
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

MATHEMATICAL MODELING OF ENVIRONMENTAL SYSTEMS

УДК 519.1+621.3

© 2013 Блюмин С.А.¹, Правильникова В.В.²

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ ПЛАВАТЕЛЬНОГО БАССЕЙНА

С помощью методов математического моделирования были изучены системы вентиляции и кондиционирования воздуха в помещении бассейна. В результате применения математических методов расход приточного воздуха для обеспечения параметров микроклимата в соответствии с санитарными нормами уменьшается, обеспечивая ресурсосбережение.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: математическое моделирование, кондиционирование воздуха, ресурсосбережение.

¹д-р физ.-мат. наук, проф., ЛГТУ, г. Липецк, Россия
²аспирант ЛГТУ, г. Липецк, Россия; e-mail: pravilnik@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Воздушный, тепловой, влажностный и газовый режимы помещений здания – это динамические тепломассообменные процессы, происходящие в помещении и здании и определяющие изменение во времени параметров микроклимата – температуры, относительной влажности, подвижности воздуха, концентрации вредных примесей в воздухе помещений здания.

Основные задачи систем вентиляции и кондиционирования воздуха помещений бассейнов заключаются в создании модели параметров расчетного воздухообмена:

- заданного микроклимата (температуры, влажности, и скорости движения воздуха) в обслуживаемой зоне, обеспечивающего санитарно-гигиенические условия для посетителей;

- температурно-влажностного режима в верхней зоне воздушной среды залов, обеспечивающего отсутствие конденсации влаги на внутренних поверхностях ограждающих конструкций и фермах покрытий.

Для предотвращения нежелательной конденсации водяного пара и для обеспечения требуемых параметров микроклимата требуется поддержание относительно высоких температуры воды и воздуха в помещении. Поэтому спортивные и общественные бассейны характеризуются высоким энергопотреблением, что приводит к значительным расходам на их содержание.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Значительная энергоёмкость современных систем вентиляции и кондиционирования требует их со-

вершенствования и развития всей технологии кондиционирования воздуха. Проблема снижения затрат заставляет обратить внимание не только на перспективные технические решения, но и на методы их поиска.

Цель работы – применение математического моделирования как информационной технологии получения новых знаний о структуре, алгоритме и процессах в совершенствуемой системе «воздухоподготовка – воздухопотребление», применение оптимизационного моделирования для оценивания технологических параметров системы вентиляции и кондиционирования и её управления.

Рассматриваются однозонная и многозонная модели вентилируемого помещения, при которых помещение рассматривается в отрыве от здания, что является одним из способов упрощения задачи.

Необходимость расчета параметров микроклимата помещения на основе многозонной модели обусловлена большими размерами помещения в плане и по высоте, а также неравномерностью действия тепловых и газовых источников, наличием протяженных нагретых поверхностей (обходных дорожек), что вызывает стратификацию воздуха по температуре по высоте помещения.

Для моделирования движения воздуха используется уравнение Навье-Стокса [1]:

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (V\Delta)\vec{V} = -\frac{1}{\rho}\Delta P + (v_m + v_t)\Delta\vec{V} - \vec{g}\beta T, \quad (1)$$

где V – вектор скоростей; P – давление; t – время; v_m – молярная вязкость; v_t – турбулентная вязкость; ρ – плотность воздуха; g – ускорение

свободного падения; β – коэффициент объемного расширения воздуха.

Так как скорость движения воздуха небольшая, то считаем, что воздух не сжимается. Добавим уравнение неразрывности, означающее, что при любом движении объем воздуха останется постоянным:

$$\text{div}V = 0. \quad (2)$$

В помещении бассейна также присутствуют источники поступления тепла и влаги, поэтому необходимо учесть дополнительные уравнения, описывающие распространение тепла, влаги и содержания углекислого газа в воздухе рабочей зоны бассейна.

Для составления теплового, влажностного и газового баланса помещения необходимо определить все поступления и потери в помещении. Подробное описание приведено в [2-4]. В помещении действуют две основные категории нагрузок: нагрузки, возникающие снаружи помещения (наружные); нагрузки, возникающие внутри зданий (внутренние).

Системная модель позволяет разрабатывать взаимосвязанные математические описания отдельных элементов систем вентиляции и кондиционирования воздуха в целом. Она инвариантна к процессам, алгоритмам и структурам, подвергаемым описанию.

За количество приточного воздуха необходимо принимать большее из рассчитанных для каждого вида производственных выделений. Полученное значение необходимо проверить на соответствие санитарно-гигиеническим нормам по подаче в помещение наружного воздуха.

Осуществить регулирование объема приточного воздуха в помещении можно одним из двух спосо-

бов. Во-первых, последовательным включением/выключением двух и более вентиляторов или, во-вторых, плавным изменением частоты вращения электроприводов вентиляторов с помощью частотного регулирования. Второй способ наиболее предпочтителен, он помогает сэкономить большое количество энергии, затрачиваемой на подготовку и распределение воздуха [3].

Для определения частоты вращения привода необходимо построить математическую модель воздухообмена. Основной характеристикой вентилятора является подача нагнетателя (количество воздуха) при работе на сеть без статической составляющей напора, пропорциональная частоте вращения нагнетателя [1]:

$$\frac{L_n}{L_i} = \frac{\omega_n}{\omega_i}, \quad (3)$$

где L_n и L_i – текущий и номинальный расход приточного воздуха, м³/с²; ω_n и ω_i – текущая и номинальная частота вращения электропривода вентилятора, об./мин.

Из формулы (3) необходимая частота вращения электропривода в зависимости от необходимого количества приточного воздуха:

$$\omega_n = \frac{L_n \cdot \omega_i}{L_i}. \quad (4)$$

Номинальные характеристики вентилятора указываются в его паспорте.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве объекта применения математических расхода приточного воздуха для регулирования воздухообмена была выбрана система приточной вентиляции плавательного бассейна учебно-спортивного корпуса Липецкого государственного технического университета.

Для расчета количества электроэнергии, которая требуется для функционирования приточной СВКВ с использованием разработанных математических моделей расхода приточного воздуха, была определена оптимальная частота вращения электродвигателя вентилятора с помощью программного обеспечения «Автоматизация системы вентиляции и кондиционирования воздуха в плавательном бассейне» [5].

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование показало, что инженерные системы обеспечивают заданный микроклимат в помещении бассейна в рабочее время, но при этом наблюдается значительный расход энергоносителя в системе нагрева приточного воздуха. Результаты исследования позволяют оптимально регулировать работу инженерных систем, формирующих микроклимат помещений здания, избегая главной проблемы в помещениях такого типа – повышенной относительной влажности воздуха в помещении бассейна. Ведь выход этого параметра за допустимые пределы будет формировать неблагоприятный влажностный режим наружных и внутренних ограждающих конструкций, при котором увеличивается поток водяного пара через материалы ограждений.

Список литературы

1. Беккер А. Системы вентиляции. – М.: Техносфера, Евроклимат, 2007. – 240 с.
2. Правильникова В.В. Оптимизация программы энергосбережения вуза // Молодежь и наука: реальность и будущее: Материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Невинномысск, апрель 2010 г. / Редкол. В.А. Кузьмищев, О.А. Мазур, Т.Н. Рябченко, А.А. Шатохин : в 6 томах. – Невинномысск: НИЭУП, 2010. – Т. 5: Естественные и

прикладные науки. – 615 с. – С. 487-488.

3. Моделирование расчетов в информационно-аналитической системе энергосберегающих вентиляции и кондиционирования воздуха / А.К. Погодаев, С.Л. Блюмин, П.В. Сараев, В.В. Правильникова : Сб. матер. IX Международной науч.-практ. интернет-конф. «ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ – XXI ВЕК», г. Орел, 15 марта – 30 июня 2011 г. – Орел: ОрГТУ, 2011. SD [Электронный ресурс] CD-ROM.

4. Блюмин С.Л., Правильникова В.В. Энергосберегающие системы

управления микроклиматом в плавательных бассейнах // Экология Центрально-Черноземной области Российской Федерации. – 2011. – № 2. – С. 7-10.

5. Программное обеспечение «Автоматизация системы вентиляции и кондиционирования воздуха в плавательном бассейне» / Свидетельство о государственной регистрации в Отраслевом фонде алгоритмов и программ ОФАП № 50201150646 от 11.05.2011 г.

Поступила в редакцию 14.11.2013 г.

Blumin S.L., Pravilnikova V.V. (LSTU, Lipetsk)

MATHEMATICAL MODELING USAGE IN VENTILATION AND AIR-CONDITIONING SYSTEMS OF THE SWIMMING POOL ACCOMMODATION

The given article is devoted to mathematical modeling methods with the help of which we have studied ventilation and air-conditioning systems in the swimming pool accommodation. As a result of mathematical methods usage the incoming air consumption for microclimate parameters provision in accordance with sanitary norms decreases, providing resource-saving.

Key words: mathematical modeling, air-conditioning, resource-saving.

УДК 519.1+621.3

Блюмин С.Л.¹

ГРАФОСТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМ. ЗВЕЗДОЦВЕТЫ КАК ГРАФЫ И ГИПЕРГРАФЫ

Представлены матричные характеристики простейшего звездоцвета, трактуемого как граф и гиперграф.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: звездоцветы, графы, гиперграфы, матрицы инцидентности, валентности, смежности, лапласианы.

¹д-р физ.-мат. наук, проф., ЛГТУ-ЛЭГИ, г. Липецк, Россия;
e-mail: slb@stu.lipetsk.ru

ВВЕДЕНИЕ

Применение разнообразных графовых структур прочно вошло в практику моделирования экосистем. Цветы представляют собой

миниатюрные экологические системы. «Цветочная» терминология давно используется в теории и приложения графов.

* Работа поддержана РФФИ, проект № 11-07-97504-р_центр_а