

# ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

УДК 697.94

Н.В. Воронова\*, А. Нурсанкызы

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
Республика Казахстан, г. Алматы

\*E-mail: Slovonine@mail.ru

## Новые методы повышения энергоэффективности систем кондиционирования в офисных зданиях

Сегодня энергоэффективность стала одной из важнейших характеристик любого проекта. Энергосберегающей технике и технологиям посвящаются целые главы технико-коммерческих предложений, а в проектной документации энергосберегающим решениям отводят отдельный раздел с подробными описаниями и расчетами.

Проблема энергосбережения особенно актуальна для систем кондиционирования центров обработки данных (ЦОД), холодильная мощность которых может достигать десятков МВт.

Кондиционирование воздуха является автоматическим поддержанием в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения воздуха) с целью обеспечения оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, энергосбережение, система кондиционирования, кондиционирование воздуха, вентиляторы, вентиляторные конвекторы.

N.V. Voronova, A. Nursankyzy

### New methods to improve the energy efficiency of air conditioning systems in office buildings

Today, energy efficiency has become one of the most important characteristics of any project. Energy-saving techniques and technologies devoted whole chapters of technical and commercial proposals and project documentation energy saving solutions have a separate section with detailed descriptions and calculations.

The problem is particularly acute for energy-saving air-conditioning systems data processing centers (DPC), cooling capacity which can reach tens of megawatts.

The air conditioning is automatic maintenance indoors all or individual air parameters (temperature, relative humidity, cleanliness, air velocity) in order to ensure optimal weather conditions most favorable to the well-being of people doing the process, to secure valuables.

**Key words:** energy efficiency, energy conservation, air conditioning system, air conditioning, fans, fan convectors.

Н.В. Воронова, А. Нурсанқызы

**Кеңсе ғимараттарындағы кондиционирлеу жүйесінің  
энергоэффективті көтермелеуінің жаңа әдістері**

Бүгінгі күнде энерготімділік әр жаңа жобаның ең маңызды мінездемесі болып келеді. Энергия үнемдеуші техникаға және технологияларға технико-коммерцияның толық басылымдары арналады, ал жобалық құжаттамасында энергия үнемдеудің шешіміне толық сипаттамалар және есептер үшін бөлек тарау бөлінген.

Энерготімділік мәселесі желгіштеу жүйесіндегі деректердің өңдеу орталығында (ДӨО) айрықша орын алады, тоңазытқыш алымдылығы ондаған мегаваттқа дейін жетеді.

Ауаны желгіштеу мәселесі жабық бөлмелерде ауаның бәрін немесе ауаның бөлек параметрлерін сақтап қалу (температура, салыстырмалы ылғалдылық, тазалық, ауаның қозғалу жылдамдығы) адамдардың денсаулығы үшін, оптималдық метеорологиялық шарттармен қамсыздандыру, технологиялық үдерісті енгізу мақсатпен істеледі.

**Түйін сөздер:** энерготімділік, энерго үнемдеу, желгіштеу, ауаны желгіштеу жүйесі, вентиляторлық конвектор, тоңазытқыш.

Микроклимат офисных помещений, в особенности температурные параметры среды в помещении, оказывает влияние на индивидуальную работоспособность людей. Усталость и нерасположенность к работе очень часто возникают вследствие неудовлетворительных условий микроклимата помещений, что приводит к значительным экономическим последствиями [1].

Архитектура и планировка здания также оказывают непосредственное влияние на выбор системы кондиционирования. Как и климатические характеристики, они являются исходными для расчета наружных теплопоступлений, большую часть которых в теплый период составляет солнечная радиация [2].

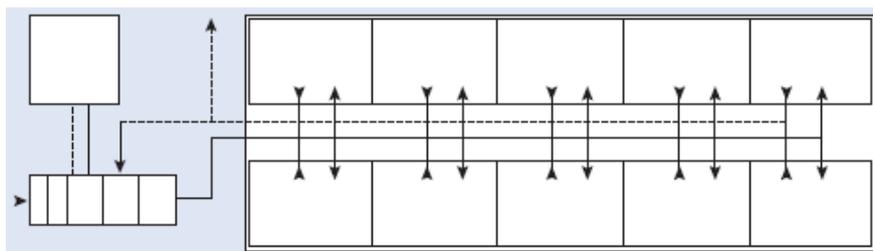
Кондиционирование воздуха в помещениях предусматривается для создания и поддержания в них:

- установленных нормами допускаемых условий воздушной среды, если они не могут быть обеспечены более простыми средствами;
- искусственных климатических условий в соответствии с технологическими требованиями внутри помещения круглогодично или в разные сезоны года;

- оптимальных (или близких к ним) гигиенических условий воздушной среды в производственных помещениях, если это экономически оправдано увеличением производительности труда;
- оптимальных условий воздушной среды в помещениях общественных и жилых зданий, административных и многофункциональных, а также вспомогательных зданий промышленных предприятий [3].

Одна из задач проектирования современного офисного здания состоит в определении возможного теплового режима при различных мерах его обеспечения и в выборе экономически целесообразного варианта, поддерживающего оптимальный воздушно-тепловой режим всех помещений с учетом коэффициента обеспеченности. Выбор системы кондиционирования воздуха в здании должен проводиться на основании тщательно проработанного технического задания.

В задании содержатся конкретные требования в отношении микроклимата (тепловая комфортность, минимальное количество наружного воздуха и подвижность воздуха в обслуживаемом помещении, уровень шума и другие параметры, имеющие значение в контексте целевого назначения каждого помещения).



**Рисунок 1** – Система центрального кондиционирования воздуха

Очевидно, что конструктивные мероприятия по солнцезащите способны в значительной степени снизить нагрузку на систему кондиционирования воздуха (рис. 1). Суточная периодичность солнечной радиации приводит к нестационарности всех процессов теплообмена в каждом помещении. Это обстоятельство следует учитывать при определении наружных теплоступлений [4, 5].

Представляется целесообразным индивидуальное или зональное регулирование систем кондиционирования воздуха, что достигается применением местно-центральных систем с вентиляторными конвекторами (фэнкойлами или сплит-системами).

Вентиляторные конвекторы имеют возможность индивидуального регулирования температуры воздуха, достаточную мощность для быстрого нагрева или охлаждения помещения и низкие энергозатраты [6].

Однако при этих достоинствах есть существенный недостаток – высокая скорость движения воздуха и недопустимо низкая (при охлаждении) температура в воздушной струе на входе в обслуживаемую зону. Поэтому при проектировании вентиляторные конвекторы следует размещать в помещении таким образом, чтобы в зоне их непосредственного воздействия не находились постоянные рабочие места [7].

Анализ ряда проектов систем кондиционирования воздуха позволяет сделать следующие выводы:

1. Регулирующие возможности системы центрального кондиционирования воздуха ограничены величиной градиента тепловой нагрузки от 0,8 до 1,2 при заданной неравномерности температуры воздуха в помещении  $\Delta T = \pm 1^\circ\text{C}$  и величиной 0,7–1,3 для неравномерности температуры  $\pm 1,5^\circ\text{C}$ , при этом средняя удельная тепловая нагрузка не должна превышать 25–30 Вт/м<sup>2</sup>. Увеличение регулирующих возможностей системы кондиционирования воздуха можно обеспечить увеличением воздухообмена, в том числе рециркуляционного.

2. Если отдельные помещения имеют большое отличие по показателю теплового градиента либо удельная тепловая нагрузка превышает 40 Вт/м<sup>2</sup>, то следует наряду с системой центрального кондиционирования воздуха установить в них локальные системы охлаждения (фэнкойлы, VRF или сплит-системы).

3. Если помещения можно конструктивно сгруппировать в зоны с близкими показателями градиента тепловых нагрузок, целесообразно

рассмотреть возможность применения зональной местно-центральной схемы кондиционирования воздуха [8, 9].

Одним из средств энергосбережения зданий является использование систем вентиляции, регулируемой по уровню потребности. Влияние таких систем на жизнеобеспечение здания отражается на величине общего и пикового потребления энергии системой ОВК, а также на качестве внутреннего воздуха.

Наиболее распространенным способом внедрения системы вентиляции, регулируемой по уровню потребности, является регулирование количества наружного воздуха, подаваемого для вентиляции, в зависимости от уровня CO<sub>2</sub> во внутреннем воздухе здания. Мониторинг уровня CO<sub>2</sub> может осуществляться при помощи датчика, расположенного в зоне, в которой находятся люди, или в потоке вытяжного воздуха [10].

В последние годы большой интерес, особенно за рубежом, вызвала локальная система кондиционирования воздуха в офисных зданиях из-за возможности существенной экономии энергоресурсов.

Основными параметрами, определяющими воздушно-тепловой режим на локальном рабочем месте, являются:

- температура воздуха и ее распределение по объему рассматриваемой зоны;
- скорость движения воздуха и ее распределение.

К дополнительным параметрам могут быть отнесены:

- относительная влажность воздуха;
- радиационная и результирующая температура на рабочем месте [11].

Поддержание дополнительных параметров не представляет серьезных трудностей на локальном рабочем месте. Главная задача – создать в ограниченной зоне рабочего места оптимальное сочетание температуры и скорости движения воздуха из условий воздушно-тепловой комфортности.

Условия воздушно-тепловой комфортности для холодного периода года:

- температура воздуха в диапазоне +20...+22°C;
- скорость движения воздуха – не более 0,1 м/с;
- градиент температуры воздуха на рабочем месте – не более 2°C.

Для теплого периода года:

- температура воздуха в диапазоне +22...+24°C;
- скорость движения воздуха – не более 0,1 м/с;

- градиент температуры воздуха на рабочем месте – не более 2°C.

Относительная влажность воздуха удовлетворяет оптимальным условиям в широком диапазоне 30...60%.

Как правило, радиационная и результирующая температура на рабочих местах в административных зданиях не отличается от температуры воздуха более чем на 1°C, и особых требований по ее контролю не предъявляется [12].

Основными особенностями систем кондиционирования воздуха и вентиляции являются:

- функциональное и конструктивное зонирование центральных систем кондиционирования воздуха (в большинстве случаев используется от 3 до 8 центральных систем);
- общая система холодоснабжения для центрального кондиционирования и для фэнкойлов;
- высокие экологические показатели по акустике и вибрации.

Предусматривается целый комплекс мер от антивибрационных вставок и подвесок до специальных акустических экранов [13, 14].

Один из способов повысить энергоэффективность системы кондиционирования заключается в использовании кондиционеров с электронным терморегулирующим вентилем.

Терморегулирующий вентиль (ТРВ), или терморегулирующий клапан, в холодильных установках служит для регулирования холодопроизводительности. Благодаря ему хладагент из испарителя попадает в компрессор только в газообразном состоянии, без жидких фракций. Сравнивая разность давления на выходе из испарителя и давления насыщения для данной

температуры с заданной величиной (давлением уставки), ТРВ изменяет расход хладагента.

Управляется такое устройство встроенным в кондиционер контроллером, который на основе информации о температуре и давлении, поступающей от соответствующих датчиков, генерирует сигнал, подаваемый на электропривод.

Электроника контроллера работает гораздо быстрее и точнее механики традиционного ТРВ, что позволяет более точно поддерживать величину перегрева хладагента на выходе из испарителя, не превышая ее. В то время как в обычных кондиционерах перегрев может достигать 15°C, в кондиционерах с электронным ТРВ он составляет всего 5°C.

Таким образом, применение электронного ТРВ оптимизирует холодильный цикл кондиционера, увеличивая холодильный коэффициент (в некоторых ситуациях – на 20%). Работу такого ТРВ можно контролировать с диспетчерского пульта.

Еще один метод повышения энергоэффективности системы кондиционирования – применение электронно-коммутируемых вентиляторов (ЕС-вентиляторов) (рис 2). В отличие от обычных двигатель, ЕС-вентиляторов создан с использованием современной бесщеточной технологии. Магнитное поле образуется благодаря присутствию постоянного магнита, а коммутация осуществляется транзистором, без применения механических элементов.

При регулировании производительности вентиляторов ни один метод регулирования, будь то трансформатор или даже преобразователь частоты, не может соперничать с результатами ЕС-вентиляторов.

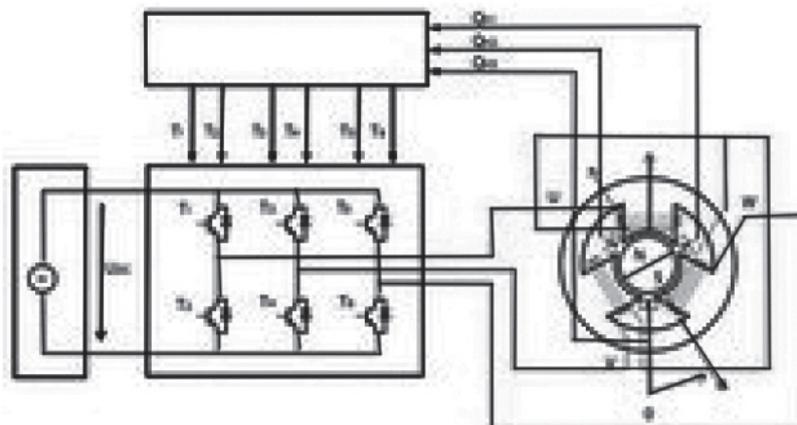


Рисунок 2 – Схема электронно-коммутируемых вентиляторов (ЕС-вентиляторы)

Применение кондиционеров с ЕС-вентиляторами позволяет сэкономить до 63% потребляемой вентиляторами мощности. По сравнению с обычными, ЕС-вентиляторы более долговечны. Срок службы ЕС-вентиляторов, как правило, составляет до 80 000 часов при температуре ниже 10°C (до 40°C – 60000 часов), они характеризуются большим КПД и меньшим уровнем шума, чем обычные вентиляторы.

К преимуществам ЕС-вентиляторов также следует отнести широкий диапазон рабочего напряжения питания (от 200 до 277 В для сети 220 В и от 380 до 480 В для сети 400 В) и возможность адаптации к реальным условиям за счет изменения рабочих параметров управляющим микропроцессором. Кроме того, многими производителями указывается возможность увязки ЕС-вентиляторов с прочими элементами инженерии ЦОД: вентиляторами соседних кондиционеров и модулями активного пола [15, 16].

Сегодня все чаще говорится о том, что энергоэффективность системы кондиционирования можно увеличить за счет одновременной работы всех блоков, но с нагрузкой меньше номинальной. Это относится именно к системе кондиционирования – для источников бесперебойного

питания, например, такой режим приведет лишь к дополнительным потерям энергии из-за снижения КПД.

Мощность, потребляемая вентилятором, пропорциональна кубу скорости его вращения. Следовательно, снизив скорость вдвое, мы уменьшим энергопотребление в 8 раз. Именно такого результата следует ожидать в небольшом ЦОД, где нагрузка будет распределена между основным и резервным кондиционерами.

Если в машинном зале установлено, допустим, 5 кондиционеров (4+1), то при работе всех пяти единиц оборудования нагрузка на каждый кондиционер составит 80%, а энергопотребление системы снизится в 2 раза [17].

Подводя итоги очевидно, что внедрение энергоэффективных технологий требует дополнительных капитальных затрат. Вместе с тем технические решения, повышающие эффективность работы систем кондиционирования центров обработки данных, окупаются в течение 3-5 лет, что при среднем сроке эксплуатации ЦОД, равном 10 годам, является вполне приемлемым [18]. Внедрение новых технологий сегодня гарантирует экономию на эксплуатационных расходах завтра.

### Литература

- 1 Вытесняющая вентиляция в непромышленных зданиях: справочное руководство REHVA. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003.
- 2 Комплект учебников и учебных пособий по специальности «Теплогасоснабжение и вентиляция (ТГВ)». (Строительная теплофизика. Отопление. Вентиляция. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. Основы автоматики систем ТГВ. Теплоснабжение. Теплогенерирующие установки). МИСИ, 1993-2005.
- 3 Табунщиков Ю.А. Мировой взгляд на строительную энергетику и энергосбережение // АВОК. – №6. – 2007.
- 4 Шилькрот Е. О. Эффективность систем отопления и вентиляции зданий // АВОК. – №4. – 2003.
- 5 Грудзинский М.М., Ливчак В.И., Поз М.Я. Отопительно-вентиляционные системы зданий повышенной этажности. – М.: Стройиздат, 1982.
- 6 Наумов А.Л., Шилькрот Е.О. Повышение эффективности отопления и вентиляции // АВОК. – №1-2. – 1993. – С. 10.
- 7 Лифчак И.Ф., Наумов А.Л. Регулируемая вентиляция жилых многоквартирных зданий // АВОК. – №5. – 2004. – С. 8.
- 8 Наумов А.Л. Выбор энергоэффективных систем кондиционирования воздуха офисных зданий // АВОК. – №5. – 2005. – С. 20.
- 9 Юрманов Б.Н., Дерюгин В.В. Энерго- и ресурсосберегающие направления в решении отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: Сб. Докл. VI съезда АВОК. – СПб., 1998. – С. 193-198.
- 10 Энергосберегающие технологии в современном строительстве. – М.: Стройиздат, 1990.
- 11 Иванов Г.С., Подолья Л.А. Энергосбережение в зданиях // Энергия: экономика, техника, экология. – 1999. – №12.
- 12 Богословский В.Н., Поз М.Л. Теплофизика аппаратов утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Стройиздат, 1983.
- 13 СНИП П-3-79\*. Строительная теплотехника, (изд. 1998 года).
- 14 Чистович С.А., Аверьянов В.К. и др. Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления. – М.: Стройиздат, 2007. – 247 с.
- 15 Закиров Д.Г. Энергосберегающие технологии с использованием тепловых насосов, некоторые проблемы их внедрения // В кн. Региональные проблемы энергосбережения и пути их решения: Тезисы докладов VI.
- 16 СНИП П-04.05-91\* «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».
- 17 SILVIA WILL. Механическая вентиляция в многоквартирных домах // АВОК. – 2004. – № 5/6. – С. 40-41.
- 18 Энергоэффективный дом. Принципы проектирования // ИБ «Энергоэффективные технологии». – 2008. – № 3.

## References

- 1 Vytesnjajushhaja ventiljacija v neproizvodstvennyh zdaniyah: spravochnoe rukovodstvo REHVA. – M.: AVOK-PRESS, 2003.
- 2 Komplekt uchebnikov i uchebnyh posobij po special'nosti «Teplogazosnabzhenie i ventiljacija (TGV)». (Stroitel'naja teplofizika. Otoplenie. Ventiljacija. Kondicionirovanie vozduha i holodosnabzhenie. Osnovy avtomatiki sistem TGV. Teplosnabzhenie. Teplogenerirujushhie ustanovki). MISI, 1993-2005.
- 3 Tabunshhikov Ju.A. Mirovoj vzgljad na stroitel'nuju jenergetiku i jenergosberezhenie // AVOK. – №6.– 2007.
- 4 Shil'krot E. O. Jefferektivnost' sistem otoplenija i ventiljacji zdaniij // AVOK. – №4.– 2003.
- 5 Grudzinskij M.M., Livchak V.I., Poz M.Ja. Otopitel'no-ventiljacionnye sistemy zdaniij povyshennoj jetazhnosti. – M.: Strojizdat, 1982.
- 6 Naumov A.L., Shil'krot E.O. Povyshenie jefferektivnosti otoplenija i ventiljacji // AVOK. – №1-2. – 1993. – S. 10.
- 7 Lifchak I.F., Naumov A.L. Reguliruemaja ventiljacija zhilyh mnogojetazhnyh zdaniij // AVOK. – №5.– 2004. – S. 8.
- 8 Naumov A.L. Vybor jenergojefferektivnyh sistem kondiionirovanija vozduha ofisnyh zdaniij // AVOK. – №5. – 2005. – S. 20.
- 9 Jurmanov B.N., Derjugin V.V. Jenergo- i resursosberegajushhie napravlenija v reshenii otoplenija, ventiljacji i kondicionirovanija vozduha: Sb. Dokl. VI s#ezda AVOK. – SPb., 1998. – S. 193-198.
- 10 Jenergosberegajushhie tehnologii v sovremenom stroitel'stve. –M.: Strojizdat, 1990.
- 11 Ivanov G.S., Podoljan J.I.A. Jenergosberezhenie v zdaniyah // Jenergija: jekonomika, tehnika, jekologija. – 1999. – №12.
- 12 Bogoslovskij V.N., Poz M.L. Teplofizika apparatov utilizacii tepla sistem otoplenija, ventiljacji i kondicionirovanija vozduha. – M.: Strojizdat, 1983.
- 13 SNIIP II-3-79\*. Stroitel'naja teplotehnika, (izd. 1998 goda).
- 14 Chistovich S.A., Aver'janov V.K. i dr. Avtomatizirovannye sistemy teplosnabzhenija i otoplenija. – M.: Strojizdat, 2007. – 247 s.
- 15 Zakirov D.G. Jenergosberegajushhie tehnologii s ispol'zovaniem teplovyh nasosov, nekotorye problemy ih vnedrenija // V kn. Regional'nye problemy jenergosberezhenija i puti ih reshenija: Tezisy dokladov VI.
- 16 SNIIP P-04.05-91\* «Otoplenie, ventiljacija i kondicionirovanie vozduha».
- 17 SILVIA WILL. Mehanicheskaja ventiljacija v mnogokvartirnyh domah // AVOK. – 2004. – № 5/6. – S. 40-41.
- 18 Jenergojefferektivnyj dom. Principy proektirovanija // IB «Jenergojefferektivnye tehnologii». – 2008. – № 3.