

УДК 697.245

ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ГАЗОВОГО ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ В УКРАИНЕ

Л. В. Солод, к. т. н.

Ключевые слова: газовое лучистое отопление, энергосбережение, нормативные документы, проектирование, горелки инфракрасного излучения, инфракрасные трубчатые газовые обогреватели

Постановка проблемы. Для нынешнего этапа развития теплоснабжения актуальным направлением является разумная децентрализация систем с целью энергосбережения. Одним из эффективных способов децентрализованного теплоснабжения является газовое лучистое или инфракрасное отопление. Различные приборы для такого отопления широко распространены на современном рынке отопительной техники. Эффективность их применения обусловлена, главным образом, наличием значительной лучистой составляющей в тепловом потоке, генерируемом обогревателями, что позволяет поддерживать более низкую температуру внутреннего воздуха при соблюдении комфортных условий в отапливаемых помещениях.

Как показывает опыт организаций, занимающихся проектированием и монтажом систем газового лучистого отопления, процесс проектирования таких систем существенно отличается от проектирования более традиционного конвективного отопления. При использовании лучистого отопления в проекте отсутствуют такие составляющие как гидравлический расчет магистралей отопления и их элементов, подбор насосов и регуляторов, значительно сокращается проектирование раздела автоматизации, так как инфракрасные обогреватели поставляются в высокой степени готовности, включая автоматику. В то же время в проекты инфракрасных систем отопления добавляется решение вопросов компоновки и размещения инфракрасных излучателей в отапливаемом помещении; оценка интенсивности теплового облучения на рабочем месте; проектирование систем удаления продуктов сгорания; проектирование внутренних газопроводов; учет теплового воздействия излучателей на расположенное рядом оборудование.

Таким образом, проектирование газового лучистого отопления требует особого подхода, но в то же время, как и при проектировании любой системы отопления зданий и сооружений, должны соблюдаться требования действующих нормативных документов. Однако процесс осложняется тем, что при проектировании данных систем возникают некоторые противоречия с существующими нормативами.

Анализ исследований. Различные приборы и системы газового лучистого отопления являлись объектом многих исследований. Все авторы отмечают экономичность такого отопления, особенно для высоких помещений, открытых и полукрытых площадок. Исследования посвящены комфортности теплового режима в помещениях с газовым лучистым отоплением [1; 2; 6; 11; 12 и др.], расчетам мощности систем газового лучистого отопления [6; 7; 12 и др.], вопросам размещения обогревателей [5; 7 и др.], расчетам тепловых и аэродинамических параметров работы систем газового лучистого отопления [2; 4; 10]. Таким образом, данные системы достаточно исследованы, но результаты этих исследований пока не достаточно отражены в требованиях действующих в Украине нормативных документов, которые следует соблюдать при проектировании отопления в помещениях зданий и сооружений.

Цель статьи. Проанализировать противоречия с требованиями действующих в Украине нормативных документов, возникающие при проектировании газового лучистого отопления. Обозначить возможные изменения, которые могли бы быть внесены в нормативы на базе отечественного и зарубежного опыта исследования, проектирования и применения данных систем отопления.

Изложение. На данный момент наиболее широко известными и применяемыми отопительными приборами систем газового лучистого отопления являются горелки инфракрасного излучения со светлыми излучателями (ГИИ) и инфракрасные трубчатые газовые обогреватели (ИТГО) – горелки инфракрасного излучения с темными излучателями. В украинских нормативных документах эти термины впервые были определены в ДБН В.2.5.-20-2001. Газоснабжение [3]. Этот документ в Разделе 6 «Внутренние устройства газоснабжения» обозначает сферу применения ГИИ и ИТГО, регламентирует вопросы автоматизации процесса сжигания газового топлива, взрывопожарной и пожарной безопасности, вентиляции помещений с ГИИ и ИТГО, вопросы сертификации оборудования.

Указывается, что применение ГИИ и ИТГО в жилых и общественных зданиях не допускается. Каких-либо указаний по расчету и проектированию систем отопления с ГИИ и ИТГО ДБН В.2.5.- 20-2001. Газоснабжение не содержит.

Основным нормативным документом, которым необходимо руководствоваться в Украине при проектировании отопления, является СНиП 2.04.05-91*У. Отопление, вентиляция и кондиционирование [9]. Знак *У в названии СНиП обозначает «с изменениями, действующими в Украине», утвержденными Государственным Комитетом Украины по делам градостроительства и архитектуры приказом от 27 июня 1996 года. № 117. В 1996 г. газовое лучистое отопление в Украине еще практически не применялось и, вероятно, поэтому практически все требования СНиП 2.04.05-91*У невыполнимы при применении современных приборов газового лучистого отопления.

Так, например, п. 3.20* раздела «Системы отопления» данных СНиП гласит: «Предельную температуру греющей поверхности следует принимать ...для высокотемпературных приборов лучистого отопления – 250°C». Известно, что современные высокотемпературные («светлые») приборы лучистого отопления имеют температуру поверхности > 500°C, обычно 500 – 1 000°C, а температура отдельных участков поверхности низкотемпературных обогревателей («темных») может достигать 400 °С. Кроме того, в этом требовании СНиП 2.04.05-91*У противоречит ДБН В.2.5.- 20-2001, где при указании требуемых расстояний от ГИИ и ИТГО до конструкций помещения из горючих и трудногорючих материалов, эти расстояния указываются для приборов с температурой излучающей поверхности до и выше 900°C.

СНиП [9] также рекомендует номограмму для расчета температуры воздуха в помещении и поверхности лучистого нагревателя, однако она построена для расположения поверхностей на расстоянии 1,5 м от работающего по горизонтали и 1 м – по вертикали, современные же инфракрасные отопительные приборы (и ГИИ и ИТГО) устанавливаются значительно выше.

П. 3.49* раздела «Отопительные приборы и арматура»: «Размещение приборов лучистого отопления с температурой поверхности выше 150 град. С следует предусматривать в верхней зоне помещения на высоте, обеспечивающей плотность лучистого теплового потока на рабочем месте в соответствии с п. 2.7.». П. 2.7. раздела «Расчетные условия»: «... поверхностная плотность лучистого теплового потока на рабочем месте не должна превышать 35 Вт/кв. м». Это требование практически невыполнимо при применении современных приборов газового лучистого отопления. Исследования [2; 11] показывают, что при размещении рабочих мест под начальными участками ИТГО, а тем более под ГИИ значения плотности лучистого теплового потока будут значительно выше.

Очевидно, требования, изложенные в СНиП 2.04.05-91*У относятся к так называемому панельно-лучистому отоплению, которое было известно в СССР, но не получило большого распространения из-за трудности ремонта замоноличенных греющих элементов, сложности регулирования теплоотдачи панелей, увеличения капитальных затрат.

Таким образом, актуально внесение определенных изменений и/или дополнений в нормативные документы в связи с появлением нового оборудования для газового лучистого отопления. Эти изменения и дополнения могут быть разработаны на основе результатов научных исследований систем и установок газового лучистого отопления, практического опыта их эксплуатации.

На основе анализа публикаций [1; 2; 5 – 7; 11; 12 и др.] можно сформулировать основные задачи, которые необходимо решать при проектировании систем газового лучистого отопления. Это:

- расчет мощности системы;
- обеспечение комфортного теплового режима в помещениях с газовым лучистым отоплением;
- размещение обогревателей.

Основной из решаемых задач является расчет интенсивности теплового облучения при лучистом отоплении, что необходимо для соблюдения гигиенических требований.

В ряде публикаций [1; 2; 4 – 7; 10 – 12 и др.] приводятся различные методы решения этих задач.

Также при разработке изменений и дополнений в нормативы необходимо принять во внимание требования соответствующих европейских стандартов, проанализировать зарубежные нормативные документы. В частности, в России введен в действие стандарт АВОК «Системы отопления и обогрева с газовыми инфракрасными излучателями» [8], который разработан с учетом требований европейского стандарта EN1 341 0:2001 «Отопительные установки с газовыми инфракрасными излучателями. Приточная и вытяжная вентиляция

зданий промислового призначення».

Под именем «Некоммерческое Партнерство (НП) «АВОК» (Инженеры по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике)» в России в 1999 г. зарегистрирована созданная в 1990 г. Ассоциация инженеров АВОК, объединявшая специалистов в области теплогазоснабжения и вентиляции из разных республик СССР, в т. ч. и из Украины. Региональным партнером НП «АВОК» в Украине является Украинская ассоциация инженеров по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике «АВОК-Украина», которая является независимой Всеукраинской общественной организацией с 2004 года.

Одним из видов деятельности НП «АВОК» является инициирование и участие в разработке новых и пересмотре действующих нормативных и рекомендательных документов в связи с повышением требований к энергосбережению и качеству микроклимата помещений и появлением на рынке широкого спектра нового оборудования для систем климатизации помещений и зданий. Разработка нормативной базы проектирования инженерных систем входит и в задачи «АВОК-Украина».

Стандарт [8] распространяется на системы отопления помещений и обогрева отдельных рабочих мест с применением газовых инфракрасных излучателей различных типов и устанавливает общие принципы устройства и работы систем и требования безопасности при их эксплуатации. Как и в украинских ДБН [3], в стандарте [8] определена сфера применения систем отопления и обогрева с газовыми инфракрасными излучателями (в отличие от требований ДБН [3], допускается использование газового лучистого отопления в общественных зданиях), изложены требования по пожарной безопасности, автоматике, вентиляции помещений с газовыми инфракрасными излучателями, концентрации вредных веществ в продуктах сгорания, сертификации обогревателей. Но стандарт [8] также содержит ряд важных для проектирования позиций, которые отличаются от требований украинских нормативов или отсутствуют в них.

Так, например, данный стандарт указывает, что необходимую для обеспечения требуемых параметров микроклимата теплопроизводительность системы и количество излучателей при проектировании систем лучистого отопления определяют расчетом, и рекомендует приложение «Расчет систем лучистого отопления помещения».

Согласно этому приложению необходимую теплопроизводительность системы лучистого отопления $Q_{от}$, Вт определяют по формуле, которая приводится в [12]:

$$Q_{от} = c(Q_{тп} + Q_{и} + Q_{вн}), \quad (1)$$

где c – поправочный коэффициент, характеризующий снижение расхода теплоты на отопление помещения при лучистом отоплении (для его определения предлагается номограмма);

$Q_{тп}$ – теплопотери помещения, Вт;

$Q_{и}$ – расход теплоты на нагрев инфильтрующегося и приточного воздуха, Вт;

$Q_{вн}$ – тепловыделения в помещении от дежурного отопления, технологического оборудования и людей, Вт.

Количество излучателей n определяют по формуле:

$$n = \frac{Q_{от}}{q_{изл} \cdot \eta_{общ}}, \quad (2)$$

где $q_{изл}$ – теплопроизводительность излучателя, Вт;

$\eta_{общ} = \frac{q_{изл}}{q_{газ}}$ – общий коэффициент полезного действия газового инфракрасного излучателя;

$q_{газ}$ – тепловая мощность излучателя, Вт.

Лучистый коэффициент полезного действия ($\eta_{из}$) газового инфракрасного излучателя определяют по формуле:

$$\eta_{из} = \frac{q_{луч}}{q_{изл}}, \quad (3)$$

где $q_{луч}$ – количество теплоты, передаваемой излучением, Вт.

В стандарте [8] приводятся варианты размещения газовых инфракрасных излучателей при отоплении помещений и обогреве отдельных рабочих мест и указывается, что конкретные места установки, высота подвеса, шаг расстановки и угол наклона излучателей определяются в каждом конкретном случае в соответствии с характеристиками излучателя.

Как уже говорилось, применение лучистого отопления позволяет поддерживать более низкую температуру внутреннего воздуха при соблюдении комфортных условий в отапливаемых помещениях. Это происходит за счет так называемой лучистой составляющей температуры. Это свойство лучистого отопления в основном обуславливает его экономичность, так как каждый градус снижения внутренней температуры отапливаемого помещения дает экономию энергоресурсов. В этой связи интересно требование стандарта [8] регламентирующее допустимое снижение температуры воздуха внутри помещений для разных типов зданий. Например, в отапливаемых помещениях производственных и складских зданий допускается снижение температуры воздуха не более чем на 4°C, а в помещениях отапливаемых общественных зданий не более чем на 2°C. Интенсивность теплового облучения регламентируется в зависимости от температуры воздуха: при понижении температуры воздуха начиная от нижней границы соответствующих нормативных величин, интенсивность теплового облучения должна увеличиваться на 15 Вт/м² на поверхности незащищенных участков головы на каждый градус снижения температуры; на 25 Вт/м² на поверхности туловища, рук и ног на каждый градус снижения температуры. Максимальная же интенсивность инфракрасного облучения поверхности туловища, рук и ног согласно стандарту [8] не должна превышать 150 Вт/м² на постоянных и 250 Вт/м² на непостоянных рабочих местах, что несомненно гораздо более реально при применении современных приборов газового лучистого отопления по сравнению с требованием СНиП 2.04.05-91*У о максимальной поверхностной плотности лучистого теплового потока на рабочем месте 35Вт/м².

В отличие от украинских нормативных требований, в стандарте [8] имеются ссылки на другие нормативные документы, которые должны выполняться при устройстве системы отопления с применением газовых инфракрасных излучателей, что весьма важно для проектирования. ГИИ и ИТГО это газоиспользующее оборудование, которое может устанавливаться в помещениях различного назначения. Следовательно, при его применении в системе отопления должны соблюдаться соответствующие нормы и правила по устройству внутренних газопроводов, пожарной безопасности, гигиенические нормативы по предельно допустимым концентрациям вредных веществ в воздухе рабочей зоны, параметрам микроклимата (скорость движения воздуха, относительная влажность, температура воздуха и поверхностей и др.). Дымовые трубы и каналы для удаления продуктов сгорания от «темных» излучателей также должны соответствовать определенным требованиям. Для качественного проектирования целесообразно четко определить и назвать эти документы в нормативе.

Выводы. На основе анализа противоречий с требованиями действующих в Украине нормативных документов, возникающих при проектировании газового лучистого отопления, можно обозначить некоторые изменения, которые могли бы быть внесены в нормативы на базе отечественного и зарубежного опыта исследования, проектирования и применения данных систем отопления. А именно, целесообразно:

- внести в соответствующие нормативы рекомендации по расчету систем отопления с ГИИ и ИТГО;
- привести в соответствие с техническими характеристиками современных приборов газового лучистого отопления нормативные значения предельной температуры греющей поверхности прибора и максимальной поверхностной плотности лучистого теплового потока на рабочем месте;
- составить перечень смежных действующих нормативов, определенные требования которых должны соблюдаться при проектировании систем газового лучистого отопления.

В Украине продолжают исследования газового лучистого отопления, накапливается опыт его практического применения, поэтому, кроме перечисленных, возможно, есть (или появится в перспективе) необходимость внесения еще каких-либо изменений или дополнений в нормативные документы, регламентирующие процесс проектирования такого отопления.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещений / Л. Банхиди – М. : Стройиздат, 1981. – 247 с.
2. Болотских Н. Н. Повышение эффективности систем отопления газовыми трубчатыми инфракрасными нагревателями: дис. ... кандидата техн. наук: 05.23.03 / Болотских Николай Николаевич. – Харьков, 2009. – 153 с.
3. ДБН В.2.5.- 20-2001. Газоснабжение. – Киев, 2001. – 131 с.
4. Иродов В. Ф. Использование метода случайного поиска для решения задачи расчета

тепловых и аэродинамических параметров при синтезе систем воздушно-лучистого отопления на газовом топливе / В. Ф. Иродов, Л. В. Солод // Вісник Придніпр. держ. акад. будівн. та архітектури. – Д. : ПДАБА, 2003. – № 6. – С. 32 – 38.

5. **Иссерлин А. С.** Газовое отопление / А. С. Иссерлин – Л. : Недра, 1979. – 143 с.

6. **Мачкаши А.** Лучистое отопление / А. Мачкаши, А. Банхиди; пер. с венгер. В. М. Беляева под ред. В. Н. Богословского, Л. М. Махова. – М. : Стройиздат, 1985. – 464 с.

7. **Родин А. К.** Газовое лучистое отопление / А. К. Родин – Л. : Недра, 1987. – 191 с.

8. Системы отопления и обогрева с газовыми инфракрасными излучателями : ISBN 978-5-98267-042-7. – [Действующий с 2007-01-01] – Издательство: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 12 с. – (Стандарт АВОК).

9. СНиП 2.04.05-91 У. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – К. : КиевЗНИИЭП, 1996. – 89 с.

10. **Солод Л. В.** Метод розрахунку і раціональні параметри інфрачервоних трубчастих газових обігрівачів: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.03 / Солод Леонтіна Валеріївна. – Харків, 2011. – 137 с.

11. **Строй А. Ф.** Критерий комфортности и методика определения мощности различных систем отопления / А. Ф. Строй, Ю. К. Припотень // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2000. – № 2. – С. 69 – 72.

12. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха : справ. пособ. / [Л. Д. Богуславский, В. И. Ливчак, В. П. Титов и др.]; под ред. Л. Д. Богуславского, В. И. Ливчака. – М. : Стройиздат, 1990. – 624 с.

13. **Fanger P. O.** Thermal comfort // Mc Grow Hill Book Co. New York. – 1973. – 244 p.

УДК 539.3

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АСИМПТОТИЧЕСКИ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ФУНКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ

Е. И. Прудько, к. т. н., доц.

Ключевые слова: механика, асимптотический метод, равномерно пригодное решение, аппроксимация Паде

Постановка проблемы. Асимптотические методы являются эффективным средством решения задач строительной механики [1 – 3]. Их основой является метод малого параметра ε в различных модификациях. Анализ многочисленных примеров подтверждает своеобразный «принцип дополнительности»: если при $\varepsilon \rightarrow 0$ можно построить физически содержательную асимптотику, то существует нетривиальная асимптотика и при $\varepsilon \rightarrow \infty$. Наиболее трудным, с точки зрения асимптотического подхода, оказывается промежуточный случай $\varepsilon \sim 1$. Правда, в этой области обычно хорошо работают численные методы. Однако, если стоит задача исследовать решение в зависимости от параметра ε , то неудобно пользоваться различными решениями в разных областях. Построение единого решения по предельным асимптотикам – нетривиальная и актуальная задача в области аналитических методов строительной механики.

Анализ последних исследований и публикаций. Возможности интегрирования дифференциальных уравнений строительной механики в настоящее время неизмеримо расширились благодаря современным компьютерам, что открывает новые и совершенно неизвестные ранее горизонты. В то же время здесь таится и определенная опасность, на которую четко указали в предисловии к своей книге [4] известные специалисты в области строительной механики: «На страницы журналов лавиной хлынули работы с описанием численных экспериментов, реализованных порой с применением стандартных пакетов прикладных программ. К сожалению (а, может быть, и к счастью), таблицы на все случаи жизни не составишь. К тому же главное – не число, а понимание существа изучаемой проблемы. Что касается численных методов, то при постановке сложных задач предварительные аналитические решения проблемы могут оказать большую помощь, а иногда являются просто необходимыми для успешной реализации численного алгоритма». Весьма содержательный анализ соотношения численных и аналитических методов строительной механики содержится в [5; 6]. В них также подчеркивается необходимость широкого применения и дальнейшего развития аналитических методов строительной механики.