

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ С ИНФРАКРАСНЫМИ ТРУБЧАТЫМИ ГАЗОВЫМИ ОБОГРЕВАТЕЛЯМИ

*к. т. н. Солод Л. В.*

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия  
строительства и архитектуры», г. Днепропетровск*

**Постановка проблемы.** Газовое лучистое отопление (ГЛО) известно как современная энергосберегающая технология в области теплоснабжения. На сегодняшний день, этот способ отопления предлагается к применению рядом организаций, занимающихся продажей, монтажом и обслуживанием систем отопления. Определился тип объектов, для которых такое отопление эффективно. В основном это высокие помещения производственного или сельскохозяйственного назначения. Сфера применения приборов ГЛО оговорена в [1].

Практическое распространение ГЛО обуславливает необходимость формирования общих требований к процессу их проектирования, определения состава проекта и рекомендаций по проектированию. Особенно ощутим недостаток надежной информации для осуществления процесса проектирования ГЛО с современными отопительными приборами, такими как инфракрасные трубчатые газовые обогреватели (ИТГО), относительно новыми для Украины.

**Связь с научными и практическими заданиями и анализ последних исследований и публикаций.** Как любой вид отопления, ГЛО имеет свои особенности, которые должны учитываться в процессе проектирования. В [2] рассмотрены вопросы проектирования систем и установок лучистого отопления с газовыми излучающими горелками. Сформулированы общие требования, которые необходимо выполнять при расчете (проектировании) систем ГЛО, обозначены основные задачи проектирования: расчет мощности системы ГЛО; обеспечение комфортного теплового режима в помещениях с ГЛО; размещение обогревателей.

Аналогичные задачи сформулированы и в [3], где рассматриваются системы панельно-лучистого отопления.

*Решения задачи расчета мощности системы ГЛО.* В [2] приводится анализ методов расчета мощности систем лучистого отопления. В частности, говорится, что существующие в практике проектирования методы можно разделить на две основные группы. Первая - методы, основанные на определении тепловых потерь помещения с учетом комфортной или допустимой облученности. Вторая - методы определения комфортной облученности обогреваемых людей или животных. При этом принимается, что доминирующим фактором комфорта является доза облученности. На основе анализа известных методов расчета мощности систем лучистого отопления предлагается определять общую тепловую мощность системы обогрева ( $Q_c$ ) как  $Q_N / \eta_c$  ( $Q_N$  - радиационная мощность системы,  $\eta_c$  - лучистый КПД горелки). Предлагается выражение для определения  $Q_N$ . Согласно [2], рассчитав  $Q_c$  находят требуемое число горелок в системе ( $n_c$ ), предварительно задавшись их единичной мощностью ( $Q_c$ ):  $n_c = Q_c / Q_{c0}$ , размещают их в помещении в соответствии с теплотехническими и гигиеническими требованиями и проверяют систему обогрева на удовлетворение условий комфортной облученности. Затем методом последовательных приближений, коррелируя число излучателей и схему их размещения, на основании решения уравнений теплового баланса находят оптимальную конструкцию системы обогрева.

В [4] приведены данные по удельным тепловым нагрузкам в зависимости от назначения отапливаемого помещения и его конструктивных особенностей, по которым также можно определить установочную мощность систем отопления.

*Решения задачи обеспечения комфортного теплового режима в помещениях с ГЛО.* Для комфортного теплового режима необходимо обеспечение комфортной температуры воздуха в рабочей зоне и контроль плотности теплового облучения. Комфортные условия достигаются, когда результирующая температура ( $t_R$ ) в помещении равна температуре комфорта.  $t_R$ , в свою очередь, зависит от облученности:  $t_R = t_{\text{в}} + 0,0716 \cdot Q_{\text{л}}$  [2] ( $t_{\text{в}}$  - температура воздуха в помещении; 0,0716 - переводной

множитель,  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{м}^2/\text{В}$ ;  $J_s$  – удельная облученность,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ). В [2] приводится формула для определения  $t_R$  в помещении с ГЛО.

В [5] обосновывается и излагается методика расчета интенсивности теплового облучения при лучистом отоплении и приводятся результаты применения этой методики при проектировании ГЛО производственного помещения. На основе этих исследований в [6] представлены возможности использования метода расчета ИТГО для определения интенсивности облучения при проектировании систем ГЛО.

*Задача размещения обогревателей.* В [2] показано существование зависимостей между теплотехническими характеристиками горелок, геометрией их размещения и интенсивностью теплового потока. Согласно [2], так как при проектировании размещения обогревателей мощность системы отопления уже известна, то по принятой к установке единичной мощности горелки определяют число их в системе. Задавшись высотой подвеса горелок и зная среднюю поверхностную плотность энергии, которая представляет собой произведение отношения тепловой нагрузки системы к площади обогреваемого помещения на  $\eta_s$ , вычисляют шаг между излучателями в поперечном и продольном направлениях для центральной зоны, а с учетом заданной неравномерности облучения по краям и в углах. В целях экономии теплоты, размещать излучатели рекомендуется так, чтобы поток излучения от них не попадал на внутренние поверхности теплотеряющих ограждений (стен). Также указывается, что при проектировании ГЛО необходимо учитывать конструктивные особенности помещений (наличие колонн, ферм и пр.), которые влияют на выбор мест установки обогревателей, размещать обогреватели следует с учетом допустимой или заданной неравномерности теплового потока.

В [7] приведены зависимости для определения рекомендуемого расстояния от излучателей (имеются в виду излучающие горелки) до пола и между собой.

В [2, 3, 7] не анализируются системы лучистого отопления с ИТГО в качестве отопительных приборов, которые существенно отличаются по конструкции и теплотехническим характеристикам от излучающих горелок и панелей. Очевидно, при проектировании систем ГЛО с ИТГО общие задачи,

сформулированные в [2, 3] должны решаться с учетом особенностей трубчатых обогревателей.

В [5] рассматриваются системы ГЛО, как с горелками инфракрасного излучения, так и с трубчатыми обогревателями. Авторы акцентируют внимание на ряде важных аспектов, которые должны учитываться в процессе проектирования таких систем. Это необходимость оценки интенсивности теплового облучения в помещениях с лучистым отоплением, вопросы отвода или ассимиляции продуктов сгорания и наличие доли теплоотдачи конвекцией от излучателя к окружающему воздуху.

**Формулировка целей.** Цель статьи – определить основные этапы процесса проектирования систем ГЛО с ИТГО и сформулировать некоторые рекомендации по проектированию таких систем.

**Изложение основного материала исследований.** На основании анализа информации о проектировании систем ГЛО в исследованиях посвященных этим системам, а также указаний по проектированию других систем отопления, можно сформировать ориентировочный состав основного раздела проекта ГЛО объекта с помощью ИТГО. Определяется несколько основных этапов:

- определение мощности системы отопления;
- подбор и размещение обогревателей;
- расчет интенсивности теплового облучения;
- расчет и компенсация температурных удлинений ИТГО;
- расчет тепловых потоков и средней лучистой составляющей ИТГО;
- газоснабжение обогревателей и отвод продуктов сгорания.

Большинство вышеперечисленных этапов связаны между собой и должны выполняться в комплексе.

*Определение мощности системы отопления.* Необходимая мощность системы отопления может быть определена путем составления теплового баланса помещений способом, предложенным в [2]. Однако, часто система ГЛО проектируется для существующих зданий и сооружений, а также при изменении их целевого назначения. В таких случаях проектная документация, как правило, недоступна, технологические теплопоступления и объем приточного воздуха неизвестны и, как

следствие, определение мощности системы отопления указанным способом затруднительно.

Возможно оценить необходимую тепловую мощность системы отопления по известным формулам для определения расчетных тепловых нагрузок на отопление и вентиляцию с использованием удельных тепловых характеристик. При этом расчетная температура воздуха внутри отапливаемого помещения должна приниматься на 2-4 °С ниже нормируемой вследствие наличия лучистой составляющей эффективной внутренней температуры.

*Подбор и размещение обогревателей.* Необходимо, зная тепловую мощность ИТГО и их размеры (указываются производителем), подобрать обогреватели для обеспечения тепловой мощности системы отопления и разместить их на плане отапливаемого помещения. При размещении обогревателей необходимо учитывать расположение рабочих мест: на участках помещения, где нет постоянных рабочих мест, не рационально размещать обогреватели. Допустимую неравномерность обогрева определяет заказчик проекта.

Иногда производители указывают соотношения для определения расстояний между ИТГО и от ИТГО до наружной стены, обеспечивающих равномерность обогрева по площади объекта. Эти соотношения могут быть использованы проектировщиком на этапе предварительных расчетов, но в дальнейшем расстояния между ИТГО и высота их установки, должны корректироваться с учетом заданной неравномерности обогрева и в зависимости от значений допустимой поверхностной плотности лучистого теплового потока (интенсивности теплового облучения).

*Расчет поверхностной плотности лучистого теплового потока.* Этот этап проектирования производится в комплексе с подбором и размещением обогревателей. Окончательное решение о применении определенной модификации ИТГО может быть принято после проверки выполнения требований по допустимой интенсивности теплового облучения.

Рассчитать значение интенсивности облучения головы человека или поверхности оборудования ( $J$ ), находящихся непосредственно под обогревателем или в любой точке

отапливаемого помещения можно способом, изложенным в [6] используя формулу [5]:

$$Q = \frac{F_u \cdot \sigma \cdot (t_u - t_{\text{в}})^2}{R \left( 1 + \frac{\Delta y^2 + \Delta z^2}{R^2} \right)}, \text{ Вт/м}^2$$

где  $\Delta x$  – расстояние от головы человека или поверхности оборудования до центра ИТГО по нормали к его поверхности, м;

$F_u$  – площадь ИТГО или его части, м<sup>2</sup>;

$t_u$  – средняя температура излучающей поверхности, °С;

$R$  – расстояние между центром ИТГО или его части и головой человека или поверхностью оборудования, м, определяемое соотношением  $R = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  – разность координат центров площадок соответственно по оси Y и Z, м.

*Расчет и компенсация температурных удлинений ИТГО.*

Температурное удлинение ИТГО может быть определено по известной формуле:  $\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta t$ , мм ( $\alpha$  – коэффициент температурного удлинения трубы – излучателя, мм/(м °С);  $l$  – длина ИТГО, м,  $\Delta t$  – разность температур излучающей поверхности и воздуха в помещении). Компенсация температурных удлинений обеспечивается подбором опор и креплений обогревателей.

*Расчет тепловых потоков и средней лучистой составляющей ИТГО.* Конвективный и лучистый тепловые потоки определяются соответственно по уравнениям теплоотдачи и лучистого теплообмена. Затем они суммируются и вычисляется средняя лучистая составляющая ИТГО.

*Газоснабжение обогревателей и отвод продуктов сгорания.*

При проектировании систем ГЛЮ необходимо определение источника газоснабжения обогревателей, проектирование внутрицеховых газопроводов и определение способа отвода продуктов сгорания от ИТГО. Источником может быть газопровод низкого давления или баллон со сжиженным газом, продукты сгорания могут отводиться через стены или кровлю, также (если допускает производитель ИТГО) может быть организован общий отвод продуктов сгорания от нескольких обогревателей. Состав продуктов сгорания рассчитывается по реакции горения.

**Обсуждение результатов.** Существующие рекомендации по проектированию систем ГЛО, в основном, сформулированы для систем с горелками инфракрасного излучения и не могут быть применены в полной мере для проектирования систем с ИТГО, значительно отличающихся по конструкции и теплотехническим характеристикам. При применении ИТГО имеет значение распределение температуры излучающей поверхности по длине, температурное удлинение, необходимость отвода продуктов сгорания. Эти особенности должны учитываться в процессе проектирования систем отопления с ИТГО.

**Выводы.** Сформулированные выше основные этапы процесса проектирования систем ГЛО с ИТГО и рекомендации по проектированию таких систем обусловлены специфическими свойствами данного типа обогревателей. К этапам может быть добавлено решение задачи подвода воздуха к газогорелочному блоку ИТГО, вопросы применения защитных экранов при невозможности соблюдения норм по допустимой облученности.

#### **ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. ДБН В.2.5.- 20-2001. Газоснабжение. – Киев, 2001. – 131 с.
2. **Родин А. К.** Газовое лучистое отопление / Родин А. К. – Л.: Недра, 1987. – 191 с.
3. **Мачкаши А.** Лучистое отопление / А. Мачкаши, А. Банхиди; пер. с венгерского В. М. Беляева под ред. В. Н. Богословского, Л. М. Махова. – М.: Стройиздат, 1985. – 464 с.
4. **Родин А. К.** Применение излучающих горелок для отопления / Родин А. К. – Л.: Недра, 1976. – 117 с.
5. **Шумилов Р. Н.** Совершенствование методики расчёта лучистого отопления / Р. Н. Шумилов, Ю. И. Толстова, А. А. Поммер // Материалы международной научно-технической конференции «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции». – М.: Изд. МГСУ, 2005. – С. 107–112.
6. **Солод Л.В.** Определение интенсивности облучения при проектировании систем газового лучистого отопления / Л. В. Солод // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д.: ПГАСА, 2013. – № 3 – С. 24–28.
7. **Иссерлин А. С.** Газовое отопление / Иссерлин А. С. – Л.: Недра, 1979. – 143 с.