



# Основы формирования локальных температурных зон в помещении

**А. Г. Рымаров**, канд. техн. наук, зав. кафедрой, ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»

**П. А. Хаванов**, доктор техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»

**Д. Г. Титков**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»

**Ключевые слова:** локальная температурная зона, напольное отопление, конвективная струя, тепловой баланс, тепловой поток

Формирование локальных температурных зон может быть реализовано в различных отапливаемых помещениях зданий и сооружений любого назначения.

Среди инженерно-технических решений, применимых для создания локальных температурных зон в помещении, можно выделить следующие:

- напольное отопление, которое формирует температурное поле пола и восходящие конвективные струи;
- потолочные панели инфракрасного излучения с направленным потоком теплоты, что позволяет формировать локальные теплые зоны;
- воздушные струи, системы воздушного отопления, направленные к рабочему месту.

В настоящей статье рассматривается применение напольного отопления для создания комфортных локальных температурных зон на рабочем месте в офисном помещении. Другие варианты формирования локальных температурных зон в помещении будут рассмотрены в следующих публикациях.

Потребность человека в личном пространстве на рабочем месте в помещении определяется задачами, возникающими при выполнении различных видов деятельности [1, 2, 3].

Потребность человека в конкретной температуре окружающего воздуха в данный момент времени может отличаться от принятых в нормах значений, так как температура тела человека

меняется в течение суток. При этом неучет физических особенностей конкретного человеческого организма при формировании микроклимата в помещении вызывает напряжение системы терморегуляции и, как следствие, ведет к заболеваниям, снижению производительности труда или качества отдыха. Как правило, в помещении есть постоянные рабочие места или места для отдыха, что позволяет создавать зоны с небольшим отличием (например, около 2–3 °С) температуры воздуха от среднего значения в помещении. Для этого нужны системы отопления, способные подстраиваться под потребности конкретного человека. Применение напольного отопления повышает комфортность пребывания человека в помещении, а также, например, позволяет создать игровые зоны на полу в детских учреждениях.

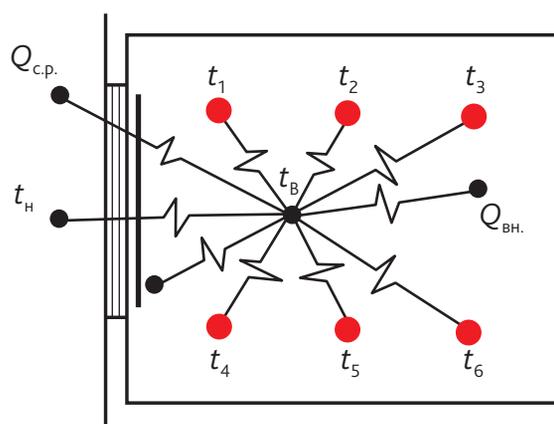
Если обогревать не весь пол помещения, а только точечную зону пола на рабочем месте, то за счет образующейся восходящей конвективной струи будет формироваться локальный микроклимат, который можно сделать благоприятным для конкретного человека, регулируя в каждый момент времени. Локальный микроклимат в данной постановке задачи формируется за счет поступления теплоты от радиаторов основной системы отопления и точечных зон пола с напольным отоплением. Восходящие конвективные струи при взаимодействии с основной системой отопления будут формировать среднюю температуру воздуха в помещении в соответствии с нормами ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» и СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003». При таком подходе в помещении на рабочих местах образуются зоны с локальными температурами, которые могут отличаться от средней температуры в помещении в заданном диапазоне температур. Инерционность изменения температуры верхнего слоя всей плиты пола с напольным отоплением при ее разогреве или остывании больше, чем отдельных зон, что позволяет оперативнее управлять разогревом или снижением температуры отдельных частей пола. Дополнительные потоки теплоты от разогретых зон пола дают возможность снизить мощность основной системы отопления для приведения средней температуры в помещении к требуемому нормами значению, что позволит формировать более точный баланс энергосбережения

и комфортности при пребывании человека в помещении.

Для расчетов теплового баланса помещения получены сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций на основе СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». На изменяющийся во времени тепловой баланс помещения влияет температурный режим помещения, что связано с переменными во времени значениями тепловых поступлений и тепловых потерь. Температура и скорость в сечении конвективных струй от нагретых зон пола, расположенных горизонтально, рассчитывались на основе данных профессора И. А. Шепелева [4].

### Результаты расчета теплового баланса помещения в индивидуальных зонах помещения

Рассмотрено офисное помещение с размерами 6 × 5 м и высотой 3 м (рис. 1), имеется одно окно площадью 4,5 м<sup>2</sup> и одна наружная стена площадью 13,5 м<sup>2</sup>. В помещении формируем шесть индивидуальных зон с возможностью устанавливать в них температуру, необходимую конкретному работнику. Проведены расчеты теплового баланса помещения для холодного периода года для Москвы. Радиатор под окном формирует температуру в помещении 15 °С, а напольное отопление в виде точечных источников диаметром 0,38 м догревает воздух на шести рабочих местах до величины 18, 20, 22, 26, 24, 28 °С (рис. 1). Средняя температура



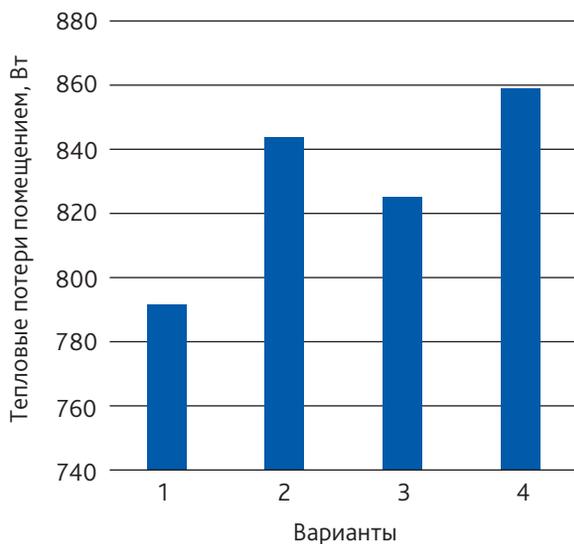
■ Рис. 1. План помещения с шестью местами для напольного отопления, где формируется индивидуальный температурный режим для людей с температурами  $t_1 - t_6$ , влияющими на температуру воздуха в помещении ( $t_B$ ), где  $Q_{c.p.}$  – теплопоступления от солнечной радиации,  $Q_{вн.}$  – внутренние поступления теплоты

в помещении равна 17,8 °С. Разогретые зоны пола создают подвижность воздуха в рабочей зоне менее 0,2 м/с, а температура пола не превышает требуемых нормами значений. Внутренние бытовые тепловыделения от различных источников при расчете не учитывались.

Также проведены расчеты четырех вариантов теплового режима помещения:

- вариант 1: в помещении никого нет, работает радиатор, формируя температуру внутреннего воздуха +15 °С, – тепловые потери равны 791 Вт;
- вариант 2: на рабочих местах есть люди, которым необходимы следующие температуры окружающего их воздуха: 18, 20, 22, 26, 24, 28 °С, – средняя температура в помещении равна 17,8 °С, тепловые потери равны 843 Вт;
- вариант 3: на рабочих местах есть люди, которым необходимы следующие температуры окружающего их воздуха: 18, 19, 20, 21, 22, 23 °С, – средняя температура в помещении равна 16,8 °С, тепловые потери равны 824 Вт;
- вариант 4: на рабочих местах есть люди, которым необходимы следующие температуры окружающего их воздуха: 28, 26, 30, 24, 22, 20 °С, – средняя температура в помещении равна 18,7 °С, тепловые потери равны 858 Вт.

Потенциал энергосбережения для рассмотренных вариантов – это разница между тепловыми потерями вариантов 2 и 1 (52 Вт), 3 и 1 (33 Вт), 4 и 1 (67 Вт).



■ Рис. 2. Тепловые потери в помещении с основной системой отопления (вариант 1) и с дополнительной системой отопления (варианты 2, 3 и 4)

Дополнительные тепловые поступления от шести нагретых зон пола помещения составят:

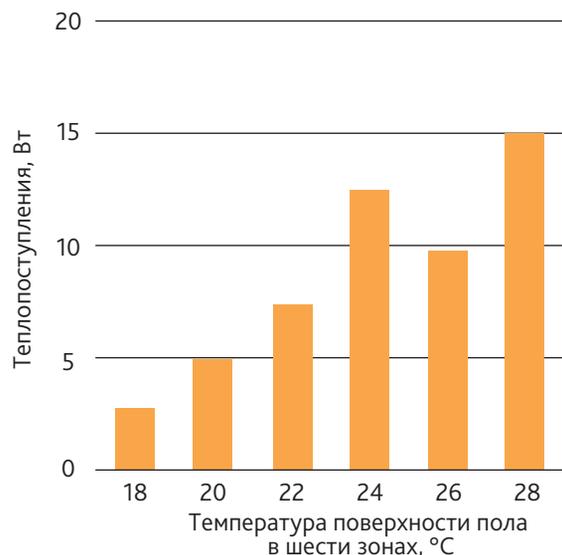
- при температурах, равных 18, 20, 22, 26, 24, 28 °С, – 2,8, 4,97, 7,3, 12,4, 9,8, 15,1 Вт соответственно;
- при температурах, равных 18, 19, 20, 21, 22, 23 °С, – 2,8, 3,8, 4,97, 6,13, 7,3, 8,5 Вт соответственно;
- при температурах, равных 28, 26, 30, 24, 22, 20 °С, – 15,1, 12,4, 17,8, 9,8, 7,3, 4,97 Вт соответственно.

Результаты расчетов, позволяющие визуализировать потоки теплоты в рассматриваемом помещении при различных вариантах, представлены на рис. 2–5.

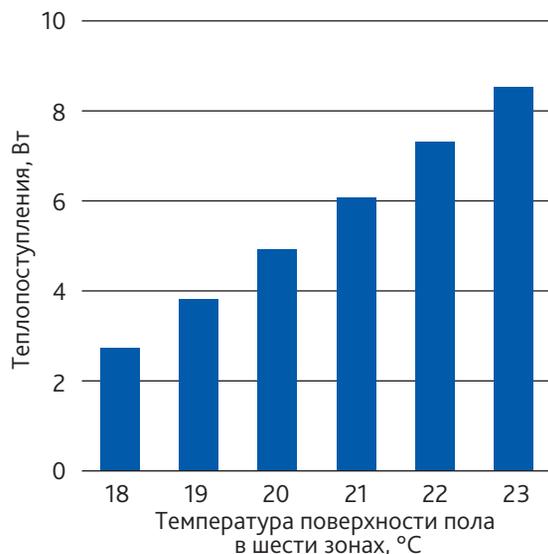
При необходимости систему дополнительного отопления можно частично или полностью отключить, а систему базового (основного) отопления настроить на работу по формированию нужного значения средней температуры в помещении.

## Выводы

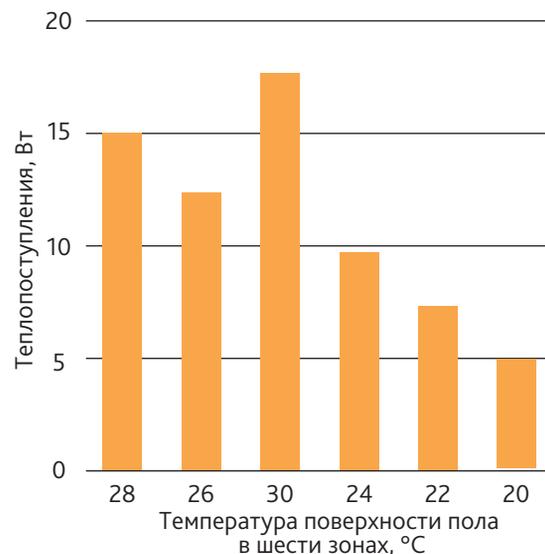
Коллективно-индивидуальный характер предлагаемой системы отопления связан с формированием средних значений температур воздуха во всех помещениях здания в соответствии с требованиями нормативных документов (ГОСТ 30494-2011 и СП 60.13330.2016). На рабочих местах работает дополнительная система отопления в виде напольного отопления, учитывающая индивидуальные потребности человека.



■ Рис. 3. Тепловые поступления от шести поверхностей системы напольного отопления с температурой в индивидуальных зонах, равной 18, 20, 22, 26, 24, 28 °С (вариант 2)



■ Рис. 4. Тепловые поступления от шести поверхностей системы напольного отопления с температурой в индивидуальных зонах, равной 18, 19, 20, 21, 22, 23 °C (вариант 3)



■ Рис. 5. Тепловые поступления от шести поверхностей системы напольного отопления с температурой в индивидуальных зонах, равной 28, 26, 30, 24, 22 и 20 °C (вариант 4)

При применении коллективно-индивидуальной системы отопления энергосбережение в помещении в холодный период года происходит в основном при отсутствии людей, так как основная система отопления работает постоянно, а дополнительная – только в присутствии человека на рабочем месте.

Поступление теплоты от конвективных струй влияет на общие теплопотери помещения в пределах 4–10 %, а площадь пола с точечными элементами напольного отопления занимает 1,5 % от всей площади рассматриваемого помещения, что снижает инерционность [5] при регулировании потока теплоты от нагреваемых частей пола в помещении. Персонализация работы системы отопления может сочетаться с персонализацией работы системы вентиляции на рабочем месте [6] в офисном помещении. Персонализация микроклимата в помещениях жилых зданий также позволяет увеличить потенциал энергосбережения [7]. Комплексное управление микроклиматом помещения возможно осуществить при мониторинге параметров микроклимата [8] на основе информации о тепломассообменных процессах, происходящих в помещении [9].

#### Литература

1. Падерин В. К., Митрошина О. В., Гатин И. Д. Индивидуальное пространство как объект социологического анализа: к постановке проблемы // Казанский социально-гуманитарный вестник. – 2017. – № 5 (28). – С. 69–73.

2. Безукладова И. Ю. Категоризация индивидуального пространства как способ структурирования окружающего мира // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2011. – № 7 (99). – С. 153–159.
3. Наумова О. Б. Частное пространство в системе ценностей традиционного общества // Этнографическое обозрение. – 2014. – № 4. – С. 77–93.
4. Шепелев И. А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении / Москва: Стройиздат, 1978. – 144 с.
5. Brukhanov O., Rymarov A. et al. Analysis of Heat Losses of Underground Tunnel for Engineering Utilities with Available Methods / MATEC Web of Conferences 2016. – P. 04028.
6. Рымаров А. Г., Агафонова В. В. Персонализированная приточная система вентиляции в помещении офисного здания // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 11. – С. 60–64.
7. Бодров М. В., Кузин В. Ю., Морозов М. С. Повышение энергетической эффективности систем обеспечения параметров микроклимата многоквартирных жилых домов // Жилищное строительство. – 2015. – № 6. – С. 48–50.
8. Рымаров А. Г. Мониторинг параметров микроклимата и концентраций вредных примесей в помещениях здания // Приволжский научный журнал. – 2014. – № 1 (29). – С. 61–63.
9. Рымаров А. Г. Characteristics of Heat-Mass Exchange Modes of Mutual Influence Buildings // Естественные и технические науки. – 2013. – № 1 (63). – С. 380–382.