

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

О. В. Канашина, ведущий специалист по работе с проектными организациями АО «Фирма Изотерм»

При проектировании систем инженерного оборудования зданий и, в частности, систем отопления решаются задачи обеспечения требуемых параметров микроклимата, определяемых условиями комфортного пребывания человека и требованиями технологических процессов. От их решения зависят самочувствие и работоспособность людей, а также качество производимой продукции.

Распределение параметров микроклимата в отапливаемом помещении представляет собой результат взаимодействия множества факторов: теплотехнические характеристики ограждений, режим погоды, геометрия помещения с размещенной внутри мебелью, оборудование, температурный режим сопряженных помещений, тип, мощность и расположение отопительных приборов, параметры системы вентиляции, наличие внутренних источников теплоты и т. д.

Параметры микроклимата обслуживаемой зоны помещений жилых, детских дошкольных, административных и бытовых зданий, а также качества воздуха в обслуживаемой зоне указанных помещений и общие требования к оптимальным и допустимым параметрам микроклимата, к качеству воздуха устанавливает ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

В создании комфортного микроклимата ответственная и решающая роль возложена на системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Отопительные приборы являются одним из основных элементов системы отопления, и предназначены для передачи тепла от теплоносителя в помещения зданий, в которых необходимо обеспечить требуемый температурный режим. Расчетный тепловой поток от теплоносителя определяется путем составления теплового баланса для каждого отапливаемого помещения в зависимости от его назначения и режима эксплуатации с выявлением общей потребности в тепле. Данный тепловой поток определяет мощность отопительного прибора.

Для отопления зданий на современном рынке существует огромный выбор решений от лаконичных стальных панельных радиаторов до высокоэнергоэффективных современных медно-алюминиевых конвекторов.

Эффективность работы отопительных приборов зависит от нескольких факторов, в том числе от их конструкции, способов их монтажа и установки в помещении, а также от схемы подключения к системе отопления. Все эти факторы должны быть всесторонне оценены по экономическим, техническим, эстетическим показателям, а также по теплотехническим свойствам (количество затрачиваемого на обогрев помещения тепла, доля отдаваемого прибором конвективного и лучистого тепла и др.) и учтены на стадии проектирования системы отопления.

Отопительные приборы по преобладающему способу передачи тепловой энергии делятся на три группы:

1. Радиационные приборы, передающие излучением не менее 50% общего теплового потока. К первой группе относятся потолочные отопительные панели и излучатели.
2. Конвективно-радиационные приборы, передающие конвекцией от 50 до 75% общего теплового потока. Вторая группа включает радиаторы секционные и панельные, гладкотрубные приборы, напольные отопительные панели.
3. Конвективные приборы, передающие конвекцией не менее 75% общего теплового потока. К третьей группе принадлежат конвекторы с кожухом и без кожуха, ребристые трубы.

Существенными факторами, от которых зависит самочувствие человека в помещении, является распределение температуры и скорости движения воздуха в объеме помещения. Особенности формирования поля температуры и скорости в помещении в значительной степени также зависят от типа отопительного прибора и его размещения. Многообразие типов отопительных приборов, предлагаемых отечественными и зарубежными производителями, приводит к необходимости проведения сравнительных исследований по оценке их эффективности. Такие исследования, направленные на изучение формирования температурного поля отапливаемых жилых помещений, представляют интерес как для проектировщиков, так и для производителей отопительных приборов.

В данной статье приведены исследования двух работ, результаты которых иллюстрируют влияние работы системы отопления с отопительными приборами разного типа на формирование параметров микроклимата помещения, полученные методом численного моделирования.

Работа № 1. Исследовательская работа по сравнению эффективности работы конвектора и радиатора, выполненная методом численного моделирования

Для изучения особенностей формирования микроклимата в помещениях с притоком через вентиляционные клапаны и отопительными приборами различного типа была проведена исследовательская работа методом численного моделирования — конвектор и радиатор [1]. Расчет проводился с помощью программы STAR CD, предназначенной для изучения и расчета гидродинамики и теплообмена различных сред.

Моделирование работы отопительных приборов (конвектора и радиатора) выполнено на примере типовой комнаты: 6 х 3 м, высота 2,56 м, с одним окном 1,5 х 1,5 м. поступление приточного воздуха в помещение осуществлялось через приточные клапаны. Температура наружного воздуха принималась минус 26 °С. Сопротивление теплопередаче оконного блока принималось $R = 0,51 \text{ м}^2\text{К/Вт}$. Теплообмен с соседними помещениями не учитывался. В качестве исследования применялись настенный медно-алюминиевый

конвектор «Атолл» (производства АО «Фирма Изотерм») и стальной панельный радиатор (рис. 1, 2).

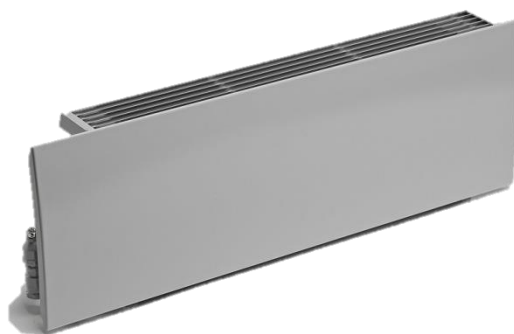


Рис. 1. Медно-алюминиевый конвектор Атолл (АО «Фирма Изотерм»)



Рис. 2. Стальной панельный радиатор

Математическое моделирование нестационарной задачи формирования температурного поля в помещении комнаты объемом с использованием результатов экспериментальной оценки конвективной и лучистой составляющих теплового потока отопительных приборов позволило выяснить характерные особенности приборов:

- Поля температуры и скорости воздуха в жилых помещениях при подаче наружного воздуха через вентиляционные клапаны неоднородны.
- Формирование поля температуры и скорости воздуха в помещении в значительной степени зависит от типа отопительного прибора.

- Изучение особенностей формирования полей температуры и скорости в объеме жилой комнаты, выполненное методом численного моделирования, показало, что конвектор, имеющий более мощную конвективную струю по сравнению с радиатором, обеспечивает более стабильное и равномерное температурное и скоростное поле в объеме помещения при открытых приточных вентиляционных клапанах.
- Использование конвекторов в качестве отопительных приборов предпочтительнее радиаторов, т. к. они более динамичны.
- При расположении конвектора под окном за счет более мощной конвективной струи снижается влияние холодной поверхности окна, что улучшает тепловой комфорт помещения, уменьшая радиационное охлаждение людей. Взаимодействие конвективной струи конвектора и холодного приточного воздуха обеспечивает вблизи наружной стены более равномерное вертикальное распределение температуры.

Анализ конструкций сравниваемых отопительных приборов и их инерционных качеств показывает, что наилучшими с точки зрения регулирования являются конвекторы.

В качестве иллюстрации работы отопительных приборов на рис. 3, 4 приведены расчетные поля температуры и модуля скорости через 49 минут от момента включения приборов — при достижении стационарного режима для конвектора.

При работе конвектора поле температуры в комнате более равномерное по сравнению с радиатором (рис. 3, б). Четко прослеживается конвективная струя от конвектора, препятствующая проникновению холодного воздуха в нижнюю зону комнаты. Поле температуры однородно — температура во всех точках равна 22 °С. Зона с модулем скорости 0,2 м/с локализована в середине комнаты (рис. 4, б). В течение 10 минут поступления холодного воздуха в комнату при работе конвектора изменений в распределении температуры не наблюдается. Поле скорости за это время выравнивается. При работе конвектора струя холодного воздуха не достигает пола. Скорость струи на уровне высоты подоконника составляет 0,2 м/с.

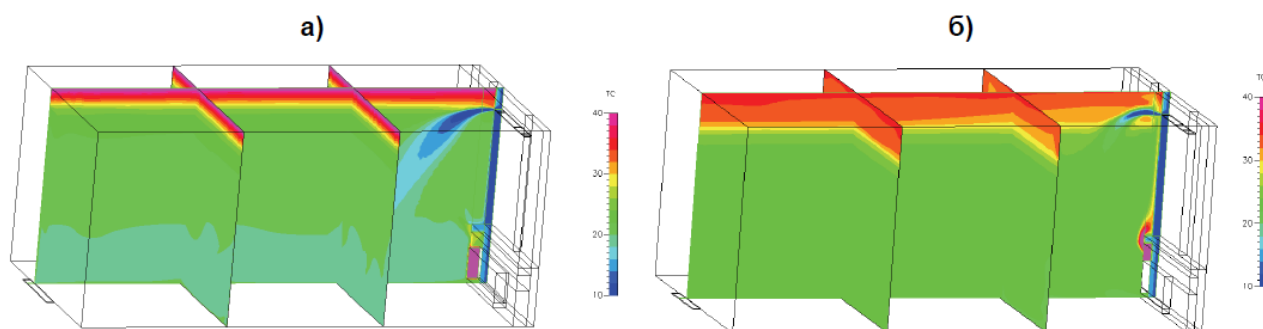


Рис. 3. Поле температуры в вертикальном сечении комнаты:

а) при работе радиатора;

б) при работе конвектора

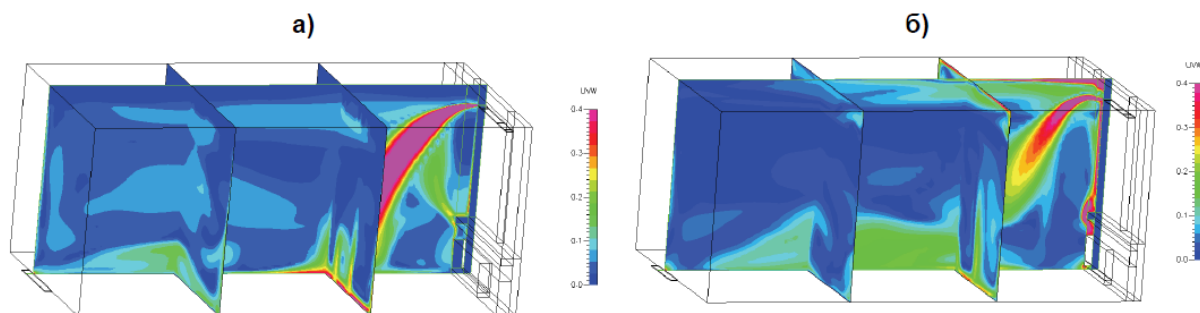


Рис. 4. Поле модуля скорости в вертикальном сечении комнаты:

а) при работе радиатора;

б) при работе конвектора

При работе радиатора холодный воздух от клапана опускается в нижнюю зону; температура в нижней части комнаты по всей длине ниже $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 3, а). В нижней зоне комнаты по всей длине наблюдается большая, чем для конвектора, подвижность воздуха, модуль скорости равен $0,2\text{--}0,3\text{ м/с}$. Для радиатора зона более высоких значений скорости локализована в центре нижней части комнаты (рис. 4, а).

Факел холодного воздуха из клапана при работе радиатора достигает пола и захватывает почти всю 2-метровую зону, прилегающую к окну. Скорость потока воздуха у пола достигает $0,4\text{ м/с}$. Струя достигает пола в пределах 2-метровой зоны вблизи окна. В случае конвектора нагретая конвективная струя препятствует опусканию холодного воздуха; в нижней зоне комнаты поддерживается более высокая температура.

Сравнение полей температуры в объеме помещения при работе конвектора и радиатора позволяет сделать вывод о том, что при работе конвектора поле температуры в комнате более однородно вследствие преобладания конвективной составляющей теплообмена. Распределение модуля скорости потока при работе конвектора также более равномерно по объему комнаты. Использование конвекторов в качестве отопительных приборов предпочтительнее радиаторов, т. к. они более динамичны, обладают низкой тепловой инерцией, имеют более мощную конвективную струю, что позволяет создать тепловую завесу у окон, препятствовать наличию сквозняков в помещении и образованию конденсата на остеклении.

Работа № 2. Результаты численного моделирования и экспериментальных испытаний внутрипольного конвектора «Гольфстрим»

В данной работе [2] приводятся данные исследований испытаний внутрипольного конвектора с естественной конвекцией «Гольфстрим» КРК 20.11.150 (производства АО «Фирма Изотерм»), полученных экспериментально в лаборатории и методом математического моделирования.

Силами инженерно-технической службы компании АО «Фирма Изотерм» проводились численные расчеты на базе современной специализированной программы FloEFD. FloEFD (производитель — американская компания Mentor, a Siemens Business) — это полностью интегрированный в системы CAD пакет для решения задач гидрогазодинамики и теплообмена, который позволяет инженерам создавать более качественные решения за меньшее время.

Чтобы рассчитать физический процесс, то есть изменение физических параметров в пространстве и времени, его надо сначала смоделировать. Для решения численных задач были построены трехмерные модели внутрипольного конвектора «Гольфстрим» КРК 20.11.150 (рис. 5) и испытательная камера (с размерами и условиями согласно требованиям DIN EN 16430-2 [2]).

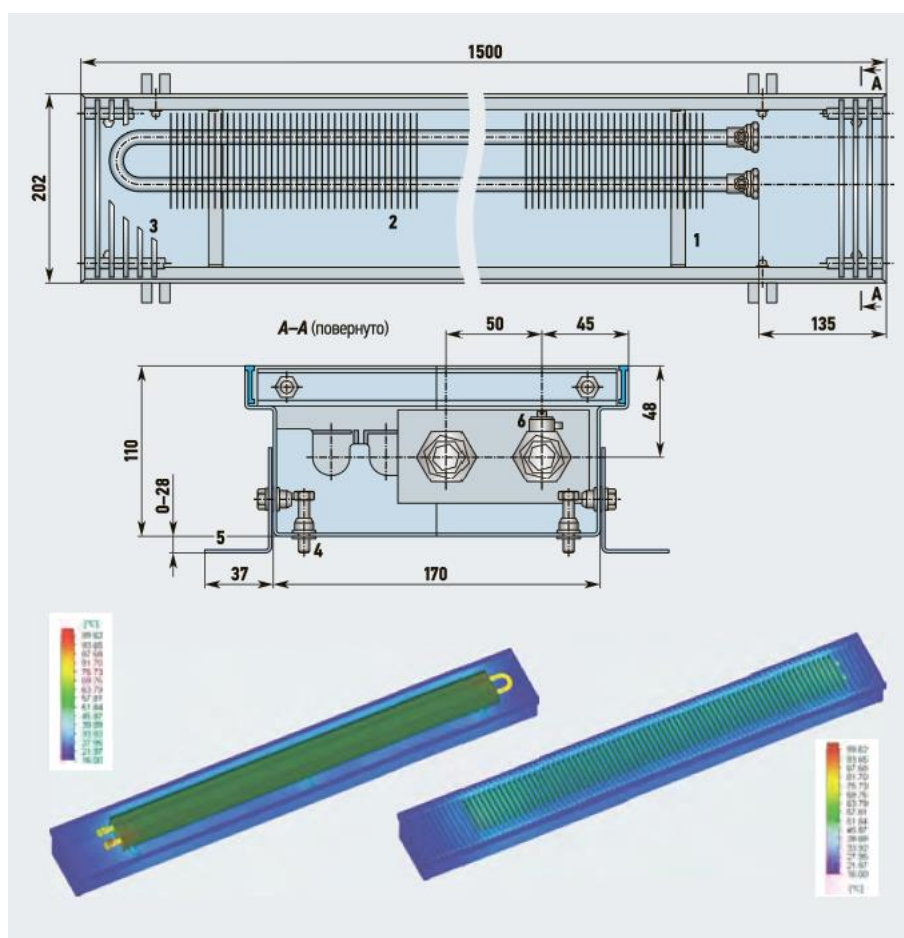


Рис. 5. Конвектор КРК 20.11.150 концевой (АО «Фирма Изотерм»):
1 — короб установочный; 2 — теплообменник; 3 — решетка; 4 — болты упорные; 5 — кронштейны; 6 — клапан воздушоспускной

Результаты математического моделирования сопоставлены с данными, полученными в испытательной лаборатории института HLK Stuttgart (Германия) [2].

Результаты испытаний и расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1. Данные испытаний и моделирования отопительного прибора

Наименование величин	Условное обозначения	Ед. изм.	Данные	
			испытаний	моделирования
Атмосферное давление	B	кПа	97,0	97,0
Температура воздуха (определяющая температура)	t_{θ}	°C	20	20,55
Температура теплоносителя на входе в отопительный прибор	t_1	°C	85,4	85,4
Температура теплоносителя на выходе из отопительного прибора	t_2	°C	73,0	73,77
Разность температур теплоносителя в приборе	$t_1 - t_2$	°C	12,4	11,63
Средняя температура теплоносителя в приборе	$t_m = (t_1 + t_2) / 2$	°C	79,2	79,59
Разность между средней температурой теплоносителя в приборе и определяющей температурой воздуха в помещении (температурный напор)	$\Delta T = t_m - t_{\theta}$	°C	59,2	59,04
Расход теплоносителя	M_{np}	кг/с	$7,4916 \cdot 10^{-3}$	$7,4916 \cdot 10^{-3}$
Тепловой поток испытываемого отопительного прибора	$Q_{изм}$	Вт	390	371
Тепловой поток испытываемого отопительного прибора при стандартном (нормальном) атмосферном давлении $B = 1013,3$ гПа	$Q_{изм.1013,3}$	Вт	403	383
Номинальный тепловой поток испытываемого отопительного прибора при нормальных условиях	$Q_{н.у}$	Вт	590	563

Как следует из табл. 1, при численном моделировании значение теплового потока на 4,9% меньше полученного при испытаниях в камере.

Проведение виртуальных тепловых испытаний (моделирование) при помощи программных средств позволяет получить более полную информацию об отопительных приборах и условиях их работы. Например, на рис. 2 и 3 показаны скоростные и температурные поля в камере и встроенном в конструкцию пола конвекторе, на основе которых возможно проводить оптимизацию конструктивных решений и определять условия их работы.

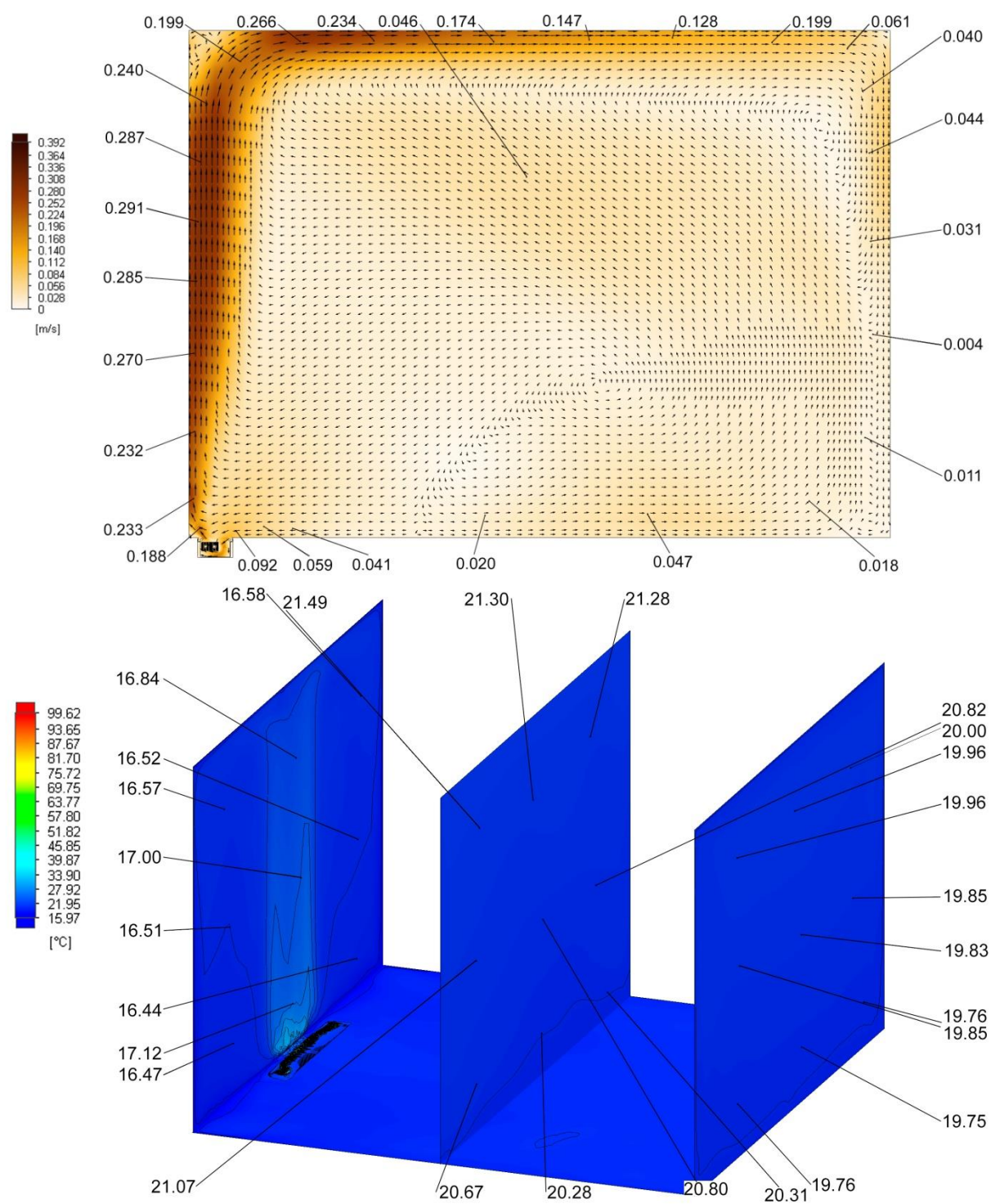


Рис. 6. Скоростные и температурные поля в камере

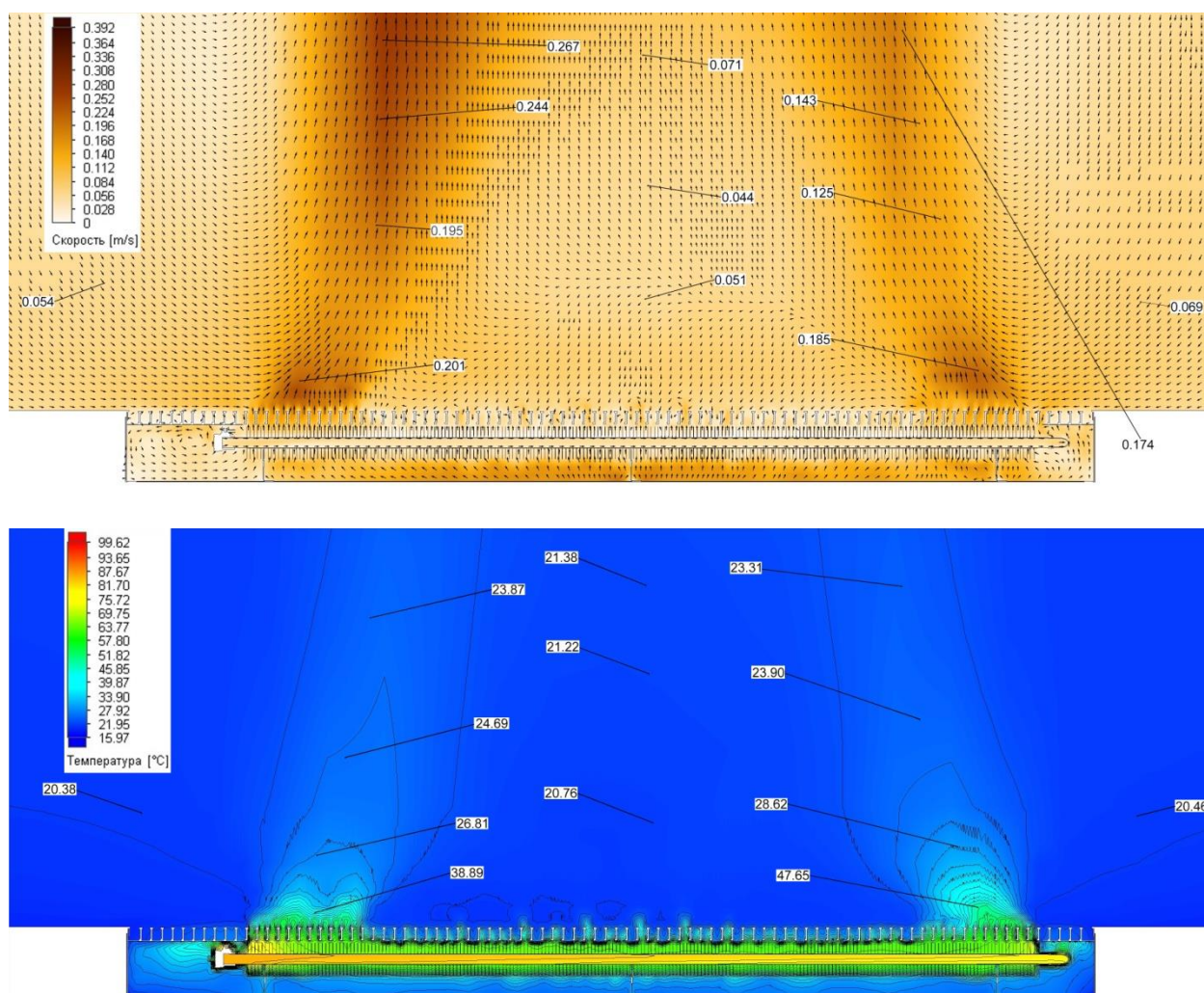


Рис. 7. Скоростные и температурные поля в камере и конвекторе

Как следует из рис. 6, 7, программа предоставляет достаточно подробные данные, позволяющие оценить распределение всех параметров микроклимата в любой области помещения, в том числе не только воздушной среды, но и твердых тел (строительных ограждений, приборов отопления, охлаждения).

Таким образом, привлечение современных методов математического моделирования микроклимата расширяет возможности проектирования, позволяет получить более полную и четкую картину распределения всех необходимых параметров микроклимата в помещении, сравнить эффективность работы различных отопительных приборов и выбрать достойное решение.

Постоянно работая над оптимизацией конструкции конвекторов для систем водяного отопления и расширения линейки продукции, компания АО «Фирма Изотерм» учитывает данные не только от результатов лабораторных исследований, но и широкие возможности компьютерного моделирования как самих изделий, так и условий, близких к реальным, в которых прибор будет эксплуатироваться. Данный подход позволяет, помимо усовершенствования конструкции приборов отопления в целях получения высоких показателей тепловой мощности и энергоэффективности, еще и математически смоделировать микроклимат в различных типах помещений и обеспечить необходимый тепловой комфорт.

Литература

1. Дацюк Т. А., Пухкал В. А., Ивлев Ю. П. Результаты моделирования микроклимата жилых помещений при различных типах отопительных приборов. Инженерно-строительный журнал. № 6, 2013.
2. СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
3. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
4. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. — М.: Энергоатомиздат, 1984. —152 с., ил.