

УДК 621.165

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ
БЫСТРОСЪЕМНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ
ДЛЯ РТС №1 МИНСКИЕ ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ
FEASIBILITY STUDY OF IMPLEMENTATION QUICK-DETACHABLE
INSULATION OF STOP VALVES
FOR RTS No. 1 MINSK HEAT NETWORKS**

К.О. Клименков, Д.В. Глинкин, Р.А. Тиунчик
Научный руководитель – А.А. Бобич, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
K. Klimenkov, D. Glinkin, R. Tiunchik
Supervisor – A. Bobich, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: сделан обзор проекта по внедрению быстросъемной изоляции запорной арматуры на РТС №1 Минские тепловые сети.

Abstract: a review of the project for the introduction of quick-detachable isolation of shut-off valves at RTS No. 1 Minsk Heat Networks was made.

Ключевые слова: запорная арматура, теплопотери, Минские тепловые сети.

Keywords: shutoff valves, heat losses, Minsk heating networks.

Введение

Неизолированная запорная арматура трубопроводов является причиной заметных теплопотерь. Применение термочехлов (съемная теплоизоляция) позволяет снизить тепловые потери с поверхности запорной арматуры на 70-75%, что в конечном итоге, учитывая количество таких элементов, дает весьма ощутимый результат. Также это защита персонала предприятия от термических ожогов, обеспечивается температура на поверхности в пределах, предусмотренных СНиП. Чехлы обладают хорошей шумо- и теплоизоляцией, могут кратковременно выдержать температуру открытого пламени свыше 1000°C.

Основная часть

Передача тепла от горячего теплоносителя в окружающую среду для неизолированного трубопровода осуществляется посредством трёх механизмов: теплопроводности через цилиндрическую стенку трубопровода, конвекции и излучения с наружной поверхности трубопровода.

Расчет коэффициента теплоотдачи с наружной поверхности трубы (арматуры):

$$\alpha_{\text{нар}} = \alpha_{\text{лучист}} + \alpha_{\text{конв}}, \quad (1)$$

где $\alpha_{\text{конв}} = 10 + 6 \cdot \sqrt{W}$, $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$ – упрощенный расчет коэффициента конвективной теплоотдачи.

$$\alpha_{\text{лучистое}} = \frac{C_0 \cdot \varepsilon_{\text{п}} \cdot \left(\left(\frac{t_{\text{пов}} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{нар}} + 273}{100} \right)^4 \right)}{t_{\text{пов}} - t_{\text{нар}}}, \quad (2)$$

где $\alpha_{\text{лучист}}$ – коэффициент лучистой теплопередачи, $\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$.

Тепловой поток через металлическую стенку неизолированной трубы длиной L определяется как:

$$Q = \frac{\pi \cdot (t_{\text{пов}} - t_{\text{нар}}) \cdot L}{\frac{\ln\left(\frac{d + 2\delta}{d}\right)}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}} \cdot (d + 2\delta)}}. \quad (3)$$

Тепловой поток через изоляцию изолированной трубы длиной L определяется как:

$$Q = \frac{\pi \cdot (t_{\text{внут}} - t_{\text{нар}}) \cdot L}{\frac{\ln\left(\frac{d + 2\delta}{d}\right)}{2\lambda} + \frac{\ln\left(\frac{d + 2\delta + 2\delta_{\text{из}}}{d + 2\delta}\right)}{2\lambda_{\text{из}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}} \cdot (d + 2\delta + 2\delta_{\text{из}})}}. \quad (4)$$

где $t_{\text{внутр}}$ – равна температуре теплоносителя,
 $t_{\text{нар}}$ – температура окружающего воздуха, ($^{\circ}\text{C}$).

Годовая экономия тепловой энергии определяется как:

$$\Delta Q = N \cdot T \cdot (Q - Q_{\text{изол}}) \cdot 0,86 \cdot 10^{-6}, \quad (5)$$

где $0,86 \cdot 10^{-6}$ – переводной коэффициент из Вт в Гкал;
 N – количество участков трубопровода (единиц запорной арматуры) одного типоразмера и режима эксплуатации;
 T , часов – годовая часовая продолжительность работы трубопровода (арматуры).

Подбор толщины и расчет площади изоляции:

Подбор толщины изоляции при модернизации производится исходя из норм плотности теплового потока на 1 м длины трубопровода (по таблицам 2, 3, 4, 5 ТКП45-4.02.323-2018), но не менее 20мм (пункт 6.13 данного ТКП).

Расчет площади изоляции осуществляется по формуле:

$$S = \pi \cdot (d + 2 \cdot \delta + 2 \cdot \delta_{\text{из}}) \cdot L \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

Расчет экономии топлива осуществляется по формуле:

$$\Delta B_{\text{тэ}} = \Delta Q \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{пот}}}{100} \right) \cdot b_{\text{тэ}} \cdot 10^{-3} + \Delta Q \cdot \varepsilon_{\text{сн}} \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{пот}}^{\varepsilon}}{100} \right) \cdot b_{\text{ээ}} \cdot 10^{-6}, \quad (7)$$

где $b_{\text{тэ}}$ ($\frac{\text{кг.у.т.}}{\text{Гкал}}$) – удельный расход топлива на отпуск теплоэнергии на теплоисточнике, обеспечивающем теплоснабжение объекта;

$k_{\text{пот}}$ (%) – потери на транспортировку тепловой энергии;

$\varepsilon_{\text{сн}} \left(\frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{Гкал}} \right)$ – удельный расход электроэнергии на производство и транспорт тепловой энергии от теплоисточника;

$b_{\text{ээ}} \left(\frac{\text{кг}\cdot\text{у}\cdot\text{т}}{\text{Гкал}} \right)$ – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии от Лукомльской ГРЭС;

$k_{\text{пот}}^{\text{э}}$ (%) – потери электроэнергии в электрических сетях ГПО «Белэнерго».

Расчет капиталовложений и простого срока окупаемости

Расчет капиталовложений осуществляется по формуле:

$$K = N \cdot C \cdot S \cdot (1,25 \dots 1,3), \quad (8)$$

где 1,25...1,3 – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж (25-30%);

N – количество участков трубопровода (единиц запорной арматуры) одного типоразмера и режима эксплуатации;

S – расчетная площадь изоляции 1 элемента.

Расчет срока окупаемости осуществляется по формуле:

$$Cp_{\text{ок}} = \frac{K}{(\Delta B_{\text{тэ}} \cdot C_{\text{топл}})}, \quad (9)$$

где $C_{\text{топл}}$ – стоимость 1 тонны условного топлива.

Расчет обоснования внедрения быстросъемной изоляции на запорной арматуре диаметров 57, 108, 159 и 219 мм РТС №1 Минские тепловые сети сведен в Таблицу 1.

Таблица 1– Результаты расчётов

Наименование	Ед. изм.	Значение			
		1	13	4	2
Количество задвижек	шт.	1	13	4	2
Диаметр задвижки	м	0,046	0,108	0,159	0,219
Внутренний диаметр трубопровода	м	0,04	0,1	0,15	0,203
Толщина стенки трубопровода	м	0,003	0,004	0,0045	0,008
Теплопроводность материала трубопровода	Вт/(м·град)	50	50	50	50
Температура воздуха в КТЦ	°С	22	22	22	22
Температура задвижки без изоляции	°С	165	165	165	165
Температура задвижки с изоляцией	°С	35	35	35	35
Толщина изоляционного материала	м	0,05	0,05	0,05	0,05
Теплопроводность изоляционного материала	Вт/(м·град)	0,033	0,033	0,033	0,033
Скорость ветра	м/с	0	0	0	0
Коэффициент излучения материала поверхности		0,85	0,85	0,85	0,85
Коэффициент излучения «абсолютно черного тела»	Вт/м ² К ⁴	5,67	5,67	5,67	5,67

Окончание Таблицы 1

Наименование	Ед. изм.	Значение			
Число часов работы котельного оборудования	ч	4237	4237	4237	4237
Расчет коэффициента теплоотдачи с наружной поверхности трубы	Вт/м ² град	19,9	19,9	19,9	19,9
Упрощенный расчет коэффициента конвективной теплоотдачи	Вт/м ² град	10,0	10	10	10
Коэффициент лучистой теплопередачи	Вт/м ² град	9,9	9,9	9,9	9,9
Тепловой поток через металлическую стенку неизолированной трубы	Вт	18,9	104,1	225,6	427,4
Тепловой поток через изоляцию изолированной трубы	Вт	1,0	4,4	8,9	15,6
Сокращение потерь тепловой энергии	Гкал	0,1	4,7	3,2	3,0
Расчет площади изоляции	м ²	0,02	0,92	0,52	0,44
Экономия топлива	т у.т. тыс. руб.	0,02	0,90	0,61	0,57
		0,01	0,46	0,31	0,29
Удельная стоимость 1 м ² изоляции	руб./м ²	400			
Общая площадь задвижек	м ²	1,9			
Стоимость изоляции	руб./м ²	760			
Капитальные вложения с учетом затрат на монтаж оборудования	руб.	1026			
Срок окупаемости	лет	1,0			

Заключение

Анализ результатов расчёта позволяет заключить, что внедрение быстросъемной изоляции запорной арматуры на РТС №1 Минские тепловые сети окупится за 1 год, снизит потери тепловой энергии и следовательно уменьшит затраты на топливо.

Литература

1. Энергетический аудит пиковых водогрейных котельных филиала «Минские тепловые сети» РУП «Минскэнерго» за период 2019-2021 гг.
2. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций. - Мн.: «Беларусь», 1974.
3. Правила технической эксплуатации электростанций и сетей Республики Беларусь. Мн., ГПО «Белэнерго», 2018