{ЭЭ}^{ТЭО} = P \cdot n^{ТЭО} \cdot \left(1 + \frac{k_{пот\ э}^{ТЭО}}{100}\right) \cdot b_{ЭЭ}^{ТЭО} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [26]}$$

$$V_{ЭЭ}^{факт} = P \cdot n^{факт} \cdot \left(1 + \frac{k_{пот\ э}^{факт}}{100}\right) \cdot b_{ЭЭ}^{факт} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [27]}$$

где  $P$  – мощность нового оборудования, используемого с теплоутилизатором, кВт;

$n^{ТЭО}$  – количество часов работы электропотребляющего оборудования, установленного совместно с теплоутилизатором по ТЭО;

$n^{факт}$  – фактическое количество часов работы электропотребляющего оборудования, установленного совместно с теплоутилизатором после реализации мероприятия;

$k_{пот\ э}^{ТЭО}$  – коэффициент, учитывающий потери в электрических сетях по ТЭО (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{\text{пот } \varepsilon}^{\text{факт}}$  – коэффициент, учитывающий фактические потери в электрических сетях (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\varepsilon\varepsilon}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий составлению ТЭО, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\varepsilon\varepsilon}^{\text{факт}}$  удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий верификации, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Суммарная экономия условного топлива от внедрения мероприятия определяется по формулам:

$$V_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} = V_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}} - V_{\varepsilon\varepsilon}^{\text{ТЭО}}, \text{ т у.т. [28]}$$

$$V_{\Sigma}^{\text{факт}} = V_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}} - V_{\varepsilon\varepsilon}^{\text{факт}} +, \text{ т у.т. [29]}$$

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta V_{\Sigma} = V_{\Sigma}^{\text{факт}} - V_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} \text{ [30]}$$

## 7.6. Верификация энергетической эффективности замены нагревательного электрооборудования в пищеблоках на энергоэффективное

При замене устаревшего неэффективного нагревательного электрооборудования в пищеблоках (электроплиты, электросковороды, котлы пищеварочные, электромармиты, кипятильники) на современное энергоэффективное экономический эффект достигается путем:

- уменьшения использования электрической энергии на разогрев, за счет применения более эффективных трубчатых электронагревателей (ТЭН) или индуцированных вихревых токов (индукционные плиты)

- уменьшения использования электрической энергии за счет более высокого КПД нового оборудования, а также автоматизации и применения энергосберегающих технологий процесса приготовления пищи.

Определение годового расхода электроэнергии на заменяемом и энергоэффективном оборудовании определяется по формулам:

$$\mathcal{E}^{\text{баз.п}} = N^{\text{баз.п}} \cdot \left( \frac{T_{\text{разогр}}^{\text{баз.п}}}{60} \cdot n_{\text{разогр}}^{\text{баз.п}} + k^{\text{баз.п}} \cdot T_{\text{пригот}}^{\text{баз.п}} \right) \cdot Z^{\text{баз.п}} \cdot 100/\eta^{\text{баз.п}},$$

кВт·ч [31]

$$\mathcal{E}^{\text{ТЭО}} = N^{\text{ТЭО}} \cdot \left( \frac{T_{\text{разогр}}^{\text{ТЭО}}}{60} \cdot n_{\text{разогр}}^{\text{ТЭО}} + k^{\text{ТЭО}} \cdot T_{\text{пригот}}^{\text{ТЭО}} \right) \cdot Z^{\text{ТЭО}} \cdot 100/\eta^{\text{ТЭО}},$$

кВт·ч [32]

$$\mathcal{E}^{\text{факт}} = N^{\text{факт}} \cdot \left( \frac{T_{\text{разогр}}^{\text{факт}}}{60} \cdot n_{\text{разогр}}^{\text{факт}} + k^{\text{факт}} \cdot T_{\text{пригот}}^{\text{факт}} \right) \cdot Z^{\text{факт}} \cdot 100/\eta^{\text{факт}},$$

кВт·ч [33]

где  $N^{\text{баз.п}}$  – установленная мощность нагрева заменяемого оборудования, кВт;

$N^{\text{ТЭО}}$  – установленная мощность нагрева энергоэффективного оборудования по ТЭО, кВт;

$N^{\text{факт}}$  – установленная мощность нагрева энергоэффективного оборудования на период верификации, кВт;

$T_{\text{разогр}}^{\text{баз.п}}$  – время разогрева заменяемого оборудования до рабочей температуры, мин. (принимается согласно паспортным данным оборудования);

$T_{\text{разогр}}^{\text{ТЭО}}$  – время разогрева энергоэффективного оборудования до рабочей температуры по ТЭО, мин (принимается по паспортным данным оборудования, для индукционных электроплит допускается принимать равным 0);

$T_{\text{разогр}}^{\text{факт}}$  – время разогрева энергоэффективного оборудования до рабочей температуры после внедрения мероприятия, мин;

$n_{\text{разогр}}^{\text{баз.п}}$  – количество разогревов в сутки на заменяемом оборудовании;

$n_{\text{разогр}}^{\text{ТЭО}}$  – количество разогревов в сутки на энергоэффективном оборудовании по ТЭО;

$n_{\text{разогр}}^{\text{факт}}$  – количество разогревов в сутки на энергоэффективном оборудовании после реализации мероприятия;

$k^{\text{баз.п}}$  – коэффициент использования установленной мощности при процессе приготовления пищи (принимается по паспортным данным оборудования как отношение паспортной мощности приготовления к

максимальной мощности разогрева, в случае отсутствия данных допускается принимать для котлов пищеварочных, сковород - 0,7, электроплит - 0,6, электромармитов - 0,8, оборудования для кипячения и подогрева жидкостей – 0,5) на заменяемом оборудовании;

$k^{ТЭО}$  – коэффициент использования установленной мощности при процессе приготовления пищи на энергоэффективном оборудовании по ТЭО (принимается по паспортным данным оборудования как отношение паспортной мощности приготовления к максимальной мощности разогрева, в случае отсутствия данных допустимо снижение по сравнению с  $k_1$  на 5-10%);

$k^{факт}$  – коэффициент использования установленной мощности при процессе приготовления пищи на энергоэффективном оборудовании после реализации мероприятия;

$T_{пригот}^{баз.п}$  – количество часов в сутки, затрачиваемое на приготовление пищи на заменяемом оборудовании без учета времени разогрева, час;

$T_{пригот}^{ТЭО}$  – количество часов в сутки, затрачиваемое на приготовление пищи на энергоэффективном оборудовании без учета времени разогрева по ТЭО, час;

$T_{пригот}^{факт}$  – количество часов в сутки, затрачиваемое на приготовление пищи на энергоэффективном оборудовании без учета времени разогрева после реализации мероприятия, час;

$Z^{баз.п}$  – количество суток работы заменяемого оборудования в год;

$Z^{ТЭО}$  – количество суток работы энергоэффективного оборудования по ТЭО в год;

$Z^{факт}$  – количество суток работы энергоэффективного оборудования после реализации мероприятия в год;

$\eta^{баз.п}$  – КПД нагрева заменяемого оборудования, учитывающий устройство, материал и размер конфорок, теплопотери и т.п. (принимается согласно паспортным данным, при отсутствии паспортных данных допускается принимать равным 60-70%);

$\eta^{ТЭО}$  – КПД нагрева энергоэффективного оборудования по ТЭО, учитывающий устройство, материал и размер конфорок, теплопотери и т.п. (принимается согласно паспортным данным);

$\eta^{факт}$  – КПД нагрева энергоэффективного оборудования после реализации мероприятия, учитывающий устройство, материал и размер конфорок, теплопотери и т.п. (допускается принимать равным: 70-80% для ТЭН и 90% для индукционных электроплит).

Экономия условного топлива от замены нагревательного электрооборудования в пищеблоках на энергоэффективное определяется по формулам:

$$B_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}} = \text{Э}^{\text{баз.п.}} \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{пот.э}}^{\text{баз.п.}}}{100}\right) \cdot b_{\text{ээ}}^{\text{баз.п.}} \cdot 10^{-6} - \text{Э}^{\text{ТЭО}} \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{пот.э}}^{\text{ТЭО}}}{100}\right) \cdot b_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}} \cdot 10^{-6},$$

т у.т. [34]

$$B_{\text{ээ}}^{\text{факт}} = \text{Э}^{\text{баз.п.}} \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{пот.э}}^{\text{баз.п.}}}{100}\right) \cdot b_{\text{ээ}}^{\text{баз.п.}} \cdot 10^{-6} - \text{Э}^{\text{факт}} \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{пот.э}}^{\text{факт}}}{100}\right) \cdot b_{\text{ээ}}^{\text{факт}} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [35]}$$

где  $k_{\text{пот.э}}^{\text{баз.п.}}$  – коэффициент, учитывающий потери в электрических сетях до внедрения мероприятия (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{\text{пот.э}}^{\text{ТЭО}}$  – коэффициент, учитывающий потери в электрических сетях по ТЭО (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{\text{пот.э}}^{\text{факт}}$  – коэффициент, учитывающий фактические потери в электрических сетях (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\text{ээ}}^{\text{баз.п.}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) до внедрения мероприятия (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий составлению ТЭО, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\text{ээ}}^{\text{факт}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий верификации, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_{\text{ээ}} = B_{\text{ээ}}^{\text{факт}} - B_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}} \text{ [36]}$$

7.7 Верификация энергетической эффективности замены котлов с низким КПД на высокоэкономичные котлы

При замене котлов с низким КПД на высокоэкономичные котлы экономический эффект достигается за счет снижения потребления топлива при более эффективном процессе его сжигания для получения тепловой энергии.

Показатели фактического годового числа часов работы и коэффициент загрузки котлоагрегата до проекта и после внедрения определяется из журналов (ведомостей) работы котла.

Исходя из режимных карт по проведенным испытаниям, а при их отсутствии по заводским характеристикам определяется КПД котлоагрегата. Расход тепловой энергии на собственные нужды определяется из расчета действующих норм расхода топлива на выработку тепловой энергии.

Отпуск тепловой энергии определяется по формуле:

$$Q_{\text{отп}} = Q_{\text{в}} \cdot \frac{\eta_{\text{КА}}}{100}, \text{ Гкал [37]}$$

где  $Q_{\text{в}}$  - фактическая выработка тепловой энергии, Гкал  
 $\eta_{\text{КА}}$  - КПД котлоагрегата по режимным картам (заводским характеристикам), %.

Удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии определяется по формуле:

$$b_{\text{тэ}} = \frac{142,86}{\eta_{\text{КА}}} \cdot 100, \text{ кг у.т./Гкал [38]}$$

где 142,86 – удельный расход условного топлива на выработку 1 Гкал тепловой энергии при КПД 100%, кг у.т./Гкал.

Экономия условного топлива от изменения КПД котла нетто по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически определяется по формулам:

$$B_{\text{тэ}}^{\text{тэо}} = N_{\text{КА}} \cdot t \cdot \frac{k_3 \cdot \eta_{\text{КА}}}{100} \cdot (b_{\text{тэ}}^{\text{дп}} - b_{\text{тэ}}^{\text{тэо}}) \cdot 10^{-3}, \text{ т у.т. [39]}$$

$$B_{\text{тэ}}^{\text{факт}} = N_{\text{КА}} \cdot t \cdot \frac{k_3 \cdot \eta_{\text{КА}}}{100} \cdot (b_{\text{тэ}}^{\text{дп}} - b_{\text{тэ}}^{\text{факт}}) \cdot 10^{-3}, \text{ т у.т. [40]}$$

где:  $N_{\text{КА}}$  – номинальная установленная мощность котлоагрегата, Гкал/ч;

$t$  – фактическое число часов работы, ч/год;

$\eta_{КА}$  – КПД котлоагрегата по режимным картам (заводским характеристикам), %;

$k_3$  – фактический коэффициент загрузки котлоагрегата, определяемый отношением фактической выработки тепловой энергии к номинальной выработке тепловой энергии о.е.;

$b_{ТЭ}^{ДП}$  - удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии до внедрения проекта, кг у.т./Гкал;

$b_{ТЭ}^{ТЭО}$  - удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии по технико-экономическому обоснованию, кг у.т./Гкал;

$b_{ТЭ}^{факт}$  - фактический удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии после внедрения проекта, кг у.т./Гкал.

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_{ТЭ} = B_{ТЭ}^{факт} - B_{ТЭ}^{ТЭО} \quad [41]$$

## 7.8. Верификация энергетической эффективности перевода котлов с мазута на сжигание природного газа

Экономический эффект перевода котлов на сжигание природного газа достигается за счет:

снижения потребления условного топлива (повышение КПД котла, снижение расхода тепла на собственные нужды)  
разности в стоимости сжигаемого топлива.

Показатели фактического годового числа часов работы и коэффициент загрузки котлоагрегата до проекта и после внедрения определяется из журналов (ведомостей) работы котла.

Исходя из режимных карт по проведенным испытаниям, а при их отсутствии по заводским характеристикам определяется КПД котлоагрегата. Расход тепловой энергии на собственные нужды определяется из расчета действующих норм расхода топлива на выработку тепловой энергии.

Отпуск тепловой энергии определяется по формуле:

$$Q_{отп} = Q_в \cdot \frac{(\eta_{КА} - k_{СН})}{100}, \text{ Гкал} \quad [42]$$

где  $Q_B$  - фактическая выработка тепловой энергии, Гкал;

$\eta_{КА}$  - КПД котлоагрегата по режимным картам (заводским характеристикам), %;

$k_{СН}$  - доля расхода тепловой энергии на собственные нужды котлоагрегата, %;

Удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии определяется по формуле:

$$b_{ТЭ} = \frac{142,86}{\eta_{КА}} \cdot 100, \text{ кг у.т./Гкал [43]}$$

где 142,86 – удельный расход условного топлива на выработку 1 Гкал тепловой энергии при КПД 100%, кг у.т./Гкал.

Экономия условного топлива за счет снижения потребления условного топлива по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически определяется по формулам:

$$B_{ТЭ}^{ТЭО} = N_{КА} \cdot t \cdot \frac{k_3 \cdot \eta_{КА}}{100} \cdot (b_{ТЭ}^{ДП} - b_{ТЭ}^{ТЭО}) \cdot 10^{-3}, \text{ т у.т. [44]}$$

$$B_{ТЭ}^{ФАКТ} = N_{КА} \cdot t \cdot \frac{k_3 \cdot \eta_{КА}}{100} \cdot (b_{ТЭ}^{ДП} - b_{ТЭ}^{ФАКТ}) \cdot 10^{-3}, \text{ т у.т. [45]}$$

где  $N_{КА}$  – номинальная установленная мощность котлоагрегата, Гкал/ч;

$t$  – фактическое число часов работы, ч/год;

$k_3$  – фактический коэффициент загрузки котлоагрегата, о.е.;

$b_{ТЭ}^{ДП}$  - удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии до внедрения проекта, кг у.т./Гкал;

$b_{ТЭ}^{ТЭО}$  - удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии по технико-экономическому обоснованию, кг у.т./Гкал;

$b_{ТЭ}^{ФАКТ}$  - фактический удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии после внедрения проекта, кг у.т./Гкал.

Разность между верифицированной и расчетной экономией за счет за счет снижения потребления условного топлива:

$$\Delta B_{ТЭ} = B_{ТЭ}^{ФАКТ} - B_{ТЭ}^{ТЭО} \text{ [46]}$$

Разница в стоимости сжигаемого топлива определяется по формулам:

$$Z_T^{ТЭО} = V_{ТЭ}^{ТЭО} \cdot \frac{(C_M + C_{ПГ}^{ТЭО})}{(K_M - K_{ПГ})}, \text{ руб. [47]}$$

$$Z_T^{\text{факт}} = V_{ТЭ}^{\text{факт}} \cdot \frac{(C_M + C_{ПГ}^{\text{факт}})}{(K_M - K_{ПГ})}, \text{ руб. [48]}$$

где  $C_M$  – стоимость тонны мазута, руб./тонну;

$C_{ПГ}^{ТЭО}$  – стоимость тысячи метров кубических природного газа по ТЭО, руб./м<sup>3</sup>;

$C_{ПГ}^{\text{факт}}$  – стоимость тысячи метров кубических природного газа фактическая, руб./м<sup>3</sup>;

$K_M$  – топливный эквивалент мазута (печного бытового топлива – ПБТ) для перевода в натуральное топливо равен 1,37 (1,45) (приложение 1 Методических рекомендаций по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий);

$K_{ПГ}$  – топливный эквивалент природного газа для перевода в натуральное топливо = 1,15 (приложение 1 Методических рекомендаций по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий).

Разность между верифицированной и расчетной экономией за счет замены топлива:

$$\Delta B_T = (Z_T^{\text{факт}} - Z_T^{ТЭО}) / (\text{Ц} \cdot \text{КВ}), \text{ т у.т. [49]}$$

где  $\text{Ц}$  – стоимость 1 тонны условного топлива, долл. США/тонну (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности;

$\text{КВ}$  – курс доллара США к рублю по Национальному банку Республики Беларусь, руб./долл. США .

Суммарная экономия условного топлива от внедрения мероприятия определяется по формулам:

$$\Delta B_{\Sigma} = \Delta B_{ТЭ} + \Delta B_T, \text{ т у.т. [50]}$$

7.9. Верификация энергетической эффективности перевода котлов на сжигание местных видов топлива (дрова, опилки, торф, щепа и др.)

Экономический эффект перевода котлов на сжигание местных видов топлива достигается за счет разности в стоимости сжигаемого топлива.

Показатели фактического годового числа часов работы и коэффициент загрузки котлоагрегата до проекта и после внедрения определяется из журналов (ведомостей) работы котла.

Исходя из режимных карт по проведенным испытаниям, а при их отсутствии по заводским характеристикам определяется КПД котлоагрегата. Расход тепловой энергии на собственные нужды определяется из расчета действующих норм расхода топлива на выработку тепловой энергии.

Отпуск тепловой энергии определяется по формуле:

$$Q_{\text{отп}} = Q_{\text{в}} \cdot \frac{(\eta_{\text{КА}} - k_{\text{СН}})}{100}, \text{ Гкал} \quad [51]$$

где  $Q_{\text{в}}$  - фактическая выработка тепловой энергии, Гкал;

$\eta_{\text{КА}}$  - КПД котлоагрегата по режимным картам (заводским характеристикам), %;

$k_{\text{СН}}$  - доля расхода тепловой энергии на собственные нужды котлоагрегата, %;

Удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии определяется по формуле:

$$b_{\text{тэ}} = \frac{142,86}{\eta_{\text{КА}}} \cdot 100, \text{ кг у.т./Гкал} \quad [52]$$

Где 142,86 – удельный расход условного топлива на выработку 1 Гкал тепловой энергии при КПД 100%, кг у.т./Гкал.

Экономия условного топлива за счет снижения потребления условного топлива по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически определяется по формулам:

$$B_{\text{тэ}}^{\text{тэо}} = N_{\text{КА}} \cdot t \cdot \frac{k_{\text{з}} \cdot \eta_{\text{КА}}}{100} \cdot (b_{\text{тэ}}^{\text{дп}} - b_{\text{тэ}}^{\text{тэо}}) \cdot 10^{-3}, \text{ т у.т.} \quad [53]$$

$$B_{\text{тэ}}^{\text{факт}} = N_{\text{КА}} \cdot t \cdot \frac{k_{\text{з}} \cdot \eta_{\text{КА}}}{100} \cdot (b_{\text{тэ}}^{\text{дп}} - b_{\text{тэ}}^{\text{факт}}) \cdot 10^{-3}, \text{ т у.т.} \quad [54]$$

где  $N_{КА}$  – номинальная установленная мощность котлоагрегата, Гкал/ч;

$t$  – фактическое число часов работы, ч/год;

$k_3$  – фактический коэффициент загрузки котлоагрегата, о.е.;

$b_{ТЭ}^{дп}$  – удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии до внедрения проекта, кг у.т./Гкал;

$b_{ТЭ}^{тэо}$  – удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии по технико-экономическому обоснованию, кг у.т./Гкал;

$b_{ТЭ}^{факт}$  – фактический удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии после внедрения проекта, кг у.т./Гкал.

Разница в стоимости сжигаемого топлива определяется по формулам:

$$З_T^{тэо} = V_{ТЭ}^{тэо} \cdot \frac{(C_M + C_{МВТ}^{тэо})}{(K_M - K_{МВТ})}, \text{ руб. [55]}$$

$$З_T^{факт} = V_{ТЭ}^{факт} \cdot \frac{(C_M + C_{МВТ}^{факт})}{(K_M - K_{МВТ})}, \text{ руб. [56]}$$

где  $C_M$  – стоимость тонны мазута, руб./тонну;

$C_{МВТ}^{тэо}$  – стоимость местных видов топлива по ТЭО за тонну, м3 и т.д., руб.;

$C_{МВТ}^{факт}$  – стоимость местных видов топлива фактическая за тонну, м3 и т.д., руб.;

$K_M$  – топливный эквивалент мазута (печного бытового топлива – ПБТ) для перевода в натуральное топливо равен 1,37 (1,45) (Приложение 1 Методических рекомендаций по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий);

$K_{МВТ}$  – топливный эквивалент местных видов топлива для перевода в натуральное топливо (приложение 1 Методических рекомендаций по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий).

Разность между верифицированной и расчетной экономией за счет замены топлива:

$$\Delta B_T = (З_T^{факт} - З_T^{тэо}) / (Ц \cdot KB), \text{ т у.т. [57]}$$

где  $Ц$  – стоимость 1 тонны условного топлива, долл. США/тонну (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности;

КВ – курс доллара США к рублю по Национальному банку Республики Беларусь, руб./долл. США.

#### 7.10. Верификация энергетической эффективности замены электродвигателя на отопительный котел на местных видах топлива (МВТ)

Экономический эффект перевода котлов на сжигание местных видов топлива достигается за счет разности в стоимости сжигаемого топлива и потребляемой энергии в пересчете на условное топливо.

Показатели фактического годового числа часов работы и коэффициент загрузки котлоагрегата до проекта и после внедрения определяется из журналов (ведомостей) работы котла.

Исходя из режимных карт по проведенным испытаниям, а при их отсутствии по заводским характеристикам определяется КПД котлоагрегата. Расход тепловой энергии на собственные нужды определяется из расчета действующих норм расхода топлива на выработку тепловой энергии.

Отпуск тепловой энергии определяется по формуле:

$$Q_{\text{отп}} = Q_{\text{в}} \cdot \frac{(\eta_{\text{КА}} - k_{\text{СН}})}{100}, \text{ Гкал [58]}$$

где  $Q_{\text{в}}$  - фактическая выработка тепловой энергии, Гкал;

$\eta_{\text{КА}}$  – КПД котлоагрегата по режимным картам (заводским характеристикам), %;

$k_{\text{СН}}$  – доля расхода тепловой энергии на собственные нужды котлоагрегата, %;

Удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии определяется по формуле:

$$b_{\text{тэ}} = \frac{142,86}{\eta_{\text{КА}}} \cdot 100, \text{ кг у.т./Гкал [59]}$$

где 142,86 – удельный расход условного топлива на выработку 1 Гкал тепловой энергии при КПД 100%, кг у.т./Гкал.

Экономия условного топлива за счет снижения потребления условного топлива по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически определяется по формулам:

$$V_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}} = N_{\text{КА}} \cdot t \cdot \frac{k_3 \cdot \eta_{\text{КА}}}{100} \cdot K_{\text{пер}} \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{пот}}}{100}\right) \cdot K_{\text{топл}}^{\text{Э}} - N_{\text{КА}} \cdot t \cdot \frac{k_3 \cdot \eta_{\text{КА}}}{100} \cdot b_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}} \cdot 10^{-3} / K_{\text{МВТ}}, \text{ т у.т. [60]}$$

$$V_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}} = N_{\text{КА}} \cdot t \cdot \frac{k_3 \cdot \eta_{\text{КА}}}{100} \cdot K_{\text{пер}} \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{пот}}}{100}\right) \cdot K_{\text{топл}}^{\text{Э}} - N_{\text{КА}} \cdot t \cdot \frac{k_3 \cdot \eta_{\text{КА}}}{100} \cdot b_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}} \cdot 10^{-3} / K_{\text{МВТ}}, \text{ т у.т. [61]}$$

где  $N_{\text{КА}}$  – номинальная установленная мощность котлоагрегата, Гкал/ч;

$t$  – фактическое число часов работы, ч/год;

$k_3$  – фактический коэффициент загрузки котлоагрегата, о.е.;

$K_{\text{пер}}$  – переводной коэффициент Гкал в МВт ч = 1,163;

$k_{\text{пот}}$  – коэффициент, учитывающий потери в электрических сетях;

$K_{\text{топл}}^{\text{Э}}$  – коэффициент пересчета электроэнергии в условное топливо, кг у.т./кВт ч = 0,123;

$b_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии по технико-экономическому обоснованию, кг у.т./Гкал;

$b_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}}$  – фактический удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии после внедрения проекта, кг у.т./Гкал;

$K_{\text{МВТ}}$  – топливный эквивалент местных видов топлива для перевода в натуральное топливо (приложение 1 Методических рекомендаций по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий).

Разница в стоимости сжигаемого топлива определяется по формулам:

$$З_{\text{Т}}^{\text{ТЭО}} = V_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}} \cdot C_{\text{Э}} + C_{\text{МВТ}}^{\text{ТЭО}}, \text{ руб. [62]}$$

$$З_{\text{Т}}^{\text{факт}} = V_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}} \cdot C_{\text{Э}} + C_{\text{МВТ}}^{\text{факт}}, \text{ руб. [63]}$$

где  $C_{\text{Э}}$  – стоимость электроэнергии, руб./т у.т.;

$C_{\text{МВТ}}^{\text{ТЭО}}$  – стоимость местных видов топлива по ТЭО, руб./т у.т.;

$C_{\text{МВТ}}^{\text{факт}}$  – стоимость местных видов топлива фактическая, руб./т у.т.

Разность между верифицированной и расчетной экономией за счет замены топлива:

$$\Delta B_{\text{Т}} = (З_{\text{Т}}^{\text{факт}} - З_{\text{Т}}^{\text{ТЭО}}) / (\text{Ц} \cdot \text{КВ}), \text{ т у.т. [64]}$$

где: Ц – стоимость 1 тонны условного топлива, долл. США/тонну (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности;

КВ – курс доллара США к рублю по Национальному банку Республики Беларусь, руб./долл. США.

7.11. Верификация энергетической эффективности внедрения котлов малой мощности вместо незагруженных котлов большой мощности

Экономический эффект от внедрения котлов малой мощности вместо незагруженных котлов большой мощности достигается за счет:

повышения коэффициента полезного действия малого котла при работе на номинальной нагрузке;

снижения потребления электроэнергии;

для паровых котлов дополнительный эффект достигается за счет снижения собственных нужд на производство тепла (уменьшение объема продувки и потерь через теплоизоляцию).

Показатели фактического годового числа часов работы и коэффициент загрузки котлоагрегата до проекта и после внедрения определяется из журналов (ведомостей) работы котла.

Исходя из режимных карт по проведенным испытаниям, а при их отсутствии по заводским характеристикам определяется КПД котлоагрегата. Расход тепловой энергии на собственные нужды определяется из расчета действующих норм расхода топлива на выработку тепловой энергии.

Отпуск тепловой энергии определяется по формуле:

$$Q_{\text{отп}} = Q_{\text{в}} \cdot \frac{(\eta_{\text{КА}} - k_{\text{СН}})}{100}, \text{ Гкал [65]}$$

где  $Q_{\text{в}}$  - фактическая выработка тепловой энергии, Гкал;

$\eta_{\text{КА}}$  – КПД котлоагрегата по режимным картам (заводским характеристикам), %;

$k_{\text{СН}}$  – доля расхода тепловой энергии на собственные нужды котлоагрегата, %;

Удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии определяется по формуле:

$$b_{\text{тэ}} = \frac{142,86}{\frac{Q_{\text{отп}}}{Q_{\text{в}}}} 100, \text{ кг у.т./Гкал [66]}$$

где 142,86 – удельный расход условного топлива на выработку 1 Гкал тепловой энергии при КПД 100%, кг у.т./Гкал.

Экономия условного топлива от выработки тепловой энергии по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически определяется по формулам:

$$B_{\text{тэ}}^{\text{тэо}} = N_{\text{КА}} \cdot t \cdot \frac{k_3 \cdot \eta_{\text{КА}}}{100} \cdot (b_{\text{тэ}}^{\text{дп}} - b_{\text{тэ}}^{\text{тэо}}) \cdot 10^{-3}, \text{ т у.т. [67]}$$

$$B_{\text{тэ}}^{\text{факт}} = N_{\text{КА}} \cdot t \cdot \frac{k_3 \cdot \eta_{\text{КА}}}{100} \cdot (b_{\text{тэ}}^{\text{дп}} - b_{\text{тэ}}^{\text{факт}}) \cdot 10^{-3}, \text{ т у.т. [68]}$$

где  $N_{\text{КА}}$  – номинальная установленная мощность котлоагрегата, Гкал/ч;

$t$  – фактическое число часов работы, ч/год;

$k_3$  – фактический коэффициент загрузки котлоагрегата, о.е.;

$b_{\text{тэ}}^{\text{дп}}$  – удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии до внедрения проекта, кг у.т./Гкал;

$b_{\text{тэ}}^{\text{тэо}}$  – удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии по технико-экономическому обоснованию, кг у.т./Гкал;

$b_{\text{тэ}}^{\text{факт}}$  – фактический удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии после внедрения проекта, кг у.т./Гкал.

Экономия расхода электрической энергии на собственные нужды определяется из расчета действующих норм расхода электроэнергии на выработку тепловой энергии и определяется по формулам.

$$\mathcal{E}_{\text{тэ}}^{\text{тэо}} = \frac{Q_{\text{отп}} \cdot (\mathcal{E}_{\text{ээ}}^{\text{дп}} - \mathcal{E}_{\text{ээ}}^{\text{тэо}})}{10^3}, \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч [69]}$$

$$\mathcal{E}_{\text{тэ}}^{\text{факт}} = \frac{Q_{\text{отп}} \cdot (\mathcal{E}_{\text{ээ}}^{\text{дп}} - \mathcal{E}_{\text{ээ}}^{\text{факт}})}{10^3}, \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч [70]}$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ээ}}^{\text{дп}}$  – удельный расход электроэнергии на отпуск тепловой энергии до внедрения проекта, кВт·ч/Гкал;

$\mathcal{E}_{\text{ЭЭ}}^{\text{ТЭО}}$  - удельный расход электроэнергии на отпуск тепловой энергии по технико-экономическому обоснованию, кВт·ч/Гкал;

$\mathcal{E}_{\text{ЭЭ}}^{\text{факт}}$  - фактический удельный расход электроэнергии на отпуск тепловой энергии после внедрения проекта, кВт·ч/Гкал.

Экономия условного топлива от снижения расхода электрической энергии, определяется по формулам:

$$B_{\text{ЭЭ}}^{\text{ТЭО}} = \mathcal{E}_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}} \cdot \frac{b_{\text{ЭЭ}}^{\text{ТЭО}}}{10^3} \cdot \frac{(100+k_{\text{пот}}^{\text{ТЭО}})}{100}, \text{ т у.т. [71]}$$

$$B_{\text{ЭЭ}}^{\text{факт}} = \mathcal{E}_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}} \cdot \frac{b_{\text{ЭЭ}}^{\text{факт}}}{10^3} \cdot \frac{(100+k_{\text{пот}}^{\text{факт}})}{100}, \text{ т у.т. [72]}$$

где  $b_{\text{ЭЭ}}^{\text{ТЭО}}$  – фактический годовой удельный расход топлива на отпуск электроэнергии на замыкающей электростанции (Лукомльской ГРЭС) принятый при разработке ТЭО, г у.т./кВт·ч;

$k_{\text{пот}}^{\text{ТЭО}}$  - технологический расход электрической энергии в электрических сетях на транспорт электроэнергии в системе ГПО "Белэнерго" принятый при разработке ТЭО, %

$b_{\text{ЭЭ}}^{\text{факт}}$  – фактический годовой удельный расход топлива на отпуск электроэнергии на замыкающей электростанции (Лукомльской ГРЭС) за последний отчетный период (год), г у.т./кВт·ч;

$k_{\text{пот}}^{\text{факт}}$  - коэффициент потерь электроэнергии в электрических сетях ГПО «Белэнерго» (с учетом распределительных) (год), %

Суммарная экономия условного топлива от внедрения мероприятия определяется по формулам:

$$B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} = B_{\text{ЭЭ}}^{\text{ТЭО}} + B_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}}, \text{ т у.т. [73]}$$

$$B_{\Sigma}^{\text{факт}} = B_{\text{ЭЭ}}^{\text{факт}} + B_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}}, \text{ т у.т. [74]}$$

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_{\Sigma} = B_{\Sigma}^{\text{факт}} - B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} \text{ [75]}$$

7.12. Верификация энергетической эффективности ликвидации длинных теплотрасс и паропроводов

Экономический эффект от ликвидации длинных теплотрасс и паропроводов достигается за счет:

устранения тепловых потерь по теплотрассе или паропроводу;  
снижения потребления электроэнергии.

Способы ликвидации длинных теплотрасс и паропроводов:

создание локального источника тепловой энергии с высокими экономическими показателями;

уход от использования пара в технологии и на нужды отопления.

Показатели фактического годового числа часов работы и коэффициент загрузки котлоагрегата до проекта и после внедрения определяется из журналов (ведомостей) работы котла.

Количество полученной от котла тепловой энергии определяется по формуле:

$$Q = Q_{\text{в}} \cdot \frac{(k_{\text{СН}})}{100} \cdot \frac{(\eta_{\text{КА}})}{100}, \text{ Гкал [76]}$$

где  $Q_{\text{в}}$  - фактическая выработка котлом тепловой энергии, Гкал;

$\eta_{\text{КА}}$  - КПД котлоагрегата по режимным картам (заводским характеристикам), %;

$k_{\text{СН}}$  - доля расхода тепловой энергии на собственные нужды котлоагрегата, %;

Удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии определяется по формуле:

$$b_{\text{тэ}} = \frac{142,86}{\eta_{\text{КА}}} \cdot 100, \text{ кг у.т./Гкал [77]}$$

где 142,86 – удельный расход условного топлива на выработку 1 Гкал тепловой энергии при КПД 100%, кг у.т./Гкал.

Перерасход топлива, получаемый при использовании теплопровода по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически, определяется по формулам:

$$V_{\text{тэ}}^{\text{ТЭ0}} = Q \cdot b_{\text{тэ}}/10^3 - Q^{\text{ТЭ0}} * b_{\text{тэ ли}}^{\text{ТЭ0}} \cdot (1 - k_{\text{пот}}^{\text{ТЭ0}}/100)/10^3, \text{ т у.т. [78]}$$

$$V_{\text{тэ}}^{\text{факт}} = Q \cdot b_{\text{тэ}}/10^3 - Q^{\text{факт}} * b_{\text{тэ ли}}^{\text{факт}} \cdot (1 - k_{\text{пот}}^{\text{факт}}/100)/10^3, \text{ т у.т., [79]}$$

- где  $Q$  – количество полученной тепловой энергии, Гкал;  
 $Q_{ТЭО}$  – количество полученной тепловой энергии, Гкал;  
 $Q_{факт}$  – количество полученной тепловой энергии, Гкал;  
 $b_{тэ}$  – удельный расход топлива действующего теплоисточника, кг у.т./Гкал;  
 $b_{тэ\text{ ли}}^{ТЭО}$  – удельный расход топлива локального теплоисточника по ТЭО, кг у.т./Гкал;  
 $b_{тэ\text{ ли}}^{факт}$  – фактический удельный расход топлива локального теплоисточника, кг у.т./Гкал;  
 $k_{пот}^{ТЭО}$  – технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях по ТЭО, % (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);  
 $k_{пот}^{факт}$  – технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях на момент верификации, % (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Экономия условного топлива от снижения расхода электрической энергии по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически (при этом Лукомльская ГРЭС принимается замыкающей станцией в белорусской энергосистеме) определяется по формулам:

$$V_{ЭЭ}^{ТЭО} = \left( Q \cdot \varepsilon_{п} - Q^{ТЭО} \cdot \left( 1 - \frac{k_{пот}^{ТЭО}}{100} \right) \cdot \varepsilon_{ли}^{ТЭО} \right) \cdot b_{ЭЭ}^{ТЭО} \cdot \left( 1 + \frac{k_{пот\text{ э}}^{ТЭО}}{100} \right) \cdot 10^{-6}, \quad \text{т у.т. [80]}$$

$$V_{ЭЭ}^{факт} = \left( Q \cdot \varepsilon_{п} - Q^{факт} \cdot \left( 1 - \frac{k_{пот}^{факт}}{100} \right) \cdot \varepsilon_{ли}^{факт} \right) \cdot b_{ЭЭ}^{факт} \cdot \left( 1 + \frac{k_{пот\text{ э}}^{факт}}{100} \right) \cdot 10^{-6}, \quad \text{т у.т. [81]}$$

где  $\varepsilon_{п}$  – удельный расход электроэнергии, необходимой для транспорта и производства 1 Гкал тепловой энергии по длинной теплотрассе, кВт·ч/Гкал;

$\varepsilon_{ли}^{ТЭО}$  – удельный расход электроэнергии, необходимой для транспорта и производства 1 Гкал тепловой энергии от локального источника по ТЭО, кВт·ч/Гкал;

$\varepsilon_{ли}^{факт}$  – фактический удельный расход электроэнергии, необходимой для транспорта и производства 1 Гкал тепловой энергии от локального источника, кВт·ч/Гкал;

$k_{\text{пот } \varepsilon}^{\text{ТЭО}}$  – коэффициент, учитывающий потери в электрических сетях по ТЭО (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{\text{пот } \varepsilon}^{\text{факт}}$  – коэффициент, учитывающий фактические потери в электрических сетях (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\varepsilon}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий составлению ТЭО, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\varepsilon}^{\text{факт}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий верификации, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Суммарная экономия условного топлива от внедрения мероприятия определяется по формулам:

$$B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} = B_{\varepsilon}^{\text{ТЭО}} + B_{\text{тэ}}^{\text{ТЭО}}, \text{ т у.т. [82]}$$

$$B_{\Sigma}^{\text{факт}} = B_{\varepsilon}^{\text{факт}} + B_{\text{тэ}}^{\text{факт}}, \text{ т у.т. [83]}$$

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_{\Sigma} = B_{\Sigma}^{\text{факт}} - B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} \text{ [84]}$$

### 7.13. Верификация энергетической эффективности применения предизолированных труб

Экономический эффект от применения предизолированных труб достигается за счет:

- сокращения тепловых потерь в теплотрассах;
- снижения потребления электроэнергии на транспорт тепловой энергии.

Перерасход топлива, получаемый при использовании теплопровода по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически, определяется по формулам:

$$B_{ТЭ}^{ТЭО} = Q \cdot b_{ТЭ}/10^3 - Q^{ТЭО} * b_{ТЭ}^{ТЭО} \cdot (1 - k_{ПOT}/100 + k_{ПOT}^{ТЭО}/100) / 10^3, \\ \text{т у.т. [85]}$$

$$B_{ТЭ}^{факт} = Q \cdot b_{ТЭ}/10^3 - Q^{факт} * b_{ТЭ}^{факт} \cdot (1 - k_{ПOT}/100 + k_{ПOT}^{факт}/100) / 10^3, \\ \text{т у.т., [86]}$$

где  $Q$  – количество полученной тепловой энергии, Гкал;

$Q^{ТЭО}$  – количество полученной тепловой энергии, Гкал;

$Q^{факт}$  – количество полученной тепловой энергии, Гкал;

$b_{ТЭ}$  – удельный расход топлива теплоисточника до реализации проекта, кг у.т./Гкал;

$b_{ТЭ}^{ТЭО}$  – удельный расход топлива теплоисточника по ТЭО, кг у.т./Гкал;

$b_{ТЭ}^{факт}$  – фактический удельный расход топлива теплоисточника, кг у.т./Гкал;

$k_{ПOT}$  – технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях до реализации проекта, % (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{ПOT}^{ТЭО}$  – технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях по ТЭО, % (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{ПOT}^{факт}$  – технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях на момент верификации, % (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Экономия условного топлива от снижения расхода электрической энергии по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически (при этом Лукомльская ГРЭС принимается замыкающей станцией в белорусской энергосистеме) определяется по формулам:

$$B_{Э}^{ТЭО} = \left( Q \cdot \left( 1 + \frac{k_{ПOT}}{100} \right) \cdot \varepsilon_{П} - Q^{ТЭО} \cdot \left( 1 + \frac{k_{ПOT}^{ТЭО}}{100} \right) \cdot \varepsilon_{П}^{ТЭО} \right) \cdot b_{ЭЭ}^{ТЭО} \cdot \left( 1 + \frac{k_{ПOT \ Э}^{ТЭО}}{100} \right) \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [87]}$$

$$B_{ЭЭ}^{факт} = \left( Q \cdot \left( 1 + \frac{k_{ПOT}}{100} \right) \cdot \varepsilon_{П} - Q^{факт} \cdot \left( 1 + \frac{k_{ПOT}^{факт}}{100} \right) \cdot \varepsilon_{П}^{факт} \right) \cdot b_{ЭЭ}^{факт} \cdot \left( 1 + \frac{k_{ПOT \ Э}^{факт}}{100} \right) \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [88]}$$

где  $\mathcal{E}_\Pi$  – удельный расход электроэнергии, необходимой для транспорта и производства 1 Гкал тепловой энергии по существующей теплотрассе, кВт·ч/Гкал;

$\mathcal{E}_{\Pi}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход электроэнергии, необходимой для транспорта и производства 1 Гкал тепловой энергии по теплотрассе из предизолированных труб по ТЭО, кВт·ч/Гкал;

$\mathcal{E}_{\Pi}^{\text{факт}}$  – фактический удельный расход электроэнергии, необходимой для транспорта и производства 1 Гкал тепловой энергии по теплотрассе из предизолированных труб, кВт·ч/Гкал;

$k_{\text{пот } \mathcal{E}}^{\text{ТЭО}}$  – коэффициент, учитывающий потери в электрических сетях по ТЭО (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{\text{пот } \mathcal{E}}^{\text{факт}}$  – коэффициент, учитывающий фактические потери в электрических сетях (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\mathcal{E}\mathcal{E}}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий составлению ТЭО, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\mathcal{E}\mathcal{E}}^{\text{факт}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий верификации, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Суммарная экономия условного топлива от внедрения мероприятия определяется по формулам:

$$B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} = B_{\mathcal{E}\mathcal{E}}^{\text{ТЭО}} + B_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}}, \text{ т у.т. [89]}$$

$$B_{\Sigma}^{\text{факт}} = B_{\mathcal{E}\mathcal{E}}^{\text{факт}} + B_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}}, \text{ т у.т. [90]}$$

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_{\Sigma} = B_{\Sigma}^{\text{факт}} - B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} \text{ [91]}$$

7.14. Верификация энергетической эффективности внедрения регуляторов расхода тепловой энергии

Экономический эффект от внедрения регуляторов расхода тепловой энергии имеет следующие составляющие за счет:

поддержание комфортной температуры воздуха в помещениях путем соблюдения заданного графика зависимости температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления, от температуры наружного воздуха;

ликвидация весенне-осенних перетопов зданий;

автоматическое снижение потребления тепловой энергии системой отопления здания в нерабочее время, в выходные и праздничные дни;

поддержание требуемой температуры горячей воды в системе ГВС;

автоматическое снижение температуры горячей воды в ночное время, в выходные и праздничные дни, вплоть до полной остановки системы ГВС;

поддержание комфортной температуры воздуха в помещениях путем автоматического изменения расхода теплоносителя, поступающего на калорифер вентиляционной установки;

автоматическое включение вентиляционной установки в рабочее время и отключение в нерабочее время, в выходные и праздничные дни;

ограничение температуры теплоносителя, возвращаемого в тепловую сеть.

Экономия тепловой энергии за счет поддержания комфортной температуры воздуха в помещениях жилых, общественных и производственных зданий путем соблюдения заданного графика зависимости температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления, от температуры наружного воздуха составляет 2 % (принимается на основании практических наработок) от годового расхода теплоты на отопление:

$$B_{01}^{ТЭО} = 0,02 \cdot 24 \cdot Q_o^{ТЭО} \cdot (t_{вн}^{ТЭО} - t_{ср.о.}^{ТЭО}) / (t_{вн}^{ТЭО} - t_{р.о.}^{ТЭО}) \cdot n_o^{ТЭО}, \text{ ккал [92]}$$

$$B_{01}^{факт} = 0,02 \cdot 24 \cdot Q_o^{факт} \cdot (t_{вн}^{факт} - t_{ср.о.}^{факт}) / (t_{вн}^{факт} - t_{р.о.}^{факт}) \cdot n_o^{факт},$$

ккал [93]

где  $Q_o^{ТЭО}$  – максимальный часовой расход тепла на отопление, ккал/ч (принимается на основании проекта, технических условий на теплоснабжение или договора с энергоснабжающей организацией на теплоснабжение);

$Q_o^{факт}$  – максимальный часовой расход тепла на отопление, ккал/ч;

$t_{\text{вн}}^{\text{ТЭО}}$  – расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, °С (18°С – для жилых, общественных и административных зданий, 21°С – для дошкольных и детских лечебных учреждений, для производственных зданий принимается температура в зданиях характерная для конкретного производства) (определяется на основе СП 2.04.01-2020);

$t_{\text{вн}}^{\text{факт}}$  – фактическая температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий после реализации проекта, °С;

$t_{\text{ср.о.}}^{\text{ТЭО}}$  – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С (0,2°С – Брестская обл., -2°С – Витебская обл., -1,6°С – Гомельская обл., -0,5°С – Гродненская обл., -1,6°С – Минская обл., -1,9°С – Могилевская обл.) (определяется на основе СП 2.04.01-2020);

$t_{\text{ср.о.}}^{\text{факт}}$  – средняя температура наружного воздуха за отопительный период после реализации проекта, °С;

$t_{\text{р.о.}}^{\text{ТЭО}}$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления принимаемая, как средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С (-21°С – Брестская обл., -25°С – Витебская обл., -24°С – Гомельская обл., -22°С – Гродненская обл., -24°С – Минская обл., -25°С – Могилевская обл.) (определяется на основе СП 2.04.01-2020);

$t_{\text{р.о.}}^{\text{факт}}$  – фактическая температура наружного воздуха после реализации проекта, °С;

$n_o^{\text{ТЭО}}$  – продолжительность отопительного периода в сутках по числу дней с устойчивой средней суточной температурой воздуха 8°С и ниже (Брестская обл. – 187 сут, Витебская обл. – 207 сут, Гомельская обл. – 194 сут, Гродненская обл. – 194 сут, Минская обл. – 202 сут, Могилевская обл. – 204 сут) (определяется на основе СП 2.04.01-2020);

$n_o^{\text{факт}}$  – продолжительность отопительного периода в сутках по числу дней с устойчивой средней суточной температурой воздуха 8°С и ниже после реализации проекта, сут;

24 – количество часов в сутках.

Экономия тепловой энергии за счет ликвидации весенне-осенних перетопов в помещениях жилых, общественных и производственных зданий составляет 12% (принимается на основании практических наработок) от годового расхода теплоты на отопление:

$$B_{o2}^{\text{ТЭО}} = 0,12 \cdot 24 \cdot Q_o^{\text{ТЭО}} \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{ТЭО}} - t_{\text{ср.о.}}^{\text{ТЭО}}) / (t_{\text{вн}}^{\text{ТЭО}} - t_{\text{р.о.}}^{\text{ТЭО}}) \cdot n_o^{\text{ТЭО}}, \text{ ккал [94]}$$

$$B_{o2}^{\text{факт}} = 0,12 \cdot 24 \cdot Q_o^{\text{факт}} \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{факт}} - t_{\text{ср.о.}}^{\text{факт}}) / (t_{\text{вн}}^{\text{факт}} - t_{\text{р.о.}}^{\text{факт}}) \cdot n_o^{\text{факт}},$$

ккал [95]

Экономия тепловой энергии за счет автоматического снижения потребления тепловой энергии системой отопления общественных и производственных зданий в нерабочее время, в выходные и праздничные дни составляет 23% (принимается на основании практических наработок) от годового расхода теплоты на отопление:

$$B_{o3}^{\text{ТЭО}} = 0,23 \cdot 24 \cdot Q_o^{\text{ТЭО}} \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{ТЭО}} - t_{\text{ср.о.}}^{\text{ТЭО}}) / (t_{\text{вн}}^{\text{ТЭО}} - t_{\text{р.о.}}^{\text{ТЭО}}) \cdot n_o^{\text{ТЭО}}, \text{ ккал [96]}$$

$$B_{o3}^{\text{факт}} = 0,23 \cdot 24 \cdot Q_o^{\text{факт}} \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{факт}} - t_{\text{ср.о.}}^{\text{факт}}) / (t_{\text{вн}}^{\text{факт}} - t_{\text{р.о.}}^{\text{факт}}) \cdot n_o^{\text{факт}},$$

ккал [97]

Для систем отопления жилых зданий не практикуется автоматическое снижение потребления тепловой энергии.

Экономия тепловой энергии за счет поддержание комфортной температуры воздуха в помещениях путем автоматического изменения расхода теплоносителя, поступающего на калорифер вентиляционной установки, составляет 9% (принимается на основании практических наработок) от годового расхода теплоты на вентиляцию:

$$B_{\text{в1}}^{\text{ТЭО}} = 0,09 \cdot z^{\text{ТЭО}} \cdot Q_{\text{в}}^{\text{ТЭО}} \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{ТЭО}} - t_{\text{ср.о.}}^{\text{ТЭО}}) / (t_{\text{вн}}^{\text{ТЭО}} - t_{\text{р.о.}}^{\text{ТЭО}}) \cdot n_o^{\text{ТЭО}},$$

ккал [98]

$$B_{\text{в1}}^{\text{факт}} = 0,09 \cdot z^{\text{факт}} \cdot Q_{\text{в}}^{\text{факт}} \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{факт}} - t_{\text{ср.о.}}^{\text{факт}}) / (t_{\text{вн}}^{\text{факт}} - t_{\text{р.о.}}^{\text{факт}}) \cdot n_o^{\text{факт}},$$

ккал [99]

где  $z^{\text{ТЭО}}$  – усредненное за отопительный период число часов работы системы вентиляции общественных зданий в течении суток, ч (при отсутствии данных допускается принимать  $z = 16$  ч.);

$z^{\text{факт}}$  – усредненное за отопительный период число часов работы системы вентиляции общественных зданий в течении суток после внедрения мероприятия, ч;

$Q_{\text{в}}^{\text{ТЭО}}$  – максимальный часовой расход тепла на вентиляцию, ккал/ч (принимается на основании проекта, технических условий на теплоснабжение или договора с энергоснабжающей организацией на теплоснабжение);

$Q_B^{\text{факт}}$  – максимальный часовой расход тепла на вентиляцию после внедрения мероприятия, ккал/ч.

Экономия тепловой энергии за счет автоматического включения вентиляционной установки в рабочее время и отключение в нерабочее время, в выходные и праздничные дни составляет 2% (принимается на основании практических наработок) от годовой расхода теплоты на вентиляцию:

$$V_{B2}^{\text{ТЭО}} = 0,02 \cdot z^{\text{ТЭО}} \cdot Q_B^{\text{ТЭО}} \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{ТЭО}} - t_{\text{ср.о.}}^{\text{ТЭО}}) / (t_{\text{вн}}^{\text{ТЭО}} - t_{\text{р.о.}}^{\text{ТЭО}}) \cdot n_o^{\text{ТЭО}},$$

ккал [100]

$$V_{B2}^{\text{факт}} = 0,02 \cdot z^{\text{факт}} \cdot Q_B^{\text{факт}} \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{факт}} - t_{\text{ср.о.}}^{\text{факт}}) / (t_{\text{вн}}^{\text{факт}} - t_{\text{р.о.}}^{\text{факт}}) \cdot n_o^{\text{факт}},$$

ккал [101]

Экономия тепловой энергии за счет поддержания требуемой температуры горячей воды в системе ГВС жилых, общественных и производственных зданий составляет 2% (принимается на основании практических наработок) от годового расхода теплоты на горячее водоснабжение:

$$V_{\text{ГВ1}}^{\text{ТЭО}} = 0,02 \cdot 24 \cdot Q_{\text{ГВ}}^{\text{ТЭО}} \cdot k \cdot (1 + \frac{55 - t_{\text{х.л.}}^{\text{ТЭО}}}{55 - t_{\text{х.з.}}^{\text{ТЭО}}} \cdot \beta \cdot (350 - n_o^{\text{ТЭО}})), \text{ ккал [102]}$$

$$V_{\text{ГВ1}}^{\text{факт}} = 0,02 \cdot 24 \cdot Q_{\text{ГВ}}^{\text{факт}} \cdot k \cdot (1 + \frac{55 - t_{\text{х.л.}}^{\text{факт}}}{55 - t_{\text{х.з.}}^{\text{факт}}} \cdot \beta \cdot (350 - n_o^{\text{факт}})),$$

ккал [103]

где  $Q_{\text{ГВ}}^{\text{ТЭО}}$  – максимальный часовой расход тепла на горячее водоснабжение, ккал/ч (принимается на основании проекта, технических условий на теплоснабжение или договора с энергоснабжающей организацией на теплоснабжение);

$Q_{\text{ГВ}}^{\text{факт}}$  – фактический максимальный часовой расход тепла на горячее водоснабжение после реализации мероприятия, ккал/ч;

$k$  – коэффициент часовой неравномерности пользования горячей водой (допускается принимать  $k = 0,5$ );

$t_{\text{х.л.}}^{\text{ТЭО}}$  – температура холодной (водопроводной) воды в летний период, °С (допускается принимать  $t_{\text{х.л.}} = 15^\circ\text{C}$ );

$t_{\text{х.л.}}^{\text{факт}}$  – температура холодной (водопроводной) воды в летний период после реализации проекта, °С;

$t_{\text{х.з.}}^{\text{ТЭО}}$  – температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период, °С (допускается принимать  $t_{\text{х.з.}} = 5^\circ\text{C}$ );

$t_{x.з.}^{\text{факт}}$  – температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период после реализации проекта, °С;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий снижение среднечасового расхода воды на горячее водоснабжение в летний период по отношению к отопительному (допускается принимать  $\beta = 0,8$ );

55 – температура горячей воды, °С;

350 – число суток в году работы системы горячего водоснабжения;

24 – количество часов в сутках.

Экономия тепловой энергии за счет автоматического снижения температуры горячей воды в ночное время в жилых зданиях составляет 13% (принимается на основании практических наработок) от годовой расхода теплоты на горячее водоснабжение. Экономия тепловой энергии за счет автоматического снижения температуры горячей воды в ночное время, в выходные и праздничные дни, вплоть до полной остановки системы ГВС, общественных и производственных зданий составляет 21% (принимается на основании практических наработок) от годового расхода теплоты на горячее водоснабжение:

$$B_{ГВ2}^{\text{ТЭО}} = 0,13 \text{ или } 0,21 \cdot 24 \cdot Q_{ГВ}^{\text{ТЭО}} \cdot k \cdot \left(1 + \frac{55 - t_{x.л.}^{\text{ТЭО}}}{55 - t_{x.з.}^{\text{ТЭО}}} \cdot \beta \cdot (350 - n_0^{\text{ТЭО}})\right),$$

ккал [104]

$$B_{ГВ2}^{\text{факт}} = 0,13 \text{ или } 0,21 \cdot 24 \cdot Q_{ГВ}^{\text{факт}} \cdot k \cdot \left(1 + \frac{55 - t_{x.л.}^{\text{факт}}}{55 - t_{x.з.}^{\text{факт}}} \cdot \beta \cdot (350 - n_0^{\text{факт}})\right),$$

ккал [105]

Суммарная экономия от внедрения регуляторов расхода тепловой энергии определяется по формулам:

$$B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} = B_{o1}^{\text{ТЭО}} + B_{o2}^{\text{ТЭО}} + B_{o3}^{\text{ТЭО}} + B_{в1}^{\text{ТЭО}} + B_{в2}^{\text{ТЭО}} + B_{ГВ1}^{\text{ТЭО}} + B_{ГВ2}^{\text{ТЭО}},$$

ккал [106]

$$B_{\Sigma}^{\text{факт}} = B_{o1}^{\text{факт}} + B_{o2}^{\text{факт}} + B_{o3}^{\text{факт}} + B_{в1}^{\text{факт}} + B_{в2}^{\text{факт}} + B_{ГВ1}^{\text{факт}} + B_{ГВ2}^{\text{факт}},$$

ккал [107]

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_{\Sigma} = B_{\Sigma}^{\text{факт}} - B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} \quad [108]$$

### 7.15. Верификация энергетической эффективности внедрения энергоэффективных теплообменников в ЦТП (ИТП)

Экономический эффект от реализации мероприятия достигается за счет:

- уменьшения потерь тепловой энергии в сравнении с заменяемым теплообменником вследствие уменьшения наружной поверхности теплообменника (при равной тепловой нагрузке) за счет увеличения коэффициента теплопередачи;
- снижения расхода теплоносителя и затрат электроэнергии на его передачу.

Определение площади наружной поверхности теплообменников осуществляется по формулам:

а) для заменяемого:

$$S_{\text{кжт}}^{\text{зам}} = \pi \cdot (D + 2 \cdot \delta_{\text{из}}) \cdot L \cdot n \cdot 10^{-3} + 0,5 \cdot \pi^2 \cdot (D \cdot 10^{-3} + 2 \cdot \delta_{\text{из}} \cdot 10^{-3}) \cdot (D_0 + 2 \cdot \delta_{\text{из}} \cdot 10^{-3}) \cdot (n-1), \text{ м}^2 \text{ [109]}$$

где  $L$  – длина секции теплообменника (для кожухотрубных), м;

$n$  – количество секций теплообменника;

$D$  – наружный диаметр секции и калача теплообменника (для кожухотрубных), мм;

$D_0$  – диаметр окружности калача теплообменника (для кожухотрубных), м;

$\delta_{\text{из}}$  – толщина изоляции теплообменника (при отсутствии – принимается равным 0), мм;

б) для энергоэффективного кожухотрубного:

$$S_{\text{кжт}}^{\text{эфф}} = \pi \cdot (D_{\text{эфф}} + 2 \cdot \delta_{\text{из}}^{\text{эфф}}) \cdot L_{\text{эфф}} \cdot n_{\text{эфф}} \cdot 10^{-3}, \text{ м}^2 \text{ [110]}$$

где  $L_{\text{эфф}}$ ,  $D_{\text{эфф}}$ ,  $n_{\text{эфф}}$  – соответственно длина, диаметр и количество секций;

$\delta_{\text{из}}^{\text{эфф}}$  – толщина изоляции, мм;

в) для энергоэффективного пластинчатого:

$S_{\text{пласт}}^{\text{эфф}}$  – принимается на основании паспортных данных или рассчитывается исходя из габаритных размеров подобранного по нагрузке теплообменника с учетом прижимных плит и толщины изоляции (длина · высота · ширина).

Определение теплового потока с наружной поверхности теплообменника, как для существующей системы, так и для внедряемой взамен, осуществляется по формулам:

$$Q^{\text{баз.п}} = S_{\text{кжт}}^{\text{зам}} \cdot (\alpha_{\text{лучист}}^{\text{зам}} + \alpha_{\text{конв}}^{\text{зам}}) \cdot (t_{\text{пов}}^{\text{баз.п}} + t_{\text{нар}}^{\text{баз.п}}), \text{ Вт [111]}$$

$$Q^{\text{ТЭО}} = S_{\text{кжт}}^{\text{эфф}} \cdot (\alpha_{\text{лучист}}^{\text{ТЭО}} + \alpha_{\text{конв}}^{\text{эфф}}) \cdot (t_{\text{пов}}^{\text{ТЭО}} + t_{\text{нар}}^{\text{ТЭО}}), \text{ Вт [112]}$$

$$Q^{\text{факт}} = S_{\text{кжт}}^{\text{эфф}} \cdot (\alpha_{\text{лучист}}^{\text{факт}} + \alpha_{\text{конв}}^{\text{эфф}}) \cdot (t_{\text{пов}}^{\text{факт}} + t_{\text{нар}}^{\text{факт}}), \text{ Вт [113]}$$

где  $\alpha_{\text{лучист}}^{\text{зам}}$  – коэффициент лучистой теплоотдачи заменяемого теплообменника, Вт/м<sup>2</sup> град.

Справочно:  $\alpha_{\text{лучист}} = 6,44$  – для стального теплообменника с температурой поверхности 65 °С, без изоляции;

$\alpha_{\text{лучист}} = 5,58$  – для медного теплообменника с температурой поверхности 65 °С, без изоляции;

$\alpha_{\text{лучист}} = 4,30$  – для латунного теплообменника с температурой поверхности 65 °С, без изоляции;

$\alpha_{\text{лучист}} = 0,62$  – для изолированного теплообменника с температурой поверхности 35 °С, изоляция покрыта алюминиевой фольгой;

$\alpha_{\text{лучист}}^{\text{ТЭО}}$  – коэффициент лучистой теплоотдачи заменяемого теплообменника по ТЭО, Вт/м<sup>2</sup> град;

$\alpha_{\text{лучист}}^{\text{факт}}$  – коэффициент лучистой теплоотдачи заменяемого теплообменника в процессе верификации, Вт/м<sup>2</sup> град.

В целях более точной верификации расчет  $\alpha_{\text{лучист}}^{\text{факт}}$  целесообразно осуществлять по формуле:

$$\alpha_{\text{лучист}}^{\text{факт}} = \frac{\varepsilon_{\text{п}} \cdot C^0 \cdot \left( \left( \frac{t_{\text{пов}}^{\text{факт}} + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{t_{\text{нар}}^{\text{факт}} + 273}{100} \right)^4 \right)}{t_{\text{пов}}^{\text{факт}} - t_{\text{нар}}^{\text{факт}}}, \text{ Вт/м}^2 \text{ град, [114]}$$

где  $\varepsilon_{\text{п}}$  – коэффициент излучения материала поверхности (степень черноты), принимается при отсутствии изоляции - равным 0,9 для стали, 0,6 для латуни, 0,78 для меди, при наличии изоляции с алюминиевой фольгой - равным 0,1;

$C^0$  – коэффициент излучения «абсолютно черного тела» принимается равным 5,67 Вт/м<sup>2</sup>К<sup>4</sup>;

$t_{\text{пов}}^{\text{факт}}$  – температура на поверхности теплообменника, °С. При отсутствии изоляции - принимается равной температуре теплоносителя

(как правило 65<sup>0</sup>С), при наличии изоляции - принимается равной не более 35<sup>0</sup>С;

$t_{\text{нар}}^{\text{факт}}$  – температура наружного воздуха, <sup>0</sup>С (не более 20<sup>0</sup>С);

$\alpha_{\text{КОНВ}}^{\text{зам}}$  – коэффициент конвективной теплоотдачи заменяемого теплообменника (для упрощения расчетов допускается принимать равным 10 Вт/м<sup>2</sup> град);

$\alpha_{\text{КОНВ}}^{\text{ТЭО}}$  – коэффициент конвективной теплоотдачи эффективного теплообменника (для упрощения расчетов допускается принимать равным 10 Вт/м<sup>2</sup> град);

$\alpha_{\text{КОНВ}}^{\text{факт}}$  – коэффициент конвективной теплоотдачи заменяемого теплообменника в процессе верификации (для упрощения расчетов допускается принимать равным 10 Вт/м<sup>2</sup> град);

$t_{\text{пов}}^{\text{баз.п}}$  – температура на поверхности теплообменника, <sup>0</sup>С. При отсутствии изоляции - принимается равной температуре теплоносителя (как правило 65<sup>0</sup>С), при наличии изоляции - принимается равной не более 35<sup>0</sup>С;

$t_{\text{пов}}^{\text{ТЭО}}$  – температура на поверхности теплообменника, <sup>0</sup>С. При отсутствии изоляции - принимается равной температуре теплоносителя (как правило 65<sup>0</sup>С), при наличии изоляции - принимается равной не более 35<sup>0</sup>С;

$t_{\text{нар}}^{\text{баз.п}}$  – температура наружного воздуха, <sup>0</sup>С (не более 20<sup>0</sup>С);

$t_{\text{нар}}^{\text{ТЭО}}$  – температура наружного воздуха, <sup>0</sup>С (не более 20<sup>0</sup>С).

Экономия условного топлива в результате энергосберегающего мероприятия, определяется по формулам:

$$B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} = T^{\text{ТЭО}} \cdot (Q^{\text{баз.п}} - Q^{\text{ТЭО}}) \cdot (0,86 \cdot 10^{-6} \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{пот тэ}}^{\text{ТЭО}}}{100}\right) \cdot b_{\text{тэ}}^{\text{ТЭО}} \cdot 10^{-3} + \varepsilon_{\text{сн}}^{\text{ТЭО}} \left(1 + \frac{k_{\text{пот э}}^{\text{ТЭО}}}{100}\right) \cdot b_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [115]}$$

$$B_{\Sigma}^{\text{факт}} = T^{\text{факт}} \cdot (Q^{\text{баз.п}} - Q^{\text{факт}}) \cdot (0,86 \cdot 10^{-6} \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{пот тэ}}^{\text{факт}}}{100}\right) \cdot b_{\text{тэ}}^{\text{факт}} \cdot 10^{-3} + \varepsilon_{\text{сн}}^{\text{факт}} \left(1 + \frac{k_{\text{пот э}}^{\text{факт}}}{100}\right) \cdot b_{\text{ээ}}^{\text{факт}} \cdot 10^{-6}), \text{ т у.т. [116]}$$

где  $T^{\text{ТЭО}}$  – годовая продолжительность работы теплообменника по ТЭО, часов. Годовая продолжительность работы теплообменника - произведение количества суток на часы работы в сутки, для расчета количество дней отопительного периода принимается по СП 2.04.02-2020);

$T_{\text{факт}}$  – фактическая годовая продолжительность работы теплообменника, часов;

$0,86 \cdot 10^{-6}$  – переводной коэффициент из Вт ч в Гкал;

$k_{\text{пот ТЭ}}^{\text{ТЭО}}$  – потери на транспортировку тепловой энергии по ТЭО (определяется на основе данных Департамента по энергоэффективности), %;

$k_{\text{пот ТЭ}}^{\text{факт}}$  – потери на транспортировку тепловой энергии после реализации проекта (определяется на основе данных Департамента по энергоэффективности), %;

$b_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход топлива на отпуск теплоэнергии на теплоисточнике, обеспечивающем теплоснабжение объекта, по ТЭО, кг.у.т./Гкал;

$b_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}}$  – удельный расход топлива на отпуск теплоэнергии на теплоисточнике, обеспечивающем теплоснабжение объекта, после реализации проекта, кг.у.т./Гкал;

$\mathcal{E}_{\text{сн}}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход электроэнергии на производство и транспорт тепловой энергии от теплоисточника по ТЭО, кВт·ч/Гкал;

$\mathcal{E}_{\text{сн}}^{\text{факт}}$  – удельный расход электроэнергии на производство и транспорт тепловой энергии от теплоисточника после реализации проекта, кВт·ч/Гкал;

$k_{\text{пот э}}^{\text{ТЭО}}$  – коэффициент, учитывающий потери в электрических сетях по ТЭО (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{\text{пот э}}^{\text{факт}}$  – коэффициент, учитывающий фактические потери в электрических сетях (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий составлению ТЭО, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\text{ээ}}^{\text{факт}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий верификации, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_{\Sigma} = B_{\Sigma}^{\text{факт}} - B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} \quad [117]$$

### 7.16. Верификация энергетической эффективности термореновации (термомодернизации) ограждающих конструкций зданий

Экономический эффект от термореновации (термомодернизации) ограждающих конструкций зданий достигается за счет:

увеличения термосопротивления ограждающих конструкций и уменьшения тепловых потерь.

Экономия топлива от снижения потребления тепловой энергии по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически, определяется по формулам:

$$B_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}} = F_{\text{зд}}^{\text{ТЭО}} \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{ТЭО}} - t_{\text{н}}^{\text{ТЭО}}) \cdot (1/R_{\text{Т}} - 1/R_{\text{Т}}^{\text{ТЭО}}) \cdot T_{\text{от}}^{\text{ТЭО}} \cdot 24 \cdot n \cdot 0,86 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + k_{\text{пот}}^{\text{ТЭО}}/100) \cdot b_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}}/10^3, \text{ т у.т.} \quad [118]$$

$$B_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}} = F_{\text{зд}}^{\text{факт}} \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{факт}} - t_{\text{н}}^{\text{факт}}) \cdot (1/R_{\text{Т}} - 1/R_{\text{Т}}^{\text{факт}}) \cdot T_{\text{от}}^{\text{факт}} \cdot 24 \cdot n \cdot 0,86 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + k_{\text{пот}}^{\text{факт}}/100) \cdot b_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}}/10^3, \text{ т у.т.}, \quad [119]$$

где  $F_{\text{зд}}^{\text{ТЭО}}$  – площадь ограждающих конструкций, подвергнутых термореновации по ТЭО, м<sup>2</sup>;

где  $F_{\text{зд}}^{\text{факт}}$  – фактическая площадь ограждающих конструкций, подвергнутых термореновации, м<sup>2</sup>;

$t_{\text{вн}}^{\text{ТЭО}}, t_{\text{н}}^{\text{ТЭО}}$  – температура воздуха внутри помещения и снаружи соответственно, °С (определяется на основе СП 2.04.01-2020);

$t_{\text{вн}}^{\text{факт}}, t_{\text{н}}^{\text{факт}}$  – температура воздуха внутри помещения и снаружи соответственно после термореновации, °С;

$R_{\text{Т}}$  – приведенное фактическое термосопротивление ограждающих конструкций здания до выполнения, м<sup>2</sup>°С/Вт (определяется на основе СП 2.04.01-2020);

$R_{\text{Т}}^{\text{ТЭО}}$  – приведенное термосопротивление ограждающих конструкций здания по ТЭО, м<sup>2</sup>°С/Вт (определяется на основе СП 2.04.01-2020; при этом значение термосопротивления после проведения мероприятия должно быть не ниже нормативного);

$R_{\text{Т}}^{\text{факт}}$  – приведенное фактическое термосопротивление ограждающих конструкций здания после выполнения мероприятия, м<sup>2</sup>°С/Вт (определяется на основе СП 2.04.01-2020; при этом значение термосопротивления после проведения мероприятия должно быть не ниже нормативного);

$T_{от}^{ТЭО}$  – продолжительность отопительного периода по ТЭО, суток (определяется на основе СП 2.04.02-2020);

$T_{от}^{факт}$  – фактическая продолжительность отопительного периода, суток;

24 – число часов в сутках, ч;

$n$  – поправочный коэффициент на разность температур, принимается по климатологическим данным для региона, где внедряется мероприятие (0,4-1,2) по СН 2.04.02-2020 «Строительная климатология»;

$0,86 \cdot 10^{-6}$  – переводной коэффициент Вт в Гкал/ч.

$b_{тэ}^{ТЭО}$  – удельный расход топлива теплоисточника по ТЭО, кг у.т./Гкал;

$b_{тэ}^{факт}$  – фактический удельный расход топлива теплоисточника, кг у.т./Гкал;

$k_{пот}^{ТЭО}$  – технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях по ТЭО, % (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{пот}^{факт}$  – технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях на момент верификации, % (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Экономия условного топлива на источнике электроснабжения по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически (при этом Лукомльская ГРЭС принимается замыкающей станцией в белорусской энергосистеме) определяется по формулам:

$$B_{ээ}^{ТЭО} = F_{зд}^{ТЭО} \cdot (t_{вн}^{ТЭО} - t_{н}^{ТЭО}) \cdot (1/R_{т} - 1/R_{т}^{ТЭО}) \cdot T_{от}^{ТЭО} \cdot 24 \cdot n \cdot 0,86 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta_{т}^{ТЭО} \cdot \left(1 + \frac{k_{пот\ э}^{ТЭО}}{100}\right) \cdot b_{ээ}^{ТЭО} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [120]}$$

$$B_{ээ}^{факт} = F_{зд}^{факт} \cdot (t_{вн}^{факт} - t_{н}^{факт}) \cdot (1/R_{т} - 1/R_{т}^{факт}) \cdot T_{от}^{факт} \cdot 24 \cdot n \cdot 0,86 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta_{т}^{факт} \cdot \left(1 + \frac{k_{пот\ э}^{факт}}{100}\right) \cdot b_{ээ}^{факт} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [121]}$$

где  $\Delta_{т}^{ТЭО}$  – удельный расход электроэнергии, необходимой для транспорта и производства 1 Гкал тепловой энергии для теплоисточника по ТЭО, кВт·ч/Гкал;

$\Delta_{т}^{факт}$  – фактический удельный расход электроэнергии, необходимой для транспорта и производства 1 Гкал тепловой энергии для теплоисточника, кВт·ч/Гкал;

$k_{\text{пот } \varepsilon}^{\text{ТЭО}}$  – коэффициент, учитывающий потери в электрических сетях по ТЭО (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{\text{пот } \varepsilon}^{\text{факт}}$  – коэффициент, учитывающий фактические потери в электрических сетях (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\varepsilon}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий составлению ТЭО, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\varepsilon}^{\text{факт}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий верификации, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Суммарная экономия условного топлива от внедрения мероприятия определяется по формулам:

$$B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} = B_{\varepsilon}^{\text{ТЭО}} + B_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}}, \text{ т у.т. [122]}$$

$$B_{\Sigma}^{\text{факт}} = B_{\varepsilon}^{\text{факт}} + B_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}}, \text{ т у.т. [123]}$$

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_{\Sigma} = B_{\Sigma}^{\text{факт}} - B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} \text{ [124]}$$

7.17. Верификация энергетической эффективности использования тепловых вторичных энергоресурсов (ВЭР) в отдельной схеме энергоснабжения

Выход тепловых ВЭР определяется из теплового баланса агрегата-источника по его энерготехнологическим характеристикам или путем замеров. Возможное использование тепловых ВЭР определяется с учетом технологических условий утилизации (запыленности продуктов сгорания, температуры точки росы, агрессивности энергоносителя, надежности работы утилизационной установки, наличия потребителей и т.д.).

Экономия топлива зависит от направления использования тепловых ВЭР и схемы энергоснабжения предприятия, на котором они используются. При тепловом направлении использования тепловых ВЭР экономия топлива определяется расходом топлива в основных (замещаемых) энергетических установках на выработку такого же количества и тех же параметров тепловой энергии, что использовано за счет тепловых ВЭР.

Экономия топлива при комплексном использовании тепловых ВЭР в раздельной схеме энергоснабжения (теплоснабжения от котельной) по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически, определяется по формулам:

$$B_p^{ТЭО} = (Q_{кэ}^{ТЭО} + Q_{тну}^{ТЭО}) \cdot b_{тэ}^{ТЭО} \cdot 10^{-3} - b_{ээ}^{ТЭО} \cdot \mathcal{E}_{тну}^{ТЭО} \cdot 10^{-6},$$

т у.т. [125]

$$B_p^{\text{факт}} = (Q_{кэ}^{\text{факт}} + Q_{тну}^{\text{факт}}) \cdot b_{тэ}^{\text{факт}} \cdot 10^{-3} - b_{ээ}^{\text{факт}} \cdot \mathcal{E}_{тну}^{\text{факт}} \cdot 10^{-6},$$

т у.т. [126]

где  $Q_{кэ}^{ТЭО}$  – годовой отпуск теплоты в систему теплоснабжения, утилизируемой в контактном экономайзере по ТЭО, Гкал;

$Q_{кэ}^{\text{факт}}$  – фактический годовой отпуск теплоты в систему теплоснабжения, утилизируемой в контактном экономайзере, Гкал;

$Q_{тну}^{ТЭО}$  – годовой отпуск теплоты в систему теплоснабжения, утилизируемой теплонасосной установкой (ТНУ) по ТЭО, Гкал;

$Q_{тну}^{\text{факт}}$  – фактический годовой отпуск теплоты в систему теплоснабжения, утилизируемой теплонасосной установкой (ТНУ), Гкал;

$b_{тэ}^{ТЭО}$  – удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии котельной по технико-экономическому обоснованию, кг у.т./Гкал;

$b_{тэ}^{\text{факт}}$  – фактический удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии котельной после внедрения проекта, кг у.т./Гкал.

$b_{ээ}^{ТЭО}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий составлению ТЭО, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{ээ}^{\text{факт}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий

верификации, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$\mathcal{E}_{\text{ТНУ}}^{\text{ТЭО}}$  – расход электроэнергии, потребляемой тепловыми насосными установками (ТНУ) по ТЭО, кВт ч;

$\mathcal{E}_{\text{ТНУ}}^{\text{факт}}$  – фактический расход электроэнергии, потребляемой тепловыми насосными установками (ТНУ), кВт.

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_p = B_p^{\text{факт}} - B_p^{\text{ТЭО}} \quad [127]$$

### 7.18. Верификация энергетической эффективности использования тепловых вторичных энергоресурсов (ВЭР) в комбинированной схеме энергоснабжения (ТЭЦ)

Выход тепловых ВЭР определяется из теплового баланса агрегата-источника по его энерготехнологическим характеристикам или путем замеров. Возможное использование тепловых ВЭР определяется с учетом технологических условий утилизации (запыленности продуктов сгорания, температуры точки росы, агрессивности энергоносителя, надежности работы утилизационной установки, наличия потребителей и т.д.).

Экономия топлива зависит от направления использования тепловых ВЭР и схемы энергоснабжения предприятия, на котором они используются. При тепловом направлении использования тепловых ВЭР экономия топлива определяется расходом топлива в основных (замещаемых) энергетических установках на выработку такого же количества и тех же параметров тепловой энергии, что использовано за счет тепловых ВЭР.

Экономия топлива при комплексном использовании ВЭР в комбинированной схеме энергоснабжения (теплоснабжение от ТЭЦ) по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически, определяется по формулам:

$$B_k^{\text{ТЭО}} = (Q_{\text{кэ}}^{\text{ТЭО}} + Q_{\text{тну}}^{\text{ТЭО}}) \cdot b_{\text{тэ}}^{\text{ТЭО}} \cdot 10^{-3} - b_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}} \cdot \mathcal{E}_{\text{тну}}^{\text{ТЭО}} \cdot 10^{-6} - (Q_{\text{кэ}}^{\text{ТЭО}} + Q_{\text{тну}}^{\text{ТЭО}}) \cdot (b_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}} - b_{\text{ээ тф}}^{\text{ТЭО}}) \cdot W^{\text{ТЭО}} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т.} \quad [128]$$

$$B_k^{\text{факт}} = (Q_{\text{кэ}}^{\text{факт}} + Q_{\text{тну}}^{\text{факт}}) \cdot b_{\text{тэ}}^{\text{факт}} \cdot 10^{-3} - b_{\text{ээ}}^{\text{факт}} \cdot \mathcal{E}_{\text{тну}}^{\text{факт}} \cdot 10^{-6} - (Q_{\text{кэ}}^{\text{факт}} + Q_{\text{тну}}^{\text{факт}}) \cdot (b_{\text{ээ}}^{\text{факт}} - b_{\text{ээ тф}}^{\text{факт}}) \cdot W^{\text{факт}} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т.} \quad [129]$$

где  $Q_{кэ}^{ТЭО}$  – годовой отпуск теплоты в систему теплоснабжения, утилизируемой в контактном экономайзере по ТЭО, Гкал;

$Q_{кэ}^{факт}$  – фактический годовой отпуск теплоты в систему теплоснабжения, утилизируемой в контактном экономайзере, Гкал;

$Q_{тну}^{ТЭО}$  – годовой отпуск теплоты в систему теплоснабжения, утилизируемой теплонасосной установкой (ТНУ) по ТЭО, Гкал;

$Q_{тну}^{факт}$  – фактический годовой отпуск теплоты в систему теплоснабжения, утилизируемой теплонасосной установкой (ТНУ), Гкал;

$b_{тэ}^{тэо}$  – удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии ТЭЦ по технико-экономическому обоснованию, кг у.т./Гкал;

$b_{тэ}^{факт}$  – фактический удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии ТЭЦ после внедрения проекта, кг у.т./Гкал.

$b_{ээ}^{ТЭО}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий составлению ТЭО, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{ээ}^{факт}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий верификации, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$\mathcal{E}_{тну}^{ТЭО}$  – расход электроэнергии, потребляемой тепловыми насосными установками (ТНУ) по ТЭО, кВт·ч;

$\mathcal{E}_{тну}^{факт}$  – фактический расход электроэнергии, потребляемой тепловыми насосными установками (ТНУ), кВт;

$b_{ээ\ тф}^{ТЭО}$  – удельный расход топлива на выработку электроэнергии по теплофикационному циклу по ТЭО, г у.т./кВт·ч;

$b_{ээ\ тф}^{факт}$  – фактический удельный расход топлива на выработку электроэнергии по теплофикационному циклу, г у.т./кВт·ч;

$W^{ТЭО}$  – удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу по ТЭО, кВт·ч/Гкал;

$W^{факт}$  – фактическая удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу, кВт·ч/Гкал.

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_K = B_K^{\text{факт}} - B_K^{\text{ТЭО}} \quad [130]$$

### 7.19. Верификация энергетической эффективности установки теплоотражающих экранов за радиаторами отопления

Экономический эффект от установки теплоотражающих экранов за радиаторами отопления достигается за счет снижения потребления тепловой энергии.

Количество теплоты, уходящей на нагрев участка стены, расположенного непосредственно за отопительным прибором, определяется по формуле:

$$Q_H = (t_{\text{бат}} - t_{\text{нар}}) \cdot F_{\text{бат}} / (1/\alpha_{\text{вн}} + 1/\alpha_{\text{нар}} + \sum(\delta_{\text{ст}}/\lambda_{\text{ст}})), \text{ Вт}; \quad [131]$$

где  $t_{\text{бат}}$  – средняя температура воздуха между стеной и отопительным прибором, принимается равной  $55^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{нар}}$  – температура наружного воздуха (определяется на основе СП 2.04.01-2020),  $^\circ\text{C}$ ;

$F_{\text{бат}}$  – площадь проекции отопительного прибора на стену,  $\text{м}^2$ ;

$\alpha_{\text{вн}}$ ,  $\alpha_{\text{нар}}$  – коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к ограждению и от ограждения к наружному воздуху (определяется на основе СП 2.04.01-2020),  $\text{Вт}/\text{м}\cdot^\circ\text{C}$ ;

$\sum(\delta_{\text{ст}}/\lambda_{\text{ст}})$  – рассчитывается суммарно для всех материалов, входящих в состав участка стены:

$\lambda_{\text{ст}}$  – коэффициент теплопроводности материала (определяется на основе СП 2.04.01-2020),  $\text{Вт}/\text{м}\cdot^\circ\text{C}$ ;

$\delta_{\text{ст}}$  – толщина слоя стены, выполненного из данного материала, м.

Определение количества теплоты, уходящей на нагрев участка стены, расположенного непосредственно за отопительным прибором после установки теплоотражающего экрана:

$$Q_{\text{э}}^{\text{ТЭО}} = k \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{ТЭО}} - t_{\text{нар}}^{\text{ТЭО}}) \cdot F_{\text{э}}^{\text{ТЭО}}, \text{ Вт}; \quad [132]$$

$$Q_{\text{э}}^{\text{факт}} = k \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{факт}} - t_{\text{нар}}^{\text{факт}}) \cdot F_{\text{э}}^{\text{факт}}, \text{ Вт}; \quad [133]$$

где  $k$  – коэффициент теплопроводности материала, из которого выполнен теплоотражающий экран (определяется на основе СП 2.04.01-2020),  $0,05 \text{ Вт}/\text{м}\cdot^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{вн}}^{\text{ТЭО}}$ ,  $t_{\text{нар}}^{\text{ТЭО}}$  – температура воздуха внутри помещения и наружного воздуха соответственно (определяется на основе СП 2.04.01-2020) по ТЭО, °С;

$t_{\text{вн}}^{\text{факт}}$ ,  $t_{\text{нар}}^{\text{факт}}$  – температура воздуха внутри помещения и наружного воздуха соответственно после установки теплоотражающего экрана, °С;

$F_{\text{э}}^{\text{ТЭО}}$  – площадь поверхности теплоотражающего экрана, которая должна соответствовать площади проекции отопительного прибора на стену по ТЭО, м<sup>2</sup>;

$F_{\text{э}}^{\text{факт}}$  – фактическая площадь поверхности теплоотражающего экрана, которая должна соответствовать площади проекции отопительного прибора на стену, м<sup>2</sup>.

Экономия топлива от снижения потребления тепловой энергии по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически, определяется по формулам:

$$B_{\text{тэ}}^{\text{ТЭО}} = (Q_{\text{н}} - Q_{\text{э}}^{\text{ТЭО}}) \cdot T_{\text{от}}^{\text{ТЭО}} \cdot 0,86 \cdot 10^{-6} \cdot b_{\text{тэ}}^{\text{ТЭО}} \cdot (1 + k_{\text{пот}}^{\text{ТЭО}}/100) \cdot 10^{-3}, \quad \text{т у.т. [134]}$$

$$B_{\text{тэ}}^{\text{факт}} = (Q_{\text{н}} - Q_{\text{э}}^{\text{факт}}) \cdot T_{\text{от}}^{\text{факт}} \cdot 0,86 \cdot 10^{-6} \cdot b_{\text{тэ}}^{\text{факт}} \cdot (1 + k_{\text{пот}}^{\text{факт}}/100) \cdot 10^{-3}, \quad \text{т у.т. [135]}$$

где  $T_{\text{от}}^{\text{ТЭО}}$  – продолжительность отопительного периода по ТЭО, суток (определяется на основе СП 2.04.02-2020);

$T_{\text{от}}^{\text{факт}}$  – фактическая продолжительность отопительного периода, суток;

$0,86 \cdot 10^{-6}$  – переводной коэффициент Вт в Гкал ч.

$b_{\text{тэ}}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход топлива теплоисточника по ТЭО, кг у.т./Гкал;

$b_{\text{тэ}}^{\text{факт}}$  – фактический удельный расход топлива теплоисточника, кг у.т./Гкал;

$k_{\text{пот}}^{\text{ТЭО}}$  – технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях по ТЭО, % (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{\text{пот}}^{\text{факт}}$  – технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях на момент верификации, % (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_{тэ} = B_{тэ}^{\text{факт}} - B_{тэ}^{\text{тэо}} \quad [136]$$

## 7.20. Верификация энергетической эффективности внедрения энергоэффективных оконных блоков из ПВХ

Экономический эффект от внедрения оконных блоков из ПВХ достигается за счет:

увеличения термосопротивления оконных блоков и уменьшения расхода тепловой энергии на компенсацию потерь тепла;

увеличения коэффициента воздухопроницаемости и уменьшения расхода тепловой энергии на нагревание наружного воздуха, поступающего путем инфильтрации через щели оконных проемов.

Определение расхода тепловой энергии на компенсацию потерь тепла через оконные проемы:

$$Q^{\text{баз.п}} = (1/R_{\text{т}}^{\text{баз.п}} \cdot 0,86 \cdot n + 0,24 \cdot 0,216 \cdot (H \cdot (p_{\text{н}}^{\text{баз.п}} - p_{\text{в}}^{\text{баз.п}}) + 0,5 \cdot \rho_{\text{н}}^{\text{баз.п}} \cdot V^2 \cdot (c_{\text{еп}} - c_{\text{ер}}) \cdot k_{\text{н}})^{0,67} / R_{\text{в}}^{\text{баз.п}} \cdot c \cdot A^{\text{баз.п}}) \cdot F_0 \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{баз.п}} - t_{\text{н}}^{\text{баз.п}}) \cdot T_{\text{от}}^{\text{баз.п}} \cdot 24 \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал} \quad [137]$$

$$Q^{\text{тэо}} = (1/R_{\text{т}}^{\text{тэо}} \cdot 0,86 \cdot n + 0,24 \cdot 0,216 \cdot (H \cdot (p_{\text{н}}^{\text{тэо}} - p_{\text{в}}^{\text{тэо}}) + 0,5 \cdot \rho_{\text{н}}^{\text{тэо}} \cdot V^2 \cdot (c_{\text{еп}} - c_{\text{ер}}) \cdot k_{\text{н}})^{0,67} / R_{\text{в}}^{\text{тэо}} \cdot c \cdot A^{\text{тэо}}) \cdot F_0 \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{тэо}} - t_{\text{н}}^{\text{тэо}}) \cdot T_{\text{от}}^{\text{тэо}} \cdot 24 \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал} \quad [138]$$

$$Q^{\text{факт}} = (1/R_{\text{т}}^{\text{факт}} \cdot 0,86 \cdot n + 0,24 \cdot 0,216 \cdot (H \cdot (p_{\text{н}}^{\text{факт}} - p_{\text{в}}^{\text{факт}}) + 0,5 \cdot \rho_{\text{н}}^{\text{факт}} \cdot V^2 \cdot (c_{\text{еп}} - c_{\text{ер}}) \cdot k_{\text{н}})^{0,67} / R_{\text{в}}^{\text{факт}} \cdot c \cdot A^{\text{факт}}) \cdot F_0 \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{факт}} - t_{\text{н}}^{\text{факт}}) \cdot T_{\text{от}}^{\text{факт}} \cdot 24 \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал} \quad [139]$$

где  $R_{\text{т}}^{\text{баз.п}}$  – приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций оконных проемов,  $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$  (принимается для существующего варианта по СП 2.04.01-2020);

$R_{\text{т}}^{\text{тэо}}$  – приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций оконных проемов,  $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$  (принимается по СП 2.04.01-2020);

$R_{\text{т}}^{\text{факт}}$  – приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций оконных проемов,  $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$  (принимается на основании данных производителей, но не менее нормативного сопротивления теплопередаче, приведенного в указанном СП);

0,86 – коэффициент перевода Вт в ккал/ч;

$n$  – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху. (принимается по СП 2.04.01-2020);

$H$  – высота здания от отметки земли до верха карниза, м;

$\rho_{\text{Н}}^{\text{баз.п}}, \rho_{\text{В}}^{\text{баз.п}}$  – удельный вес наружного и внутреннего воздуха, Н/м<sup>3</sup> (определяется по формуле  $\rho = 3463/(273+t)$ );

$\rho_{\text{Н}}^{\text{ТЭО}}, \rho_{\text{В}}^{\text{ТЭО}}$  – удельный вес наружного и внутреннего воздуха, Н/м<sup>3</sup> (определяется по формуле  $\rho = 3463/(273+t)$ );

$\rho_{\text{Н}}^{\text{факт}}, \rho_{\text{В}}^{\text{факт}}$  – удельный вес наружного и внутреннего воздуха, Н/м<sup>3</sup> (определяется по формуле  $\rho = 3463/(273+t)$ );

$\rho_{\text{Н}}^{\text{баз.п}}$  – плотность наружного воздуха, кг/м<sup>3</sup> (определяется по формуле  $\rho=353/(273+t_{\text{н}})$  или  $\rho = \rho_{\text{н}}/9,8$ );

$\rho_{\text{Н}}^{\text{ТЭО}}$  – плотность наружного воздуха, кг/м<sup>3</sup> (определяется по формуле  $\rho=353/(273+t_{\text{н}})$  или  $\rho = \rho_{\text{н}}/9,8$ );

$\rho_{\text{Н}}^{\text{факт}}$  – плотность наружного воздуха, кг/м<sup>3</sup> (определяется по формуле  $\rho=353/(273+t_{\text{н}})$  или  $\rho = \rho_{\text{н}}/9,8$ );

$V$  – скорость ветра, м/с (принимается по СН 4.02.03-2019);

$c_{\text{еп}}, c_{\text{ер}}$  – аэродинамические коэффициенты для наветренной и подветренной поверхностей ограждающих конструкций здания (принимаются по СН 2.01.05-2019. Справочно:  $c_{\text{еп}} = 0,8$ ;  $c_{\text{ер}} = -0,6$ );

$k_{\text{н}}$  – коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания ( $z$ ) (принимается по СНиП 2.01.07, см. таблицу);

Высота $z$ , м	$\leq 5$	10	20	40	60	80	100	150	200	250	300	$\geq 350$
$K$	0,5	0,65	0,85	1,1	1,3	1,45	1,6	1,9	2,1	2,3	2,5	2,75

$R_{\text{В}}^{\text{баз.п}}$  – приведенное сопротивление воздухопроницанию оконных блоков, м<sup>2</sup>·ч·Па/кг (принимается по СП 2.04.01-2020);

$R_{\text{В}}^{\text{ТЭО}}$  – приведенное сопротивление воздухопроницанию оконных блоков, м<sup>2</sup>·ч·Па/кг (принимается по СП 2.04.01-2020);

$R_{\text{В}}^{\text{ТЭО}}$  – приведенное сопротивление воздухопроницанию оконных блоков, м<sup>2</sup>·ч·Па/кг (принимается по СП 2.04.01-2020);

$c$  – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг °С);

$A^{\text{баз.п}}$  – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока, для окон и балконных дверей с отдельными переплетами  $A = 0,8$ , со спаренными переплетами  $A = 1,0$ ;

$A^{\text{ТЭО}}$  – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока, для окон и балконных дверей с отдельными переплетами  $A = 0,8$ , со спаренными переплетами  $A = 1,0$ ;

$A^{\text{факт}}$  – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока, для окон и балконных дверей с отдельными переплетами  $A = 0,8$ , со спаренными переплетами  $A = 1,0$ ;

$F_o$  – площадь ограждающих конструкций оконных проемов,  $\text{м}^2$ ;

$t_{\text{вн}}^{\text{баз.п}}$ ,  $t_{\text{н}}^{\text{баз.п}}$  – расчетные температуры воздуха внутри помещения и наружного воздуха до реализации проекта,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{вн}}^{\text{ТЭО}}$ ,  $t_{\text{н}}^{\text{ТЭО}}$  – температура воздуха внутри помещения и наружного воздуха соответственно (определяется на основе СП 2.04.01-2020) по ТЭО,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{вн}}^{\text{факт}}$ ,  $t_{\text{н}}^{\text{факт}}$  – температура воздуха внутри помещения и наружного воздуха соответственно после внедрения мероприятия,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_{\text{от}}$  – продолжительность отопительного периода в году, суток (определяется на основе СП 2.04.02-2020).

Экономия топлива от снижения потребления тепловой энергии по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически, определяется по формулам:

$$V_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}} = (Q^{\text{баз.п}} - Q^{\text{ТЭО}}) \cdot b_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}} \cdot (1 + k_{\text{пот}}^{\text{ТЭО}}/100) \cdot 10^{-3}, \text{ т у.т. [140]}$$

$$V_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}} = (Q^{\text{баз.п}} - Q^{\text{факт}}) \cdot b_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}} \cdot (1 + k_{\text{пот}}^{\text{факт}}/100) \cdot 10^{-3}, \text{ т у.т. [141]}$$

где  $b_{\text{ТЭ}}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход топлива теплоисточника по ТЭО,  $\text{кг у.т./Гкал}$ ;

$b_{\text{ТЭ}}^{\text{факт}}$  – фактический удельный расход топлива теплоисточника,  $\text{кг у.т./Гкал}$ ;

$k_{\text{пот}}^{\text{ТЭО}}$  – технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях по ТЭО, % (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{\text{пот}}^{\text{факт}}$  – технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях на момент верификации, % (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Экономия условного топлива на источнике электроснабжения по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически (при этом Лукомльская ГРЭС принимается замыкающей станцией в белорусской энергосистеме) определяется по формулам:

$$V_{\text{ЭЭ}}^{\text{ТЭО}} = (Q^{\text{баз.п}} - Q^{\text{ТЭО}}) \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{пот}}^{\text{ТЭО}}}{100}\right) \cdot \varepsilon_{\text{сн}}^{\text{ТЭО}} \cdot b_{\text{ЭЭ}}^{\text{ТЭО}} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [142]}$$

$$B_{\text{ээ}}^{\text{факт}} = (Q^{\text{баз.п}} - Q^{\text{факт}}) \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{пот.э}}^{\text{факт}}}{100}\right) \cdot \varepsilon_{\text{сн}}^{\text{факт}} \cdot b_{\text{ээ}}^{\text{факт}} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т. [143]}$$

$k_{\text{пот.э}}^{\text{ТЭО}}$  – коэффициент, учитывающий потери в электрических сетях по ТЭО (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$k_{\text{пот.э}}^{\text{факт}}$  – коэффициент, учитывающий фактические потери в электрических сетях (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$\varepsilon_{\text{сн}}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход электроэнергии на производство и транспорт тепловой энергии для теплоисточника, кВт ч/Гкал (определяется по нормам расхода ТЭР);

$\varepsilon_{\text{сн}}^{\text{факт}}$  – удельный расход электроэнергии на производство и транспорт тепловой энергии для теплоисточника, кВт ч/Гкал (принимается на основании данных теплоснабжающей организации);

$b_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий составлению ТЭО, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности);

$b_{\text{ээ}}^{\text{факт}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий верификации, г у.т./кВт·ч (по данным, опубликованным на сайте Департамента по энергоэффективности).

Суммарная экономия условного топлива от внедрения мероприятия определяется по формулам:

$$B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} = B_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}} + B_{\text{тэ}}^{\text{ТЭО}}, \text{ т у.т. [144]}$$

$$B_{\Sigma}^{\text{факт}} = B_{\text{ээ}}^{\text{факт}} + B_{\text{тэ}}^{\text{факт}}, \text{ т у.т. [145]}$$

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_{\Sigma} = B_{\Sigma}^{\text{факт}} - B_{\Sigma}^{\text{ТЭО}} \text{ [146]}$$

## 7.21. Верификация энергетической эффективности от установки турбоагрегата малой мощности

Экономический эффект от установки турбоагрегата малой мощности достигается за счет утилизации тепла пара от котельной со снижением его параметров, требуемых для технологического цикла и (или) нужд отопления и горячего водоснабжения.

Фактические параметры экономии оцениваются на основании полученных (измеренных) фактических данных по сравнению с данными исходя из разработанного ТЭО или проектной документации.

Выработка электрической энергии определяется по формуле:

$$W_B = N_{ТА} \cdot t \cdot k_3, \text{ тыс.кВт.ч [147]}$$

где:  $N_{ТА}$  – номинальная установленная мощность турбоагрегата, МВт;

$t$  – фактическое число часов работы, ч/год;

$k_3$  – фактический коэффициент загрузки турбоагрегата, о.е.

Отпуск электрической энергии определяется по формуле:

$$W_{отп} = W_B \cdot \frac{(\eta_{ТА} - k_{СН})}{100}, \text{ Гкал [148]}$$

где:  $\eta_{ТА}$  – КПД турбоагрегата по режимным картам (заводским характеристикам), %;

$k_{СН}$  – доля расхода электрической энергии на собственные нужды котлоагрегата, %.

Экономия условного топлива от выработки электрической энергии по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически определяется по формулам:

$$B_{ээ}^{ТЭО} = N_{ТА} \cdot t \cdot \frac{k_3 \cdot \eta_{ТА}}{100} \cdot (b_{ээ}^{ДП} - b_{ээ}^{ТЭО}), \text{ т у.т. [149]}$$

$$B_{ээ}^{\text{факт}} = N_{КА} \cdot t \cdot \frac{k_3 \cdot \eta_{ТА}}{100} \cdot (b_{ээ}^{ДП} - b_{ээ}^{\text{факт}}), \text{ т у.т. [150]}$$

где  $b_{\text{ээ}}^{\text{ДП}}$  - удельный расход условного топлива на электрической тепловой энергии до внедрения проекта, г у.т./кВт.ч;

$b_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}}$  - удельный расход условного топлива на отпуск электрической энергии по технико-экономическому обоснованию, г у.т./кВт.ч;

$b_{\text{ээ}}^{\text{факт}}$  - фактический удельный расход условного электрической на отпуск тепловой энергии после внедрения проекта, г у.т./кВт.ч.

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B = B_{\text{ээ}}^{\text{ТЭО}} - B_{\text{ээ}}^{\text{факт}} \quad [151]$$

## 7.22. Внедрение котлов малой мощности вместо незагруженных котлов большой мощности

Экономический эффект от внедрения котлов малой мощности вместо незагруженных котлов большой мощности достигается за счет:

повышения коэффициента полезного действия малого котла при работе на номинальной нагрузке;

снижения потребления электроэнергии;

для паровых котлов дополнительный эффект достигается за счет снижения собственных нужд на производство тепла (уменьшение объема продувки и потерь через теплоизоляцию).

Показатели фактического годового числа часов работы и коэффициент загрузки котлоагрегата до проекта и после внедрения определяется из журналов (ведомостей) работы котла.

Выработка тепловой энергии определяется по формуле:

$$Q_{\text{в}} = N_{\text{КА}} \cdot t \cdot k_{\text{з}}, \text{ Гкал} \quad [152]$$

где:  $N_{\text{КА}}$  – номинальная установленная мощность котлоагрегата, Гкал/ч;

$t$  – фактическое число часов работы, ч/год;

$k_{\text{з}}$  – фактический коэффициент загрузки котлоагрегата, о.е.

Исходя из режимных карт по проведенным испытаниям, а при их отсутствии по заводским характеристикам определяется КПД котлоагрегата. Расход тепловой энергии на собственные нужды

определяется из расчета действующих норм расхода топлива на выработку тепловой энергии.

Отпуск тепловой энергии определяется по формуле:

$$Q_{\text{отп}} = Q_{\text{в}} \cdot \frac{(\eta_{\text{КА}} - k_{\text{СН}})}{100}, \text{ Гкал [153]}$$

где:  $\eta_{\text{КА}}$  – КПД котлоагрегата по режимным картам (заводским характеристикам), %;

$k_{\text{СН}}$  – доля расхода тепловой энергии на собственные нужды котлоагрегата, %;

Удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии определяется по формуле:

$$b_{\text{тэ}} = \frac{142,86}{\frac{Q_{\text{отп}}}{Q_{\text{в}}}}, \text{ кг у.т./Гкал [154]}$$

Экономия условного топлива от выработки тепловой энергии по технико-экономическому обоснованию (проектным показателям) и фактически определяется по формулам:

$$V_{\text{тэ}}^{\text{тэо}} = N_{\text{КА}} \cdot t \cdot \frac{k_{\text{э}} \cdot \eta_{\text{КА}}}{100} \cdot (b_{\text{тэ}}^{\text{дп}} - b_{\text{тэ}}^{\text{тэо}}), \text{ т у.т. [155]}$$

$$V_{\text{тэ}}^{\text{факт}} = N_{\text{КА}} \cdot t \cdot \frac{k_{\text{э}} \cdot \eta_{\text{КА}}}{100} \cdot (b_{\text{тэ}}^{\text{дп}} - b_{\text{тэ}}^{\text{факт}}), \text{ т у.т. [156]}$$

где  $b_{\text{тэ}}^{\text{дп}}$  - удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии до внедрения проекта, кг у.т./Гкал;

$b_{\text{тэ}}^{\text{тэо}}$  - удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии по технико-экономическому обоснованию, кг у.т./Гкал;

$b_{\text{тэ}}^{\text{факт}}$  - фактический удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии после внедрения проекта, кг у.т./Гкал.

Экономия расхода электрической энергии на собственные нужды определяется из расчета действующих норм расхода электроэнергии на выработку тепловой энергии и определяется по формулам.

$$\mathcal{E}_{\text{тэ}}^{\text{тэо}} = \frac{Q_{\text{отп}} \cdot (\mathcal{E}_{\text{ээ}}^{\text{дп}} - \mathcal{E}_{\text{ээ}}^{\text{тэо}})}{1000}, \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч [157]}$$

$$\mathcal{E}_{\text{тэ}}^{\text{факт}} = \frac{Q_{\text{отп}} \cdot (\mathcal{E}_{\text{ээ}}^{\text{дп}} - \mathcal{E}_{\text{ээ}}^{\text{факт}})}{1000}, \text{ тыс. кВт}\cdot\text{ч [158]}$$

где:  $\mathcal{E}_{\text{ээ}}^{\text{дп}}$  - удельный расход электроэнергии на отпуск тепловой энергии до внедрения проекта, кВт·ч/Гкал;

$\mathcal{E}_{\text{ээ}}^{\text{тэо}}$  - удельный расход электроэнергии на отпуск тепловой энергии по технико-экономическому обоснованию, кВт·ч/Гкал;

$\mathcal{E}_{\text{ээ}}^{\text{факт}}$  - фактический удельный расход электроэнергии на отпуск тепловой энергии после внедрения проекта, кВт·ч/Гкал.

Экономия условного топлива от снижения расхода электрической энергии, определяется по формулам т у.т.

$$B_{\text{ээ}}^{\text{тэо}} = \mathcal{E}_{\text{тэ}}^{\text{тэо}} \cdot \frac{b_{\text{ээ}}^{\text{тэо}}}{1000} \cdot \frac{(100 + k_{\text{пот}}^{\text{тэо}})}{100}, \text{ т у.т. [159]}$$

$$B_{\text{ээ}}^{\text{факт}} = \mathcal{E}_{\text{тэ}}^{\text{факт}} \cdot \frac{b_{\text{ээ}}^{\text{факт}}}{1000} \cdot \frac{(100 + k_{\text{пот}}^{\text{факт}})}{100}, \text{ т у.т. [160]}$$

где:

$b_{\text{ээ}}^{\text{тэо}}$  – фактический годовой удельный расход топлива на отпуск электроэнергии на замыкающей электростанции (Лукомльской ГРЭС) принятый при разработке ТЭО, г у.т./кВт·ч;

$k_{\text{пот}}^{\text{тэо}}$  - технологический расход электрической энергии в электрических сетях на транспорт электроэнергии в системе ГПО "Белэнерго" принятый при разработке ТЭО, %

$b_{\text{ээ}}^{\text{факт}}$  – фактический годовой удельный расход топлива на отпуск электроэнергии на замыкающей электростанции (Лукомльской ГРЭС) за последний отчетный период (год), г у.т./кВт·ч;

$k_{\text{пот}}^{\text{факт}}$  - технологический расход электрической энергии в электрических сетях на транспорт электроэнергии в системе ГПО "Белэнерго" за последний отчетный период (год), %

Суммарная экономия условного топлива от внедрения мероприятия определяется по формулам:

$$B_{\Sigma}^{\text{тэо}} = B_{\text{ээ}}^{\text{тэо}} + B_{\text{тэ}}^{\text{тэо}}, \text{ т у.т. [161]}$$

$$B_{\Sigma}^{\text{факт}} = B_{\text{ээ}}^{\text{факт}} + B_{\text{тэ}}^{\text{факт}}, \text{ т у.т. [162]}$$

Разность между верифицированной и расчетной экономией от внедрения мероприятия:

$$\Delta B_{\Sigma} = B_{\Sigma}^{\text{факт}} - B_{\Sigma}^{\text{тэо}} [163]$$

## Список использованной литературы

1. Закон Республики Беларусь от 8 января 2015 г. № 239-З «Об энергосбережении» с изменениями и дополнениями от 24 мая 2021 г. № 111-З.
2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 18 марта 2016 г. № 216 ”Об утверждении положений по вопросам энергосбережения, внесении изменений и дополнений в постановления Совета Министров Республики Беларусь от 31 июля 2006 г. № 981 и от 17 февраля 2012 г. № 156 и признании утратившими силу постановлений Совета Министров Республики Беларусь и структурных элементов постановлений Совета Министров Республики Беларусь“.
3. СТБ 2574-2020 «Электроэнергетика. Основные термины и определения».
4. ГОСТ Р 56743-2015 «Измерения и верификация энергетической эффективности. Общие положения по определению экономии энергетических ресурсов»
5. ИСО 17742:2015 «Расчет энергетической эффективности и экономии энергии для стран, регионов и городов»
6. СП 2.04.01-2020 «Строительная теплотехника»
7. СП 2.04.02-2020 «Тепловая защита жилых и общественных зданий. Энергетические показатели»
8. СН 2.04.02-2020 «Здания и сооружения. Энергетическая эффективность»
9. СН 4.02.01-2019 «Тепловые сети»
10. СН 4.02.03-2019 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»
11. СНБ 2.04.02-2000 «Строительная климотология»
12. Методические рекомендации по составлению ТЭО для энергосберегающих мероприятий, утвержденные 11.11.2020 года и согласованных НАН Республики Беларусь.

Таблица А1. **Время использования максимума осветительной нагрузки рабочего освещения в помещениях, Т**

Количество смен	Продолжительность рабочей недели, дни	Годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки	
		При наличии естественного освещения	При отсутствии естественного освещения
1	5	750	2150
1	6	600	2150
2	5	2250	4300
2	6	2100	4300
3	5	4150	6500
3	6	4000	6500
	7	4800	7700
Аварийное		4800	8760

Таблица А2. **Время использования наружного освещения, Т**

Градус широты	Город	Годовая продолжительность, ч
52	Гомель, Брест	3911
53	Гродно	3896
54	Минск, Могилев	3880
55	Витебск	3866
56	Россоны	3842

Таблица А3. **Коэффициент потерь мощности в пускорегулирующем аппарате,  $k_{пра}$** 

Тип источника света	Тип ПРА	Средний коэффициент потерь в ПРА, $k_{пра}$
Лампа накаливания	Нет	1,00
Люминисцентная лампа	Электромагнитный	1,22
	Электронный	1,10
Компактная люминисцентная лампа	Электромагнитный	1,27
	Электронный	1,10
Ртутная лампа высокого давления, металлогалогенная лампа	Электромагнитный	1,08
	Электронный	1,06
Натриевая лампа высокого давления	Электромагнитный	1,10
	Электронный	1,06
Драйвер LED	Электронный	1,10

Таблица А4. Технологический коэффициент спроса осветительной нагрузки,  $k_c$

Объект	$k_c$
Мелкие производственные и торцевые помещения	1,00
Производственные помещения, состоящие из отдельных больших пролетов	0,95
Административные помещения, залы библиотек и предприятий общественного питания	0,90
Производственные помещения, состоящие из нескольких разделенных между собой участков	0,85
Лабораторные и конторско-бытовые помещения, здания лечебных и детских учреждений	0,80
Складские помещения, распределительные устройства и подстанции	0,60
Наружное и аварийное освещение	1,00

Таблица А5. Коэффициент, учитывающий автоматизацию управления освещением,  $k_{ay}$

Контроль уровня освещенности и автоматическое включение и отключение системы освещения при критических значениях освещенности	0,85-0,9
Зонное управление освещением (включение и отключение освещения дискретно, в зависимости от зонного распределения естественной освещенности)	0,75-0,8

Плавное управление мощностью и световым потоком светильников в зависимости от распределения естественной освещенности	0,6-0,7
Автоматизация отсутствует	1,0

Таблица Б1. Определение реактивной мощности установки, необходимой для достижения заданного (желаемого)  $\cos(\phi)$

Текущий (действующий) $\cos(\phi_1)$	Требуемый (желаемый) $\cos(\phi_2)$									
	0,80	0,82	0,85	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00
	Коэффициент $k_{\text{квар}}$									
0,30	2,43	2,48	2,56	2,64	2,70	2,75	2,82	2,89	2,98	3,18
0,32	2,21	2,26	2,34	2,42	2,48	2,53	2,60	2,67	2,76	2,96
0,34	2,02	2,07	2,15	2,23	2,28	2,34	2,41	2,48	2,56	2,77
0,36	1,84	1,89	1,97	2,05	2,10	2,17	2,23	2,30	2,39	2,59
0,38	1,68	1,73	1,81	1,89	1,95	2,01	2,07	2,14	2,23	2,43
0,40	1,54	1,59	1,67	1,75	1,81	1,87	1,93	2,00	2,09	2,29
0,42	1,41	1,46	1,54	1,62	1,68	1,73	1,80	1,87	1,96	2,16
0,44	1,29	1,34	1,42	1,50	1,56	1,61	1,68	1,75	1,84	2,04
0,46	1,18	1,23	1,31	1,39	1,45	1,50	1,57	1,64	1,73	1,93
0,48	1,08	1,13	1,21	1,29	1,34	1,40	1,47	1,54	1,62	1,83
0,50	0,98	1,03	1,11	1,19	1,25	1,31	1,37	1,45	1,63	1,73
0,52	0,89	0,94	1,02	1,10	1,16	1,22	1,28	1,35	1,44	1,64
0,54	0,81	0,86	0,94	1,02	1,07	1,13	1,20	1,27	1,36	1,56
0,56	0,73	0,78	0,86	0,94	1,00	1,05	1,12	1,19	1,28	1,48
0,58	0,65	0,70	0,78	0,86	0,92	0,98	1,04	1,11	1,20	1,40
0,60	0,58	0,63	0,71	0,79	0,85	0,91	0,97	1,04	1,13	1,33
0,61	0,55	0,60	0,68	0,76	0,81	0,87	0,94	1,01	1,10	1,30
0,62	0,52	0,57	0,65	0,73	0,78	0,84	0,91	0,99	1,06	1,27
0,63	0,48	0,53	0,61	0,69	0,75	0,81	0,87	0,94	1,03	1,23
0,64	0,45	0,50	0,58	0,66	0,72	0,77	0,84	0,91	1,00	1,20
0,65	0,42	0,47	0,55	0,63	0,68	0,74	0,81	0,88	0,97	1,17
0,66	0,39	0,44	0,52	0,60	0,65	0,71	0,78	0,85	0,94	1,14
0,67	0,36	0,41	0,49	0,57	0,63	0,68	0,75	0,82	0,90	1,11
0,68	0,33	0,38	0,46	0,54	0,59	0,65	0,72	0,79	0,88	1,08
0,69	0,30	0,35	0,43	0,51	0,56	0,62	0,69	0,76	0,85	1,05
0,70	0,27	0,32	0,40	0,48	0,54	0,59	0,66	0,73	0,82	1,02
0,71	0,24	0,29	0,37	0,45	0,51	0,57	0,63	0,70	0,79	0,99
0,72	0,21	0,26	0,34	0,42	0,48	0,54	0,60	0,67	0,76	0,96
0,73	0,19	0,24	0,32	0,40	0,45	0,51	0,58	0,65	0,73	0,94
0,74	0,16	0,21	0,29	0,37	0,42	0,48	0,55	0,62	0,71	0,91
0,75	0,13	0,18	0,26	0,34	0,40	0,46	0,52	0,59	0,68	0,88
0,76	0,11	0,16	0,24	0,32	0,37	0,43	0,50	0,57	0,65	0,86

0,77	0,08	0,13	0,21	0,29	0,34	0,40	0,47	0,54	0,63	0,83
0,78	0,05	0,10	0,18	0,26	0,32	0,38	0,44	0,51	0,60	0,80
0,79	0,03	0,08	0,16	0,24	0,29	0,35	0,42	0,49	0,57	0,78
0,80		0,05	0,13	0,21	0,27	0,32	0,39	0,46	0,55	0,75
0,81			0,10	0,18	0,24	0,30	0,36	0,43	0,52	0,72
0,82			0,08	0,16	0,21	0,27	0,34	0,41	0,49	0,70
0,83			0,05	0,13	0,19	0,25	0,31	0,38	0,47	0,67
0,84			0,03	0,11	0,16	0,22	0,29	0,36	0,44	0,65
0,85				0,08	0,14	0,19	0,26	0,33	0,42	0,62
0,86				0,05	0,11	0,17	0,23	0,30	0,39	0,59
0,87					0,08	0,14	0,21	0,28	0,36	0,57
0,88					0,06	0,11	0,18	0,25	0,34	0,54
0,89					0,03	0,09	0,15	0,22	0,31	0,51
0,90						0,06	0,12	0,19	0,28	0,48
0,91						0,03	0,10	0,17	0,25	0,46
0,92							0,07	0,14	0,22	0,43
0,93							0,04	0,11	0,19	0,40
0,94								0,07	0,16	0,36
0,95									0,13	0,33