

Δx Δy	20	70	120	170	220	270	320	370	420
270	847,61	847,60	847,58	847,52	847,75	847,5	847,82	847,57	847,6
	0,074	0,060	0,08	0,098	0,036	0,106	0,019	0,083	0,083
320	847,80	847,83	847,89	847,70	847,88	847,72	847,042	847,78	847,80
	0,022	0,012	0,002	0,049	0,001	0,045	0,042	0,0267	0,021
370	847,77	847,78	847,77	847,68	847,83	847,7	847,983	847,71	847,75
	0,029	0,028	0,039	0,052	0,013	0,052	0,026	0,038	0,037
420	847,39	847,25	847,25	847,16	847,36	847,16	847,50	847,263	847,25
	0,130	0,170	0,168	0,195	0,140	0,194	0,103	0,166	0,17

Примечания:

* в верхних строках указано температурное поле в К в конце нагрева по результатам аналитического решения,

** в нижних строках указана погрешность вычисления температурного поля в пакете Ansys по сравнению с аналитическим решением в %.

В ходе исследований получены результаты, на основе которых были созданы номограммы для определения точности и времени расчета в зависимости Δt и $\Delta x, \Delta y$. А также была проведена проверка на точность пакета ANSYS при помощи аналитического решения [6, 7]. Полученная погрешность составила $\min = 0,0016 \%$ при Δx (20; 220) и $\max = 0,195 \%$ при Δy (420; 170).

В дальнейшем планируется результаты моделирования использовать для определения погрешности расчета в пакете ANSYS на стадии подготовки решения задачи с 2D геометрией на основе использования нейросетевой технологии.

Библиографический список

1. Басов К.А. ANSYS и Virtual Lab. Геометрическое моделирование. М.: ДМК Пресс, 2006. 240 с.
2. Басов К.А. ANSYS для конструкторов. М.: ДМК Пресс, 2009. 248 с.
3. Горбунов В.А. Моделирование теплообмена в конечно-элементном пакете Femlab: учеб. пособие / Иваново: ГОУ ВПО «ИГЭУ имени В.И. Ленина», 2008. 216 с.
4. Седов М.С. Разработка модели кузнечного производства в многоцелевом вычислительном комплексе: Пояснит. зап. к дипл. проекту. Иваново: ИГЭУ, 2010. 171 с.
5. Татарина Т.В. Разработка математических моделей в Ansys-Fluent камерных кузнечных печей для машиностроительных предприятий: Пояснит. зап. к дипл. проекту. Иваново: ИГЭУ, 2011. 141 с.
6. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 592 с.
7. Лыков А.В. Тепломассообмен: справочник; изд. 2-е, пер. и доп. М.: Энергия, 1978. 462 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ОБОРУДОВАНИЯ В ЦЕНТРАХ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

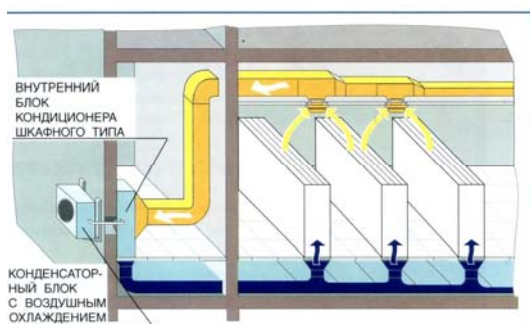
Носков И.Ю.

Тюменский государственный архитектурно-строительный университет

ivan.noskov.tmn@gmail.com

Последние двадцать лет во всем мире активно развивается одна из ветвей сектора информационных технологий, а именно строительство и эксплуатация центров обработки данных (ЦОД). Без стабильно работающих ЦОД не возмож-

на работа телекоммуникационного и информационного сектора экономики. Быстрая обработка и передача данных – факторов, определяющих инновационный характер развития страны. Однако современные ЦОД являются очень энергоёмкими структурами. Затраты на энергию ЦОД складываются не только из энергопотребления установленного в нём вычислительного и телекоммуникационного оборудования. Большую долю в энергопотреблении ЦОД занимают затраты на создание и поддержание требуемых заданных условий воздушной среды помещения ЦОД, т.е. на системы кондиционирования. Но повсеместно производители вычислительного и телекоммуникационного оборудования ищут возможности пути снижения объемов потребляемых энергоресурсов.



В настоящее время лучшим в обслуживании помещений, с установленным технологическим оборудованием со значительным выделением теплоты, являются прецизионные шкафные кондиционеры. Раздача воздуха происходит непосредственно под стойки технологического оборудования. Прецизионные кондиционеры представляют собой разновидность шкафных кондиционеров.

Они оборудованы различными типами систем микропроцессорного управления и способны поддерживать в помещении не только точные параметры по температуре, но и по влажности.

В качестве примера для расчёта-сравнения использовалась помещение размером $8 \times 8,5 \times 2,7$ м. Стены выполнены из кирпича толщиной 250 мм, потолок и пол перекрыты железобетонной плитой толщиной 210 мм.

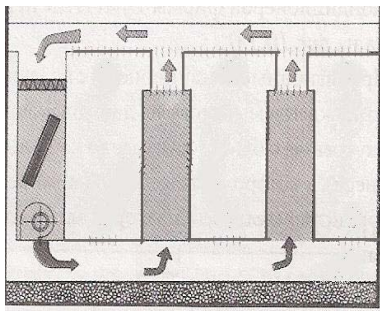
Внутри помещения установлено 12 шкафов фирмы *Rittal TE 7000* (размер $600 \times 2000 \times 1000$ мм). Суммарные теплоступления от оборудования 36 кВт (по стандарту *TIA-942*, на одну стойку тепловой поток не должен превышать 5 кВт). Условия оптимальной работы оборудования: температура воздуха 22°C , относительная влажность воздуха 45 %. Максимальная допустимая температура оборудования 40°C .

Энергосберегающий вариант сравниваем по экономическому эффекту с так называемым базовым или типовым вариантом, не предусматривающим энергосбережения. Затем выявим наиболее экономически целесообразный из них.

Для решения поставленной задачи сравним два помещения: типовое помещение А без использования материалов для теплоизоляции, и помещение Б, с использованием современных материалов теплоизоляции. В качестве теплоизоляции для помещения Б, на стенах был использован пенополиурентан толщиной 10 мм, со стороны подвала имеется изоляция – пенопласт, толщиной 20 мм; со стороны чердака имеется изоляция – слой керамзита, толщиной 20 мм.

Рассчитав тепловые потери для среднегодовой температуры и для пиковой нагрузки в летние месяцы, сравним полученные результаты: тепловые притоки для летних месяцев – для помещения А составляют 4,12 кВт, для помещения Б

– 2,23 кВт; тепловые потери для среднегодовой температуры – для помещения А составляют 15,26 кВт, для помещения Б – 9,02 кВт.



В целях повышения энергоэффективности помещения ЦОД, рассмотрим покрытие стенок стоек теплоизоляционным материалом, а также установку направляющих воздушных потоков к оборудованию, т. е. преобразование системы кондиционирования в закрытую. Это позволит снизить к минимуму передачу теплоты за границы стойки, тем самым позволит избежать нагрева

воздуха за стойкой и излишнего охлаждения площади помещения, т. е. снижение при этом расхода воздуха в комнате.

Из условия теплового баланса помещения (для пиковых летних нагрузок и для среднегодовой температуры г. Тюмени), определим количество воздуха, необходимое для поддержания постоянных температур на границе стоек:

$$M'_1 = \frac{Q_{изб}}{0,28 \cdot C_p (t_{max} - t_{онн})} + \frac{Q_{тепл.пр}^{лет}}{0,28 \cdot C_p (t_{лет} - t_{онн})}$$

$$M'_2 = \frac{Q_{изб}}{0,28 \cdot C_p (t_{max} - t_{онн})} + \frac{Q_{тепл.помер}^{ср}}{0,28 \cdot C_p (t_{ср} - t_{онн})}$$

С помощью полученных значений ($V_1' = 7,02 \text{ м}^3/\text{с}$ и $V_2' = 6,9 \text{ м}^3/\text{с}$ – для летней и среднегодовой температуры теплоизолированной стойки; $V_1'' = 7,98 \text{ м}^3/\text{с}$ и $V_2'' = 7,59 \text{ м}^3/\text{с}$ – для летней и среднегодовой температуры типового помещения без применения изоляции) рассчитаем экономическую эффективность применения закрытой системы вентиляции

$$\Theta = \left[\left(\frac{24 \cdot N_1 \cdot 145}{1000} \right) + \left(\frac{24 \cdot N_2 \cdot 220}{1000} \right) \right] \cdot 1,95 = 5621 \text{ руб./год}$$

Использование более теплоемкого теплоносителя во время пиковых нагрузок, когда удельное тепловыделение стойки превышает определенный порог, более эффективным оказывается жидкостное охлаждение, например, водой, маслом или фреоном. Такой теплоноситель можно подавать в радиаторы охлаждения локально, подводя холод или отводя тепло непосредственно в рамках отдельных стоек. Это позволяет повысить компактность системы охлаждения и сэкономить энергию на вентилировании помещения ЦОД.

Жидкостные системы охлаждения могут быть эффективными и экономически оправданными, когда требуется отвести значительный объем тепла при очень высокой плотности оборудования.

Из условия теплового баланса помещения (для пиковых летних нагрузок и для среднегодовой температуры г. Тюмени), определим количество воды необходимое для поддержания постоянных температур на границе стоек:

$$M_1' = \frac{Q_{изб}}{0,28 \cdot C_p (t_{max} - t_{онм})} + \frac{Q_{тепл.пр}^{лет}}{0,28 \cdot C_p (t_{вод} - t_{онм})}$$

$$M_2' = \frac{Q_{изб}}{0,28 \cdot C_p (t_{max} - t_{онм})} + \frac{Q_{тепл.помер}^{сп}}{0,28 \cdot C_p (t_{вод} - t_{онм})}$$

С помощью полученных значений ($V_1' = 0,00198 \text{ м}^3/\text{с}$ и $V_2' = 0,00189 \text{ м}^3/\text{с}$ – для летней и среднегодовой температуры теплоизолированной стойки; $V_1'' = 0,0022 \text{ м}^3/\text{с}$ и $V_2'' = 0,002 \text{ м}^3/\text{с}$ – для летней и среднегодовой температуры типового помещения без применения изоляции) рассчитаем экономическую выгоду от применения жидкостной системы охлаждения:

$$\Xi = \left[\left(\frac{24 \cdot N_1 \cdot 145}{1000} \right) + \left(\frac{24 \cdot N_2 \cdot 220}{1000} \right) \right] \cdot 1,95 = 55553 \text{ руб./год}$$

Применение всех выше изложенных методов позволяет добиться нам следующих положительных результатов:

1. Применив закрытую схему вентиляции и кондиционирования, нам потребуется меньшее количество воздуха для охлаждения оборудования, тем самым мы сможем сэкономить электроэнергию на работе кондиционера.

2. Переход с традиционного кондиционирования на локальное охлаждение шкафов, теплоизолированных от внутреннего пространства комнаты, позволит избежать неэффективного охлаждения площадей.

3. Использование в качестве теплоносителя воды для охлаждения ЦОД в несколько раз увеличивает экономический эффект от принятых мер, при минимальных капиталовложениях.

4. Применение в системе охлаждения дополнительного контура с жидкостным охлаждением позволяет более качественно и быстрее покрывать тепловые излишки во время пиковых нагрузок.

Библиографический список

1. Ананьев В.А., Балужева Л.Н., Гальперин А.Д. [и др.] Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. - М.: Евроклимат, изд-во «Арина», 2001. 416 с.
2. Ерёмкин А.И., Королёва Т.И., Данилин Г.В. [и др.] Экономическая эффективность энергосбережения в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: учебное пособие. М.: Изд-во Ассоциация строительных вузов, 2008. 184 с.
3. Королёва Т.И. Экономическое обоснование оптимизации теплового режима зданий. М.: АСВ, 2001. 144 с.
4. Майоров В.А. Энергосбережение в системах теплогазоснабжения и вентиляции: учебное пособие. Пенза: Пензенский гос. архит.- строит. ин-т, 1995. 108 с.
5. Теплотехника, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: учебник для вузов/ В.М. Гусев, Н.И. Ковалев, В.П. Попов, под ред. Гусева В.М. Л.: Стройиздат. Ленингр. отделение, 1981. 343 с.
6. Свистунов В.М., Пушняков Н.К. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства: учебник для вузов. 2-е изд. СПб.: Политехника, 2006. 423 с.