



**ЛАБОРАТОРИЯ  
ЛУЧИСТОГО  
ОТОПЛЕНИЯ**



**СИСТЕМЫ ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ НА  
БАЗЕ ВОДЯНЫХ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ  
МАРКИ FLOWER**

**Рекомендации по проектированию**

Версия LITE 1.0

Нижний Новгород, 2023



## Предисловие

Рекомендации разработаны ООО «Флайг+Хоммель» в рамках договора от 15.10.2022 № 2022/42 с в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Работа выполнена в Лаборатории инновационных видов отопления и гидравлики авторским коллективом в составе: М.В. Бодров – научный руководитель работы, А.А. Смыков – руководитель работы, А.Е. Руин – инженер.

© ООО «Флайг+Хоммель», 2023.

Настоящий документ является интеллектуальной собственностью ООО «Флайг+Хоммель» и не может быть полностью или частично воспроизведен без официального разрешения ООО «Флайг+Хоммель».



## Содержание

Введение.....	4
1. Общие положения.....	6
2. Конструкция и характеристики профилей.....	8
2.1. Устройство отдельного модуля профиля .....	8
2.2. Характеристики профилей.....	8
3. Проектирование системы отопления на базе ВИИ.....	10
3.1. Общие требования.....	10
3.2. Размещение профилей.....	10
3.3. Подключение профилей.....	11
3.4. Использование дополнительного оборудования в системе.....	13
3.5. Тепловой поток профилей.....	16
3.6. Рекомендации по гидравлическому расчету.....	17
Библиографический список.....	18
Приложения.....	19



## Введение

В современном мире проблема энергосбережения является одной из важнейших в строительной отрасли России, ввиду роста цен на энергоносители. Большая доля энергетических ресурсов расходуется на отопление крупнообъёмных помещений. Среди известных способов оптимизации и снижения затрат тепловой энергии при отоплении таких помещений – это использование систем лучистого отопления. Среди прочих способов оно является приоритетным и заслуживающим особого внимания, т.к., по сравнению с водяными и воздушными системами отопления, требует меньших затрат теплоты без снижения уровня теплового комфорта.

Наиболее энергоэффективным видом лучистого отопления ввиду ряда факторов можно считать отопление на базе водяных инфракрасных излучателей (ВИИ). Отопительные приборы в данных системах – излучающие профили или потолочные излучающие панели, в качестве теплоносителя используется горячая вода (от 30 до 130 °С). Тепловая энергия передаётся от теплоносителя к ВИИ, он, в свою очередь начинает излучать электромагнитные волны в инфракрасном диапазоне, что обеспечивает отопление обсуживаемого помещения. Использование систем отопления на базе ВИИ характеризуется рядом преимуществ, ведущим к высокой энергоэффективности системы отопления, таким как: низкая тепловая инерция, что обеспечивает короткое время реагирования; простое и эффективное регулирование, за счёт небольшого количества теплоносителя в системе; направленная подача тепловой энергии в рабочую зону помещения, что позволяет создать зональную систему отопления; простота монтажа и обслуживания, за счёт кратного уменьшения длины транзитных трубопроводов; снижение трансмиссионных тепловых потерь через покрытие здание, к которому ведёт небольшой градиент температуры воздуха по высоте помещения и отсутствие «тепловой подушки»; возможность применения возобновляемых источников энергии и систем рекупера-



ции теплоты; отсутствие сквозняков и пылевых масс, благодаря минимизации конвективных процессов; бесшумная работа системы; экономия пространства; долгий срок службы.

Настоящие рекомендации предназначены для использования при проектировании систем лучистого отопления на базе водяных инфракрасных излучателей, как одного из наиболее перспективных направлений повышения энергоэффективности систем отопления производственных и общественных зданий и помещений.

## 1. Общие положения

Настоящие рекомендации распространяются на проектирование систем лучистого водяного отопления помещений с потолочными подвесными излучающими профилями Flower 125 и Flower 225 (далее – профили из отдельных модулей стандартной длины (1...6 м с шагом 1 м)).

В настоящих рекомендациях применены следующие термины с соответствующими определениями и сокращения:

- Лучистое отопление: отопление помещения и/или обогрев рабочих мест с помощью инфракрасных излучателей.

- Водяной инфракрасный излучатель (далее – ВИИ): прибор, предназначенный для отопления и/или обогрева рабочих мест путём передачи тепловой энергии в инфракрасном диапазоне спектра от теплоносителя – вода.

Примечание – температура наружной поверхности излучателя обычно находится в пределах 30...150 °С.

- Результирующая температура помещения: комплексный показатель радиационной температуры помещения и температуры воздуха помещения.

- Тепловая мощность излучателя: количество теплоты, выделяющейся в излучателе в единицу времени.

- Температура воздуха в помещении: средняя или локальная температура воздуха в пределах обслуживаемой зоны помещения, измеренная или принятая по нормам.

- Излучающий профиль: полое прессованное изделие, предназначенное для отопления помещений при помощи инфракрасного излучения, сечение которого включает одно внутреннее полое пространство, используемое в качестве канала для подачи теплоносителя.



- Радиационный отопительный прибор: отопительный прибор, передающий теплоту в помещение, преимущественно, посредством инфракрасного излучения.
- Тепловые условия: совокупность тепловых и температурных параметров обстановки в помещении.
- Лучистая теплоотдача: тепловой поток, передаваемый объектом в сторону окружающих его поверхностей.
- Степень теплового комфорта: удовлетворенность человека условиями температурной и тепловой среды.
- Радиационная температура помещения: осредненная по площади (по коэффициентам облученности) температура внутренних поверхностей ограждений помещения и отопительных приборов.
- Теплоотдающая поверхность – нагреваемая теплоносителем поверхность профиля, отдающая теплоту в помещение.

Излучающие профили применяются для отопления помещений любого типа высотой от 3 до 20 м (крупнообъемные помещения, такие как: производственные помещения; «шоурумы»; здания транспортной инфраструктуры; спортивные комплексы и т.д.). Профили устанавливаются под потолком помещения. Профили занимают минимальное пространство, их конструкция позволяет быстро осуществлять монтаж. При проектировании следует учитывать нагрузку профилей на плиты перекрытия.

Излучающие профили Flower 125 и Flower 225 прошли испытания на устойчивость к аммиаку и может быть применён для эксплуатации в животноводческих помещениях. В этом случае соединения и крепления следует применять из нержавеющей стали (латунные элементы не являются устойчивыми к аммиаку).



## **2. Конструкция и характеристики излучающих профилей**

### **2.1. Устройство отдельного модуля излучающего профиля**

Излучающий профиль – полое прессованное изделие, сечение которого включает одно внутреннее полое пространство, используемое в качестве канала для подачи теплоносителя. Профиль выполнен из анодированного алюминиевого сплава (рисунок 6.1). С двух сторон профиля для подключения теплоносителя нарезана резьба.

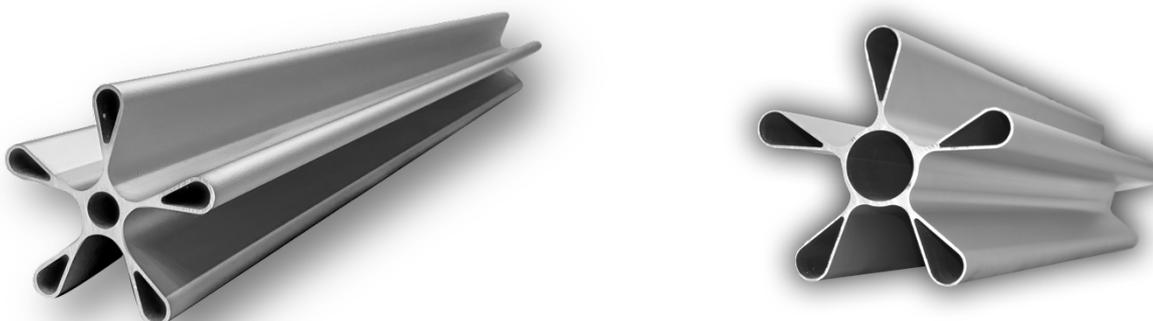


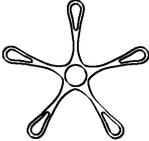
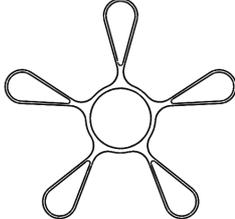
Рисунок 2.1. Общий вид профилей Flower 125 и Flower 225

Профилирование теплоотдающей поверхности также служит для увеличения жесткости профиля, что позволяет располагать оси подвеса профиля (стационарные или подвижные) на расстоянии до 3 м друг от друга.

### **2.2. Характеристики профилей**

Габаритные и монтажные размеры, а также технические характеристики излучающих профилей приведены таблице 2.1.

Таблица 2.1. Технические характеристики излучающих профилей Flower 125 и Flower 225

Характеристики	Ед. изм.	Flower 125	Flower 225
Профиль	-		
Материал	-	Алюминиевый сплав	Алюминиевый сплав
Размеры	мм	125x125	225x225
Удельная площадь	м <sup>2</sup> /п.м	0,603	1,07
Удельная ёмкость	л/п.м	0,28	2,5
Удельная масса профиля	кг/п.м	3,6	8,6
Удельная масса профиля с водой	кг/п.м	3,98	11,1
Подключение	дюйм	1/2	2
Максимальное рабочее давление	бар	10	10
Максимальная рабочая температура теплоносителя	°С	150	150

Примечания:

\*Согласно проведённым лабораторным исследованиям.



### 3. Проектирование системы отопления на базе ВИИ

#### 3.1. Общие требования

Системы отопления должны быть рассчитаны на обеспечение в отапливаемых помещениях при расчетных параметрах наружного воздуха температуры внутреннего воздуха в допустимых пределах в соответствии с требованиями СП 60.13330.2020.

Комфортность тепловой обстановки в помещении при отоплении профилями оценивается по следующим факторам:

- комфортное сочетание температуры воздуха и радиационной температуры помещения;
- максимально допустимая температура поверхности панели;
- локальная асимметрия результирующей температуры нагретых и охлажденных поверхностей помещения, окружающих человека.

#### 3.2. Размещение профилей

Исходя из условия обеспечения максимальной плотности потока инфракрасного излучения в рабочей зоне помещения – высоту подвеса излучающих профилей следует определять как минимально возможную, исходя из геометрических характеристик помещения и особенностей технологического процесса.

Излучающие профили следует размещать в плане так, чтобы граница нижнего сектора облучения в  $90^\circ$  пересекала верхнюю границу рабочей зоны, а точка пересечения границ нижнего сектора соседних излучателей находилась на верхней границе рабочей зоны. Схема размещения излучающих профилей приведена на рисунке 3.1.

Соответственно, исходя из геометрических закономерностей, максимальное расстояние до ограждающей конструкции  $L_1$  будет равна одному

расстоянию от излучателя до верхней границы рабочей зоны  $H$ , а между соседними излучателями  $L_2$  будет равна двум расстояниям от излучателя до верхней границы рабочей зоны  $2H$ .

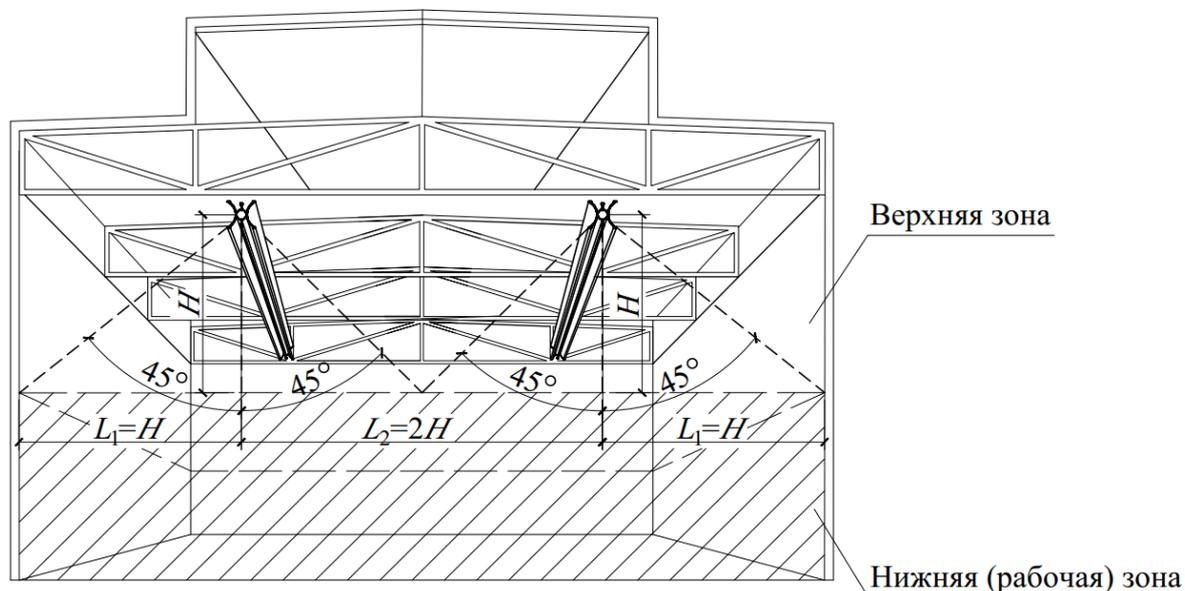


Рисунок 3.1. Схема размещения излучающих профилей

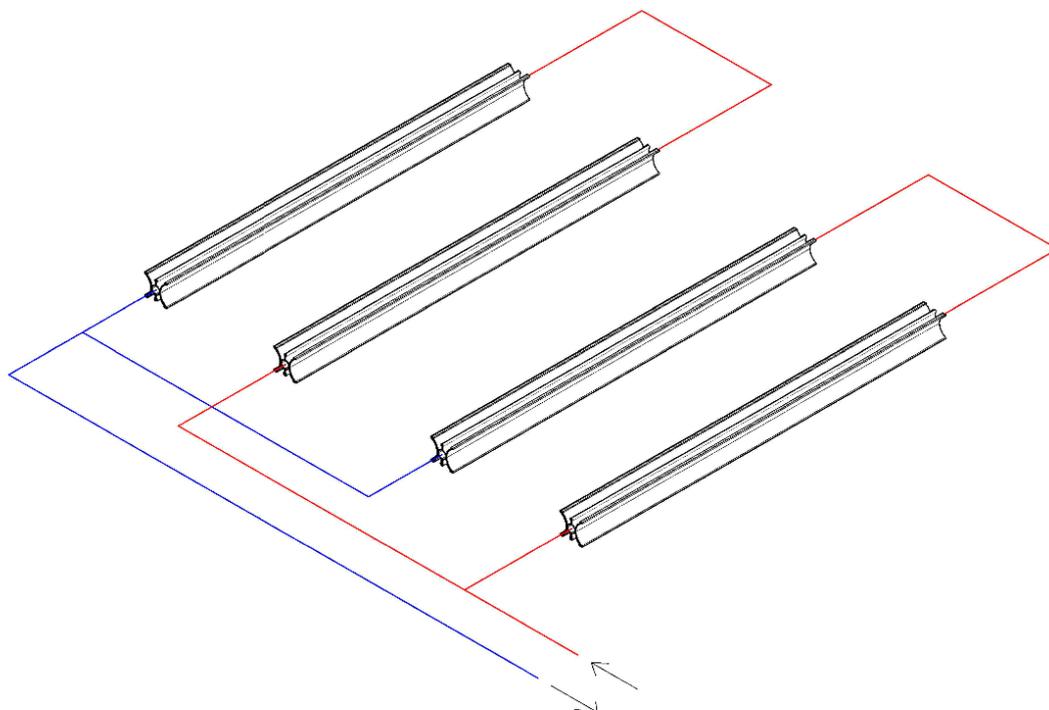
### 3.3. Подключение профилей

В любой разветвленной системе отопления для эффективной работы необходимо правильное распределение потока теплоносителя. Кроме того, предусматривается возможность раздельного заполнения, опорожнения и отключения любого профиля от системы.

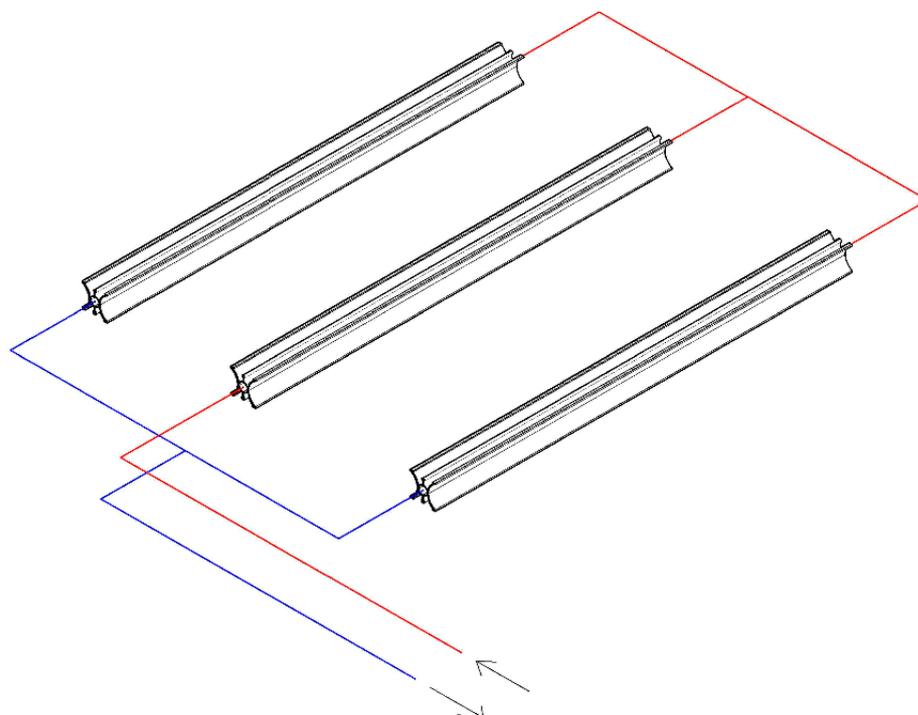
Для систем с использованием однотипных профилей и, соответственно, с одинаковым расходом теплоносителя на профиль, целесообразно применение системы с попутным движением теплоносителя (рисунок 3.2). При этом необходим дополнительный трубопровод.



а) с последовательным подключением профилей



б) с параллельным подключением профилей



в) с попутным движением теплоносителя

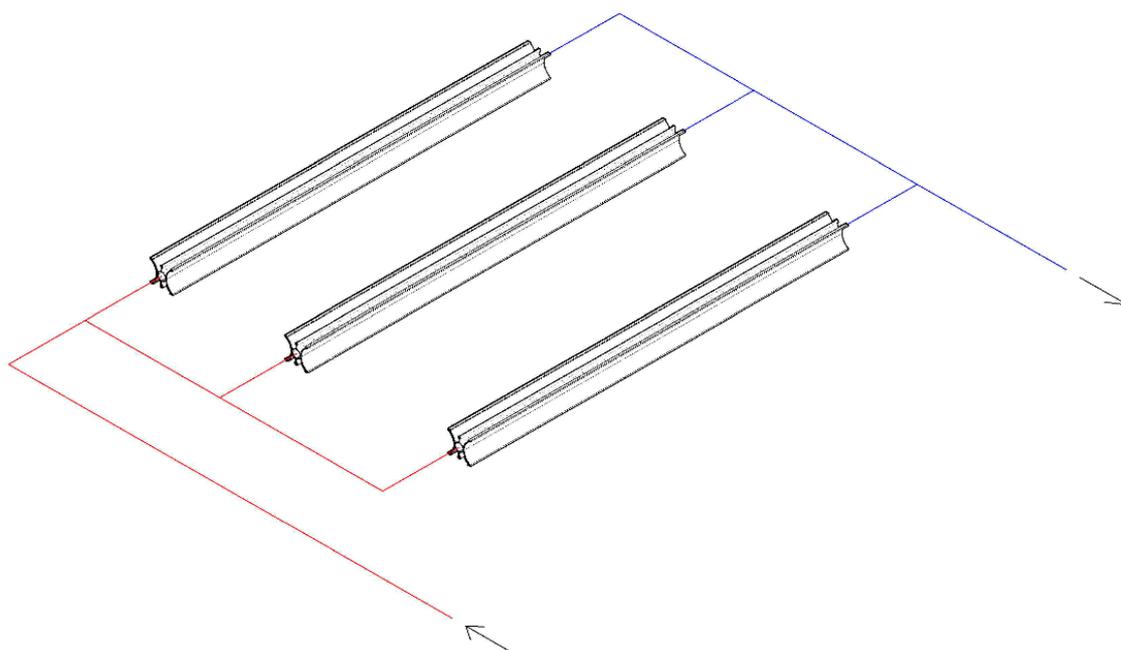


Рисунок 3.2. Схемы подключения профилей

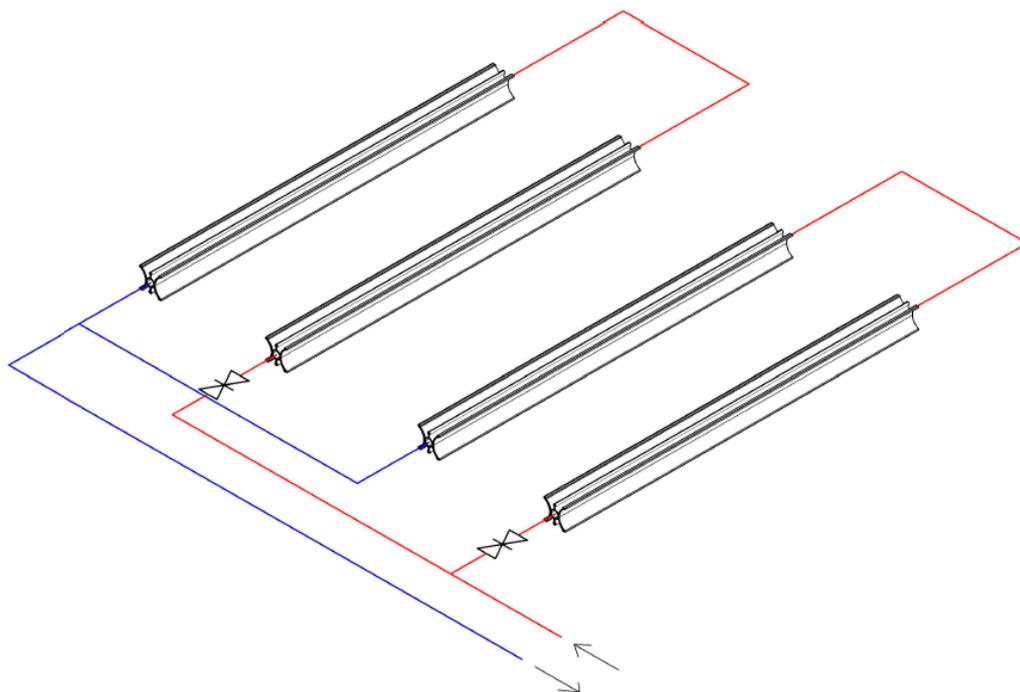
Систему с попутным движением теплоносителя не следует применять в случае использования профилей различных типов и длин.

### 3.4. Использование дополнительного оборудования в системе

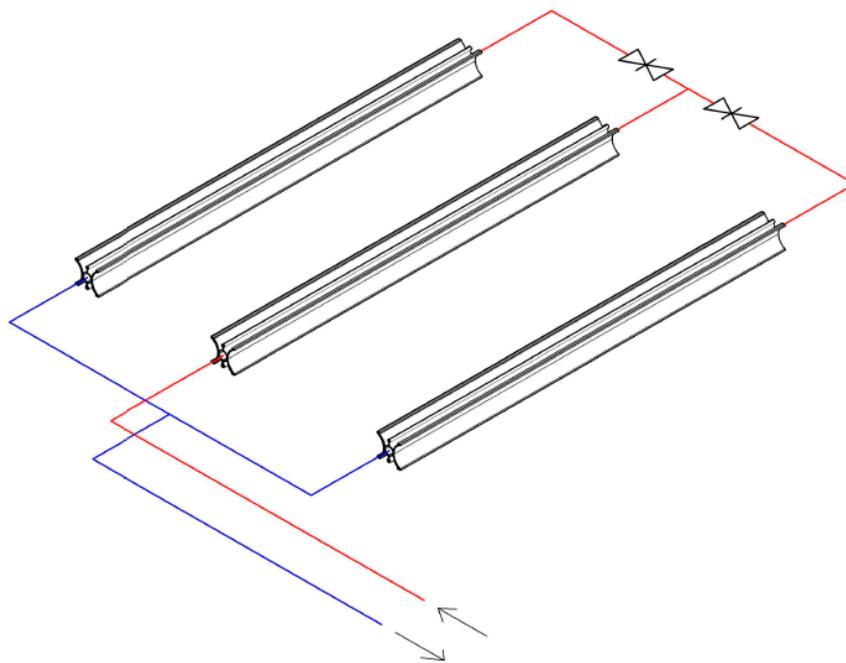
При расчете систем, в которых применяются профили различных типов, необходима гидравлическая балансировка. Использование балансировочных клапанов (рисунок 3.3.) значительно упрощает гидравлическую балансировку.



а) с последовательным подключением профилей



б) с параллельным подключением профилей



в) с попутным движением теплоносителя

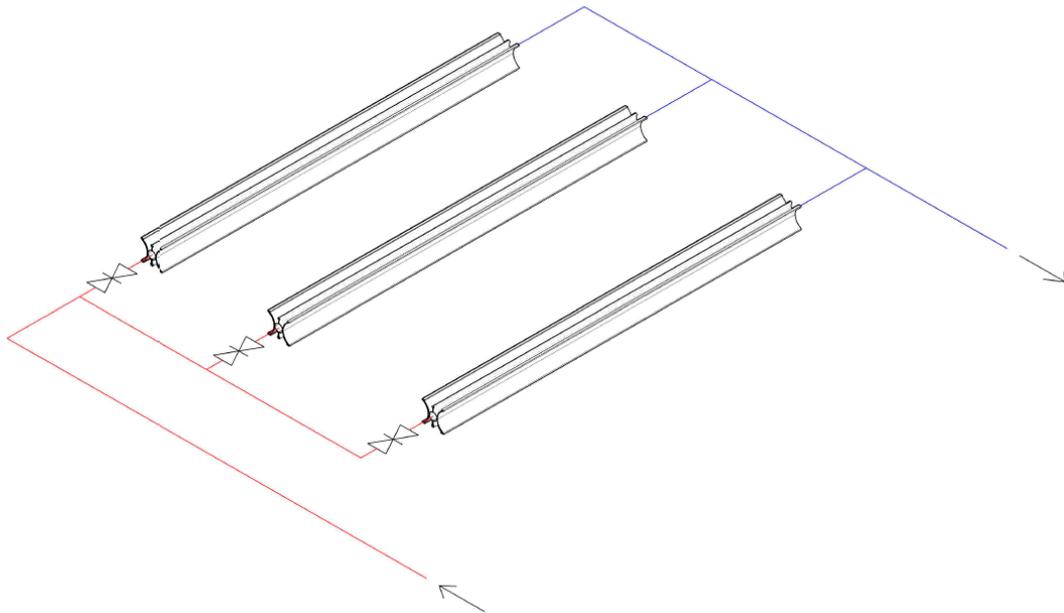


Рисунок 3.3. Схемы подключения профилей с регуляторами расхода

Комплект для регулирования расхода состоит из регулятора расхода, шаровых кранов и кранов для заполнения/опорожнения профиля. Регулятор настраивается на расход, заданный для каждого профиля.

При достаточно высоких потерях давления и постоянном расходе теплоносителя клапан позволяет выполнить гидравлическую балансировку профилей различных типов и длин.

При проектировании системы отопления следует предусматривать компенсацию теплового удлинения излучающих профилей.

Удлинение профилей при нагревании (приращение длины) составляет

$$\Delta l = 0,0267 \cdot (t_m - 5) \cdot l, \text{ мм}, \quad (3.1)$$

где:  $t_t$  – расчетная температура теплоносителя, °С;  $l$  – длина прямого участка профиля, м.

Для компенсации теплового расширения трубопроводов системы отопления и излучающих профилей следует применять:

- естественную компенсацию за счёт геометрических особенностей системы;
- П-образные компенсаторы;
- сифонные компенсаторы.

### 3.5. Тепловой поток профилей

Удельный тепловой поток профилей был определён в Лаборатории инновационных видов отопления и гидравлики опытным путём (таблица 3.1, рисунок 3.4).

Таблица 3.1. Удельная мощность Flower 125 при фиксированных значениях  $\Delta T$

$\Delta T, ^\circ\text{C}$	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Flower 125	39,28	64,98	92,87	122,51	153,63	186,03	219,57	254,15	289,66	326,04	363,24	401,19	439,85	479,18	519,15	559,73	600,89	642,61	684,86
Flower 225	52,43	87,43	125,68	166,53	209,59	254,58	301,29	349,54	399,23	450,23	502,46	555,84	610,30	665,80	722,27	779,67	837,95	897,10	957,06

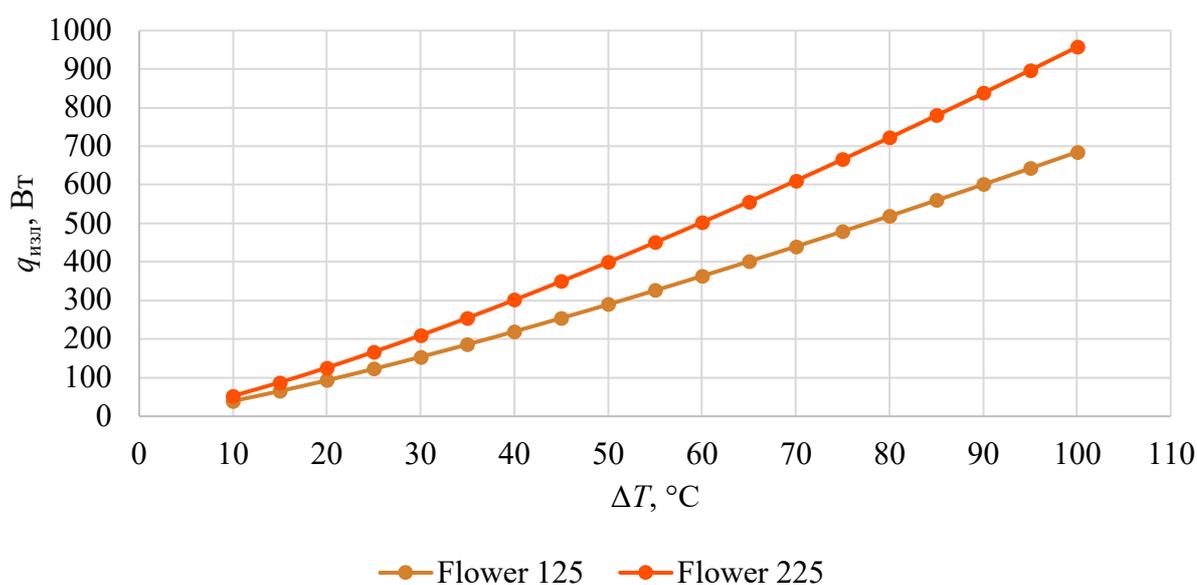


Рисунок 3.4 – Удельная тепловая мощность излучающих профилей

### 3.6. Рекомендации по гидравлическому расчету

Потери давления на трение в каналах круглого сечения излучающих профилей (таблица 3.2, рисунки 3.5, 3.6)

Таблица 3.2. Технические характеристики каналов излучающих профилей для гидравлического расчета

Характеристики	Ед. изм.	Flower 125	Flower 125
Внутренний диаметр	мм	14	57
Количество каналов для теплоносителя	шт.	1	1

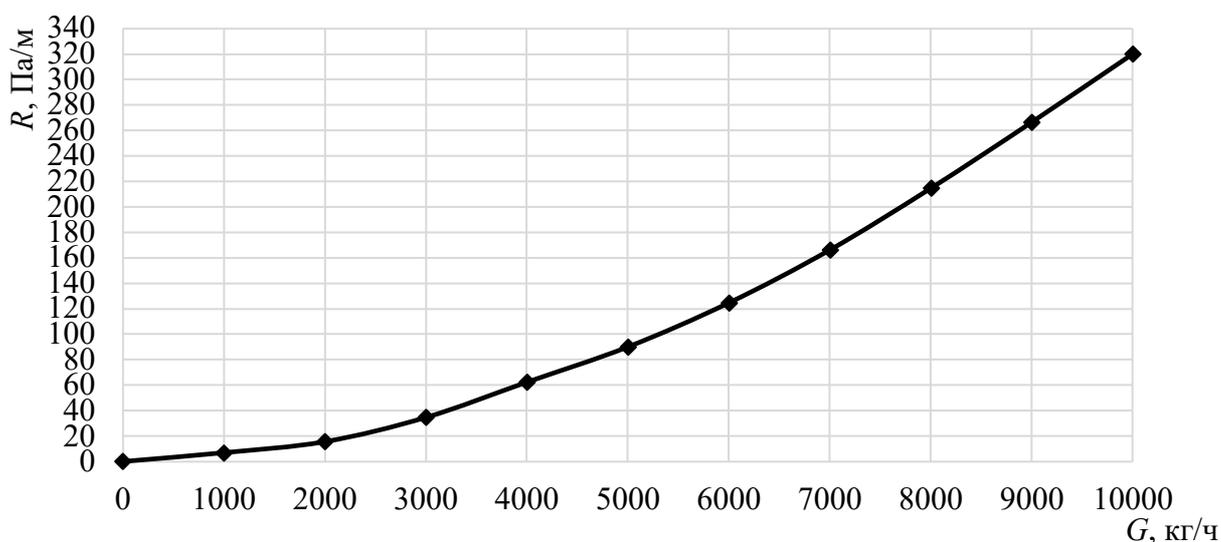


Рисунок 3.5 – График удельных потерь давления на трение для гидравлического расчета профилей Flower 125

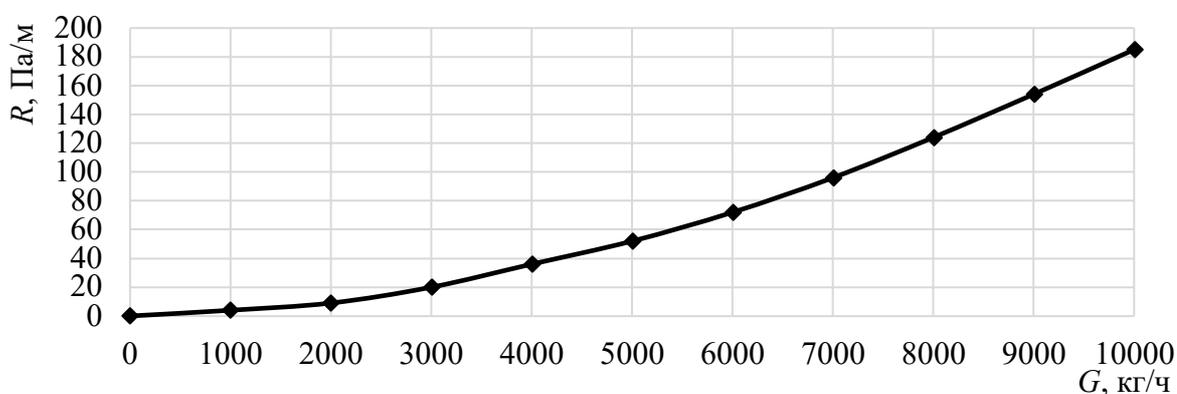


Рисунок 3.6 – График удельных потерь давления на трение для гидравлического расчета профилей Flower 225



## Библиографический список

1. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – М.: Минстрой России, 2020.
2. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: Стандартинформ, 2013. – 12 с.
3. DIN EN 14037-2-2016. Панели теплоизлучающие, монтируемые на потолке и снабжаемые водой при температуре ниже 120 °С. Часть 2. Метод определения тепловой мощности. Немецкая версия EN 14037-2:2016 (Free hanging heating and cooling surfaces for water with a temperature below 120 °C - Part 2: Pre-fabricated ceiling mounted radiant panels for space heating - Test method for thermal output; German version EN 14037-2:2016).
4. DIN EN 14240-2004. Вентиляция зданий. Холодные потолки. Испытание и номинальная характеристика. Ventilation for buildings - Chilled ceilings - Testing and rating; German version EN 14240:2004.
5. Р НП «АВОК» 4.1.6–2009. Системы отопления с потолочными подвесными излучающими панелями. – М.: ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС», 2009.
6. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещения: Расчет комфортных параметров 1981. по теплоощущениям человека / Л. Банхиди. – М.: Стройиздат, 1981.
7. СП 347.1325800.2017 Внутренние системы отопления, горячего и холодного водоснабжения. Правила эксплуатации. – М.: Минстрой России, 2017.
8. СП 73.13330.2016 Внутренние санитарно-технические системы зданий. СНиП 3.05.01-85 (с Изменением N 1). – М.: Минстрой России, 2017.
9. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: 2004. – 25 с.
10. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: 2001. – 20 с.

## Приложение А

### Пример подбора и расчета системы водяного отопления с профилями

Подобрать и рассчитать систему водяного отопления с потолочными подвесными Flower 225 для помещения (рисунки А1, А2) со следующими характеристиками (п. 3.5):

- температура воздуха в помещении  $t_b = 14$  °С;
- размеры помещения в плане 137,5x24 м и 66,5x14 м (цеха №1 и №2 соответственно);
- высота помещения  $H_{п} = 10,25$  м,
- высота рабочей зоны помещения  $H_{р.з} = 3$  м;
- площадь помещения  $F_{п} = 4360$  м<sup>2</sup>;
- тепловые потери помещения (из расчёта) для цеха № 1 –  $Q_{п} = 167180$  Вт; для цеха №2 –  $Q_{п} = 46640$  Вт.

Параметры теплоносителя:

- температура теплоносителя в подающем трубопроводе –  $t_1 = 120$  °С;
- температура теплоносителя в обратном трубопроводе –  $t_2 = 70$  °С.

#### Решение.

1. Принимаем к установке профиль Flower 225.
2. Удельный тепловой поток профиля:

$$\Delta T = \frac{t_1 + t_2}{2} - t_b = \frac{120 + 70}{2} - 14 = 81 \text{ °С};$$

Из таблицы 3.1 или по рисунку 3.4 определяем величину удельного теплового потока профиля  $q_{изл} = 733,75$  Вт/п.м.

Общая длина профилей для цеха №1:

$$L_{пр} = \frac{Q}{q_{уд.пр}} = \frac{167180}{733,75} = 228 \text{ м.}$$

Общая длина профилей для цеха №2:

$$L_{пр} = \frac{Q}{q_{уд.пр}} = \frac{46640}{733,75} = 64 \text{ м.}$$

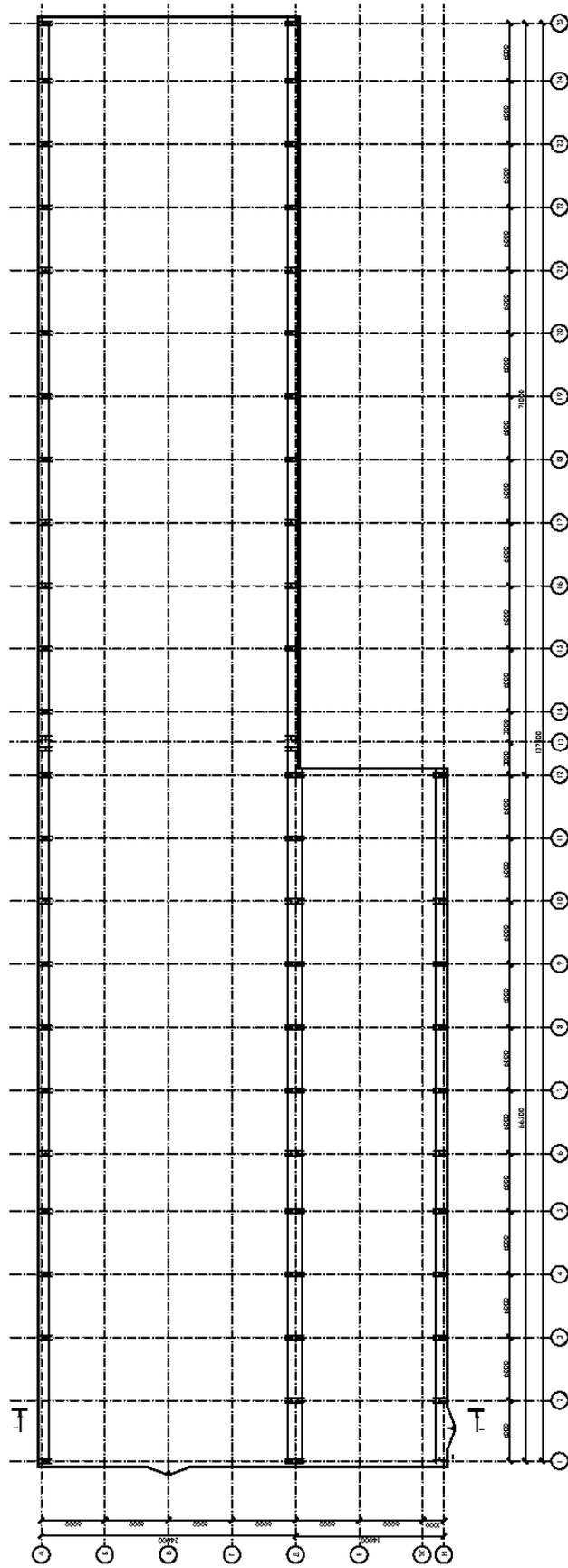


Рисунок А1. План цехов №1 и №2 в осях 1-25/А-И

3. Выбранный тип подключения – с параллельным подключением профилей для цеха №1, и с последовательным подключением профилей для цеха №2.

4. Размещение профилей в помещении. Исходя из частных геометрических особенностей помещения, и, с учётом размещения вспомогательного оборудования системы отопления максимальная длина веток для цеха №1 –  $L_{в.маx} = 108$  м, цеха №2 –  $L_{в.маx} = 48$  м. Следовательно в цехе №1 размещаем 3 ветки ( $228/108 = 2,11$ , округляем в большую сторону), в цехе №2 – 2 ветки ( $64/48 = 1,33$ , округляем в большую сторону).

Исходя из указаний рекомендаций по проектированию (п. 3.2) размещаем ВИИ Flower 225 в цехе №1 на высоте 6880 мм, в цехе №2 – 6510 мм (рисунок А2).

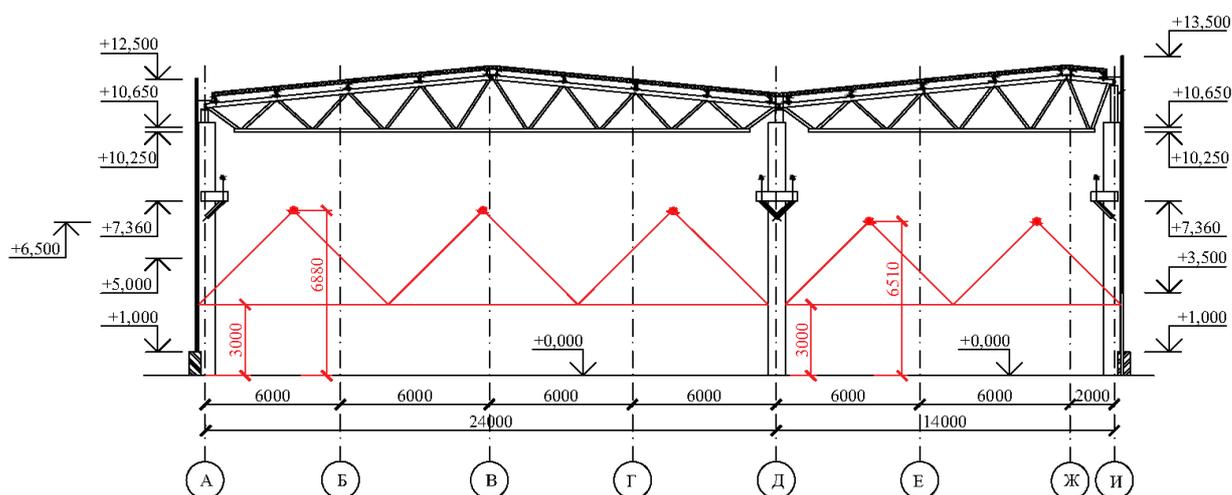


Рисунок А2. Разрез 1-1 в осях А-И

Итого: для цеха №1 выбрано 3 ветки длиной 108 м каждая, для цеха №2 – 2 ветки длиной 48 м.

5. Фактическая максимальная мощность системы для цеха №1:

$$Q_{с.о} = 3 \cdot 108 \cdot 733,75 = 237735 \text{ Вт.}$$

Фактическая максимальная мощность системы для цеха №2:

$$Q_{с.о} = 2 \cdot 48 \cdot 733,75 = 70440 \text{ Вт.}$$

Массовый расход для цеха №1:

$$G_{с.о} = \frac{(1 \cdot 3,6 \cdot 237735)}{(4,187 \cdot (120 - 70))} = 4089 \text{ кг/ч.}$$



Массовый расход для цеха №2:

$$G_{c.o} = \frac{(1 \cdot 3,6 \cdot 70440)}{(4,187 \cdot (120 - 70))} = 1212 \text{ кг/ч.}$$

5. Удельные потери давления определяются по рисунку 3.6:

- для цеха №1 –  $R = 22,5$  Па/м, общее сопротивление ветки 2430 Па.
- для цеха №2 –  $R = 2$  Па/м, общее сопротивление ветки 96 Па.