

УДК 338.984

Оценка технико-экономических параметров проектного решения системы кондиционирования

Д-р техн. наук, профессор **Цыганков А.В.** tsygaav@rambler.ru

Иванов А.В.

Леонтьева В.А. valiya2007@mail.ru

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Целью статьи является анализ выбора критериев позволяющих объективно оценивать варианты проектных решений систем кондиционирования и вентиляции воздуха.

В связи с распространенной практикой принятия принципиальных технических решений на основе субъективных оценок, крайне актуальной становится оптимизация выбора критериев учитывающих различные разнонаправленные характеристики и особенности проектируемых систем.

В статье к рассмотрению предлагаются аддитивный и мультипликативный критерии. На примере конкретных проектных решений системы кондиционирования воздуха авторы стремятся проанализировать предпочтительность использования того или иного критерия.

Оценка рассматриваемых проектных решений (4 варианта) проводится на основании двух параметров : капитальных затрат на климатическое оборудование и электрической мощности потребляемой оборудованием в течении года. Указанные параметры рассматриваются как равно значимые. На основании проведенного анализа дается сравнение эффективности и экономичности выбранных систем кондиционирования воздуха.

В заключении статьи делаются выводы и даются рекомендации о целесообразности применения мультипликативного или аддитивного критериев в зависимости от значимости учитываемых параметров.

Ключевые слова: агрегатирование, технико-экономическая характеристика ,проектное решение, система кондиционирования, капитальные затраты, аддитивный критерий, мультипликативный критерии.

Evaluation of technical-economic parameters of the design decision of conditioning system

D. Sc. prof. **Tsygankov A.V.** cigankov.zav.kaf@irbt-itmo.ru

Ivanov A.V.

Leontiev V.A. valiya2007@mail.ru

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

The purpose of the article is to analyze the selections of criteria allowing evaluating options for design solutions of air conditioning and ventilation of air. In connection with a spread practice the adoption of basic technical solutions occur on based on subjective assessments, it is becoming urgent to optimize the selection of criteria , taken into account the different multi directional characteristics and features designed systems.

The article provides a review of additive and multiplicative criteria. The example of specific design solutions of air conditioning the authors aim to analyze the preference use of one or another criterion.

Evaluation of the considered design decisions (4 options) conducted on the basis of two parameters: the capital costs on climate equipment and electric power which consumption occur on the equipment during the year. These parameters are considered likea equally significant. Based on this analysis are compared the effectiveness and economy of selected air conditioning systems.

In conclusion in the article draws conclusions and gives recommendations on the feasibility of using multiplicative or additive criteria depending on the significance of the parameters taken into account.

Keywords: aggregation, technical-economic characteristics, the project design, the project design, conditioning system, capital expenditures, additivecriteria, multiplicative criteria

В настоящее время в арсенале проектировщиков имеются разнообразные машины и аппараты систем кондиционирования воздуха, которые позволяют решать широкий круг задач по формированию микроклимата. Общим направлением совершенствования климатических систем является агрегатирование, т.е. компоновка различного вида систем из унифицированных блоков, используемых как в системах жизнеобеспечения различного назначения, так и в смежных областях. Улучшение технико-экономических характеристик оборудования идет за счет оптимизации рабочих процессов обработки воздуха, интенсификации тепломассообмена, совершенствования технологии производства и использования новых материалов и комплектующих.[1].

Во многих проектных организациях, принятие принципиальных технических решений, по обеспечению микроклимата в обслуживаемых помещениях, происходит на основе субъективных оценок.Проектировщики, как правило, руководствуется такими факторами как опыт, привычка, требования заказчика и прочее.

Аналогичная ситуация происходит с выбором производителей оборудования.Если взять двух проектировщиков, поставить перед ними одинаковую задачу, предоставить одинаковые исходные данные, то в результате получим два разных технических решения.Скорее всего, будут отличаться ипроизводители оборудования. Задав вопрос проектировщику «почему именно этот производитель?»,мы услышим разные ответы, начиная от «скорости подбора» и заканчивая ответом «это качественное оборудование».

Такой подход является сугубо субъективным не имеющим под собой какого-либо логического формализованного обоснования.Обычно, и чаще всего, главными и определяющими факторами является стоимостные характеристики: капитальные затраты на оборудование, стоимость эксплуатации, монтажа и пр. Но очевидно, что эти характеристики разнонаправленные и не отражают многие технические, трудно формализуемые, особенности проектируемой системы: надежность, нагрузку на окружающую среду, удобство обслуживания, эстетическое совершенство и т.д.

Повышение стоимости энергии потребляемой инженерными системами зданий и рост требований к воздушно-тепловому комфорту помещений приводит к необходимости оптимизации проектных решений систем кондиционирования и вентиляции воздуха. Одним из этапов формирования оптимизационной задачи является выбор критериев позволяющих оценивать варианты технического решения. Для систем кондиционирования воздуха эти критерии должны включать санитарно-гигиенические требования к качеству воздуха, требования к микроклимату в помещениях и энергетические затраты на кондиционирование и вентиляцию[2,3].

В настоящей работе проведена оценка проектного решения системы кондиционирования на основании только двух параметров; капитальных затрат на климатическое оборудование иэлектрической мощностипотребляемой оборудованием в течение года. Эти параметры определялись для системы кондиционирования воздуха одного из этажей инфекционной больницы расположенной в Санкт-Петербурге (см. Рис 1).

Обслуживаемые помещения это боксы и боксированные палаты. Принципиальная схема бокса и схема движения воздушных потоков в нем показана на Рис.2.

Рассматривались четыре варианта решения системы кондиционирования воздуха:

- сплит-системы General ,
- VRV-система Daikin,
- VRF-система Lessar,
- система чиллер-фанкойл York.

Для всех вариантов были приняты одинаковые исходные данные: архитектурно-строительная планировка; тепловые нагрузки от людей, оборудования, солнечной радиации; теплоизолирующие свойства ограждающих конструкций и световых проемов; кратность воздухообмена; уровень обеспеченности параметров микроклимата. Капитальные затраты на оборудование приведены на Рис. 3.

Электрическая мощность, потребляемая системами кондиционирования, рассчитывалась на основе реальных погодных данных в г. Санкт-Петербург за период май-сентябрь 2010 года. Потребляемая электрическая мощность для четырех вариантов проектного решения показана на Рис. 4.

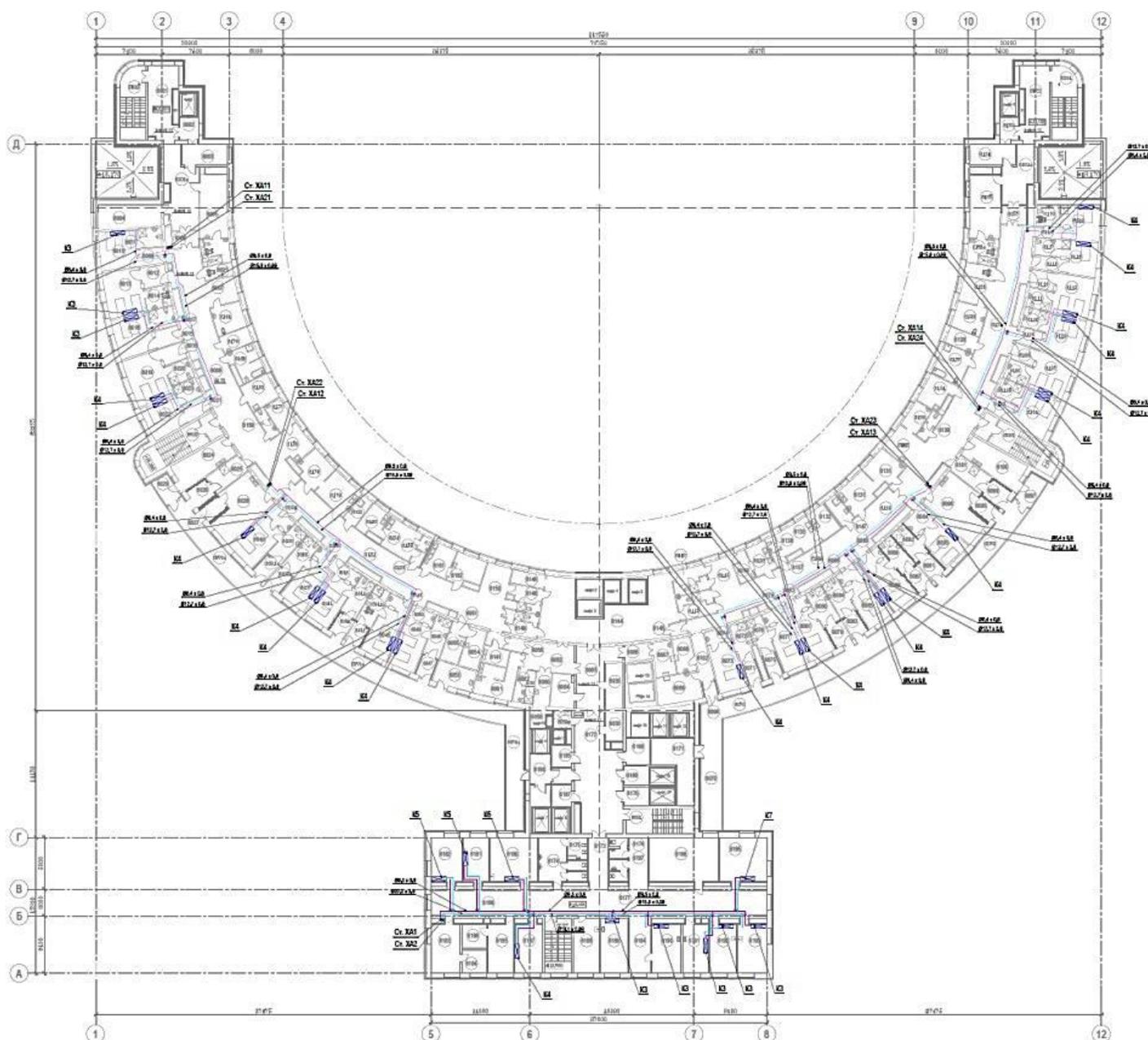


Рис. 1. План этажа инфекционной больницы

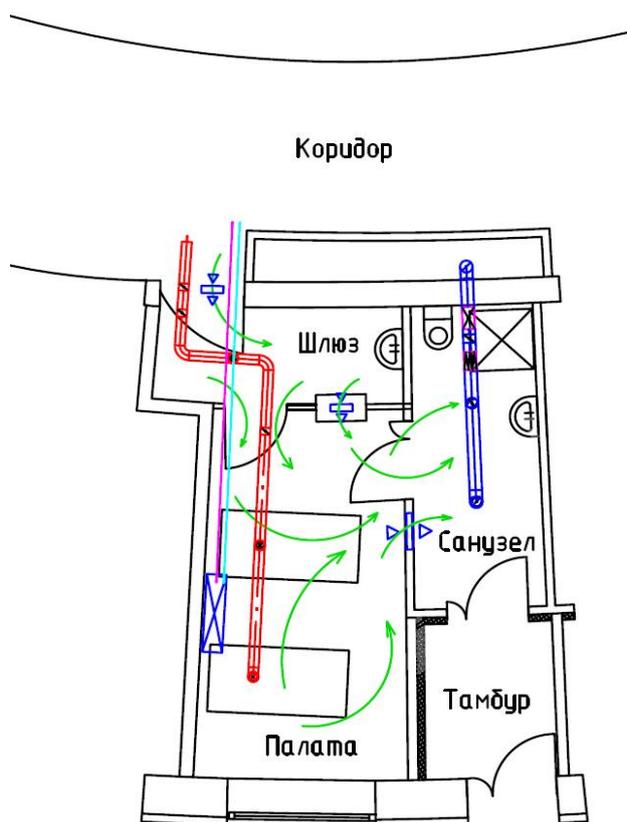


Рис. 2. План бокса

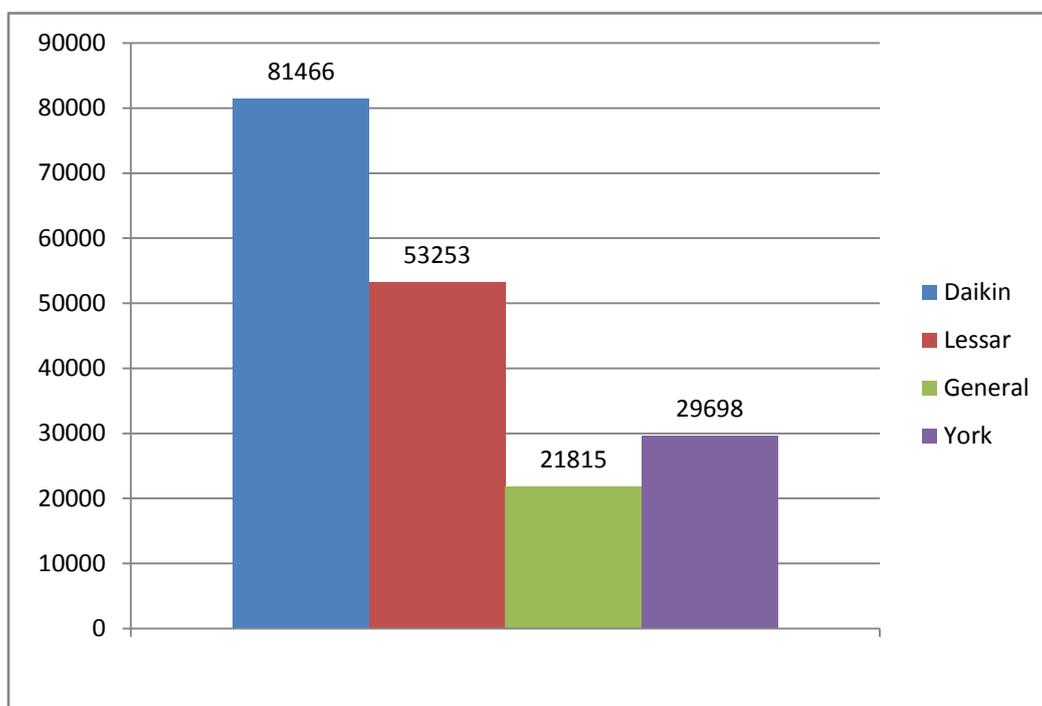


Рис. 3 Капитальные затраты на оборудование, евро

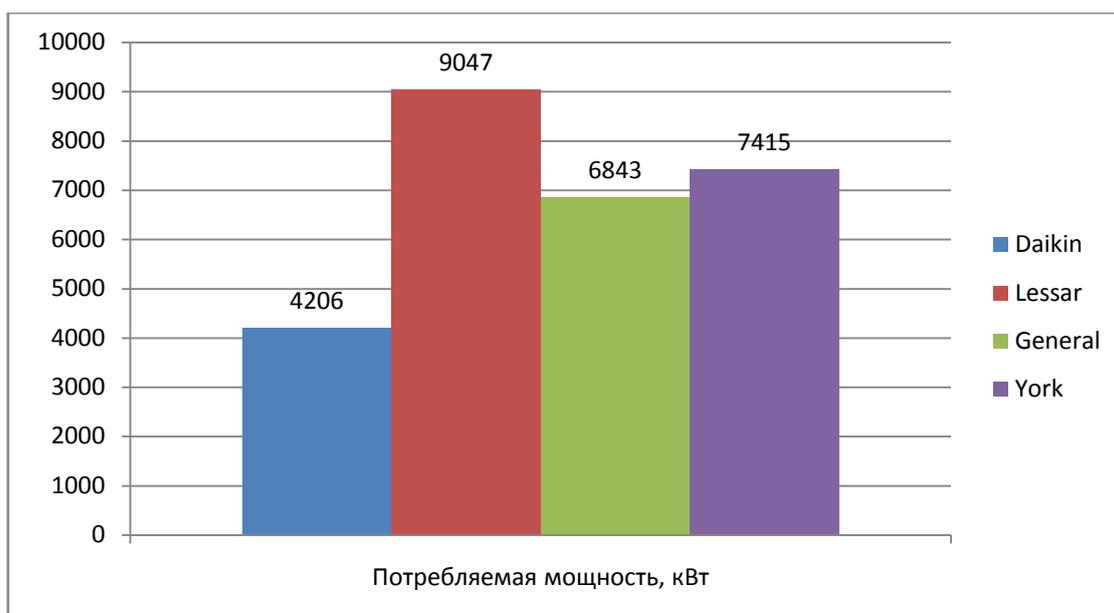


Рис.4. Потребляемая мощность электроэнергии за один год эксплуатации, кВт

Для оценки проектного решения был рассмотрен аддитивный и мультипликативный критерии.

Аддитивный критерий объединяет (свертывает) все частные критерии в одну целевую функцию, представляющую собой взвешенную сумму частных критериев. В нашем случае частными критериями являются капитальные затраты на оборудование и потребляемая электрическая мощность. В общем случае аддитивный критерий имеет вид:

$$F_a(X) = \sum_{j=1}^m \omega_j a_j x_j,$$

где $X = (x_1, x_2, \dots, \dots, x_m)$ — вектор частных критериев, m — число частных критериев, ω_j — весовой коэффициент, a_j — нормирующий множитель. Нормирующие множители найдем из выражения $tg = 1/(x_j^{max} - x_j^{min})$, где x_j^{max} и x_j^{min} — максимальное и минимальное значения соответствующего частного критерия.

Результаты расчета аддитивной оценки, приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчета аддитивной оценки

Варианты технического решения системы КВ	Значение целевой функции F_a	Нормированная оценка
VRV – система (Daikin)	1	0,76
VRF – система (Lessar)	1,32	1,0
Сплит-системы (General)	0,56	0,42
Система чиллер-фанкойл (York)	0,73	0,55

Целевая функция мультипликативной свертки имеет следующий вид,

$$F_m(X) = \prod_{j=1}^m x_j^{\omega_j}$$

Результаты расчета мультипликативной оценки, приведены в Таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчета мультипликативной оценки

Варианты технического решения системы КВ	Значение целевой функции F_m	Нормированная оценка
VRV – система (Daikin)	4,8E+09	0,61
VRF – система (Lessar)	7,9E+09	1,0
Сплит-системы (General)	4,1E+09	0,52
Система чиллер-фанкойл (York)	6,8+09	0,86

При расчете мультипликативных и аддитивных оценок было принято, что весовые коэффициенты частных критериев равны единице, т.е. значение капитальных затрат и величина потребления электроэнергии рассматривались как равно значимые параметры.

Так как при проектировании системы кондиционирования воздуха необходимо стремиться к уменьшению капитальных затрат и потребления электрической энергии, то лучшим будет решение имеющее наименьшее значение целевой функции. Анализ результатов приведенных в таблицах 1-2 показывает, что аддитивная, и мультипликативная оценка отдадут предпочтение техническому решению на основе сплит систем General, худшим, в обоих случаях, является решение на основе VRF – системы (Lessar).

Следует отметить, что второе место аддитивная и мультипликативная свертки отдадут разным решениям. При выборе предпочтительного критерия следует руководствоваться следующими соображениями. Аддитивный критерий имеет возможность неограниченно компенсировать значения одних частных критериев за счет других. Он нечувствителен к крайним значениям слагаемых. Мультипликативный критерий, в отличие от аддитивного резко уменьшается при малых значениях частных критериев, что позволяет исключить нежелательные варианты решения.

Таким образом, для проектов, где все оцениваемые параметры значимы и взаимосвязаны, наиболее целесообразно применение мультипликативной свертки. В случае, когда значение каждого отдельного параметра не является критично значимым и допускается компенсация влияния параметров друг на друга, может быть рекомендована аддитивная свертка.

Список литературы

1. *Гримитлин А.М., Цыганков А.В.* Состояние и перспективы развития систем кондиционирования воздуха // Вестник Международной академии холода. 2013. № 4. С. 47 -50.
2. *Цыганков А.В., Пронин В.А., Штилин Д.И., Алешин А.Е.* Гидродинамический расчет орошаемой колонны с пористыми насадочными телами // Вестник Международной академии холода. 2014. № 2. С. 34 -36.
3. *Алешин А.Е., Цыганков А.В., Рябова Т.В.* Компьютерное моделирование тепломассопереноса в канале регенеративного теплообменника // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2015. № 1. С. 1-7.

4. Цыганков А.В. Моделирование опорных поверхностей приборов точной механики // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2003. – Т.46. № 5 – С. 42-48.
5. Коченков Н.В. Проблема разработки научно-методических основ создания систем кондиционирования воздуха для помещений с разнохарактерными нагрузками // Вестник Международной академии холода. 2014. №3. С. 48 -52.
6. Коченков Н.В., Коченков В.Н. Сравнительная оценка годовых энергозатрат в центральной и децентрализованной системах кондиционирования воздуха // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2014. № 3. С. 37-49.
7. Коченков Н.В., Немировская В.В. Содержательная постановка задачи векторной оптимизации для систем кондиционирования воздуха // Вестник Международной академии холода. 2012. №1. С. 40 - 43.
8. Цыганков А.В., Белоглазова (Фонякова) А.С. Комплексная оценка эффективности систем кондиционирования воздуха в помещениях жилых зданий // Вестник Международной академии холода. 2011. №4. С. 33 -36.
9. Цыганков А.В. Комплексные критерии оценки воздушной среды // В мире научных открытий -2013. - Вып. 46 - №10.1. – С. 15 -19.
10. Цыганков А.В., Цыганкова И.А. Комплексная оценка воздушно-теплого комфорта жилых помещений // Биотехносфера -2011. -№5-6 (17-18). – С. 65 -68.

References

1. Grimitlin A.M., Tsygankov A.V. Sostoyanie i perspektivy razvitiya sistem konditsionirovaniya vozdukha // *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2013. № 4. S. 47 -50.
2. Tsygankov A.V., Pronin V.A., Shpilin D.I., Aleshin A.E. Hidrodinamicheskii raschet oroshaemoi kolonny s poristymi nasadochnymi telami // *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2014. № 2. S. 34 -36.
3. Aleshin A.E., Tsygankov A.V., Ryabova T.V. Komp'yuternoe modelirovanie teplomassoperenosa v kanale regenerativnogo teploobmennika // *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya: Kholodil'naya tekhnika i konditsionirovanie*. 2015. № 1. S. 1-7.
4. Tsygankov A.V. Modelirovanie opornykh poverkhnostei priborov tochnoi mekhaniki // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Priborostroenie*. – 2003. – Т.46. № 5 – С. 42-48.
5. Kochenkov N.V. Problema razrabotki nauchno-metodicheskikh osnov sozdaniya sistem konditsionirovaniya vozdukha dlya pomeshchenii s raznokharakternymi nagruzkami // *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2014. №3. S. 48 -52.
6. Kochenkov N.V., Kochenkov V.N. Sravnitel'naya otsenka godovykh energozatrat v tsentral'noi i detsentralizovannoi sistemakh konditsionirovaniya vozdukha // *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya: Kholodil'naya tekhnika i konditsionirovanie*. 2014. № 3. S. 37-49.
7. Kochenkov N.V., Nemirovskaya V.V. Soderzhatel'naya postanovka zadachi vektornoj optimizatsii dlya sistem konditsionirovaniya vozdukha // *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2012. №1. S. 40 - 43.
8. Tsygankov A.V., Beloglazova (Fonyakova) A.S. Kompleksnaya otsenka effektivnosti sistem konditsionirovaniya vozdukha v pomeshcheniyakh zhilykh zdaniy // *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2011. №4. S. 33 -36.
9. Tsygankov A.V. Kompleksnye kriterii otsenki vozduшной sredy // *V mire nauchnykh otkrytii* 2013. - Вып. 46 - №10.1. – С. 15 19.
10. Tsygankov A.V., Tsygankova I.A. Kompleksnaya otsenka vozduшно-teplovogo komforta zhilykh pomeshchenii // *Biotehnosfera* -2011. -№5-6 (17-18). – С. 65 -68.