

Для улучшения систем вентиляции была принята установка приточных клапанов в наружных стенах. Приточный клапан представляет собой цилиндр внутри которого расположен фильтрующий материал. Для нашего проекта выбираем приточный клапан диаметром цилиндра 100мм марки Ровен КП100.

Согласно расчету воздуха в целом по зданию инфильтрационная составляющая воздухообмена составляет 74 м³/ч. Соответственно установка приточного клапан удовлетворяет нормам.

Фактический показатель комфортности здания основанных на относительных показателях по формуле Герасимова [2] входит в категорию «В» и равен 0,07 что даже не удовлетворяет показателей «низкой комфортности». Улучшенные показатели теплопроводности, звукопроводности, светопроводности позволили повысить коэффициент комфортности на 270% и после проведения модернизации он равен 0,26, что находится в пределах средней комфортности. Кроме этого удалось добиться повышения класс энергоэффективности до «нормального».

Список использованных источников:

1. Государственная программа жилищно-коммунального развития "Нұрлы жер" на 2020 - 2025 годы
2. Герасимов А.И, Салтыков И.П., Оценка степени комфортности жилых зданий различных строительных систем, Жилищное строительство.-2011-18-20 с.
3. Ливчак В. И. Обоснование расчета удельных показателей расхода тепла на отопление разноэтажных жилых зданий // АВОК. – 2005. – № 2.
4. Энергосберегающая санация типовых жилых зданий: немецкий опыт для российских регионов Аналитический сборник материалов семинаров Немецкого Общества по международному сотрудничеству (GIZ). Владислав Белов / Бернхард Шварц
5. Доклад «Повышение энергоэффективности жилищного хозяйства в Казахстане: пилотная разработка государственной инвестиционной программы»
6. Бухмиров В.В., Нурахов Н.Н., Косарев П.Г., Фролов В.В. Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий - Москва: Институт качества высшего образования НИТУ «МИСиС», 2014. – 96 с.

УДК 697.341

ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ– ТЕПЛОВЫЕ БАЛАНСЫ И РАСЧЁТНЫЕ ВОЗДУХООБМЕНЫ

Попов Александр Вадимович

sasha.06.popov@mail.ru

Студент Образовательной программы 6В07352-Инженерные системы и сети
Архитектурно-строительного факультета ЕНУ им. Л.Н. Гумилёва,
Астана, Казахстан
Научный руководитель – К.А. Искаков.

Рассматривается теоретическая модель системы кондиционирования на примере здания бизнес-центра с рестораном микрорайона «Шағлытеңіз» города Петропавловск с обоснованиями числовых расчётов. В рассмотрение принимаются параметры внутренних метеорологических условий [1], а также климатические параметры наружного воздуха [3].

Таблица №1 Внутренние метеорологические условия

Внутренние метеорологические условия			
Период года	Температура	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более

	воздуха, °С		
Тёплый	24	55	0,2
Холодный и переходные условия	21	40	0,2

Таблица №2 Параметры наружного климата

Период года	Параметры наружного климата категория «Б»			Барометрическое давление, Па
	Температура, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг	Скорость ветра, м/с	
Тёплый	27,6	62	3	992,2
Холодный	-34,8	-32	4,2	1005,5

В основе проектирования модели лежит инженерный метод расчёта системы. Выполнение работы можно разделить на две основные темы: определение нагрузки на систему, расчёт и построение процесса кондиционирования. Первый этап состоит из следующих частей описанных ниже, по завершению которого определяются параметры нагрузки как в зимний, так и в летний период. В первой части определяются поступление теплоты и влаги от основного источника, а именно от людей. Ниже приведены формулы необходимые для определения параметров.

$$Q_n = n \times q_n \text{ (кДж / ч)}, \quad (1.1)$$

n – число людей кондиционируемого помещения; q_n - полное тепловыделение от человека в состоянии покоя взята с литературы [4].

$$Q_n = k \times n \times \left(\frac{m \times c \times (t_n - t_k)}{z_n} \right) \text{ (кДж / ч)}, \quad (1.2)$$

m -масса одной порции: принято, как 0,5 кг; c - теплоёмкость одного блюда взята с литературы [5]; $t_n; t_k$ - температура блюда при выдаче из сервировочной и при выдачи клиенту; z_n – коэффициент, учитывающий приём пищи для зала ресторана, равный 1.

Так как данное помещение является местом, где люди осуществляют приём пищи, в инженерном методе, использованы следующие формулы на основе литературы [4] для определения дополнительных источников поступление влаги и теплоты.

$$W_n = \frac{n \times w_n}{1000} \text{ (кг / ч)}, \quad (1.3)$$

w_n - выделение влаги от одного человека в состоянии покоя ($\Gamma/\text{ч}$), принято из технической литературы [2].

$$W_n = \frac{Q_n}{(2500 + 1.8 \times 24)} \text{ (кг / ч)}, \quad (1.4)$$

Поступление теплоты от источников искусственного освещения находится по следующей формуле 1.5.

$$Q_{осв} = E \times n \times F \times q_{осв} \times 3,6 \text{ (кДж / ч)}, \quad (1.5)$$

После определения необходимых параметров, для нахождения суммарной тепловой нагрузки в зимний период, а также суммарное поступление влаги в помещение.

$$Q_{общ}^x = Q_n + Q_n + Q_{омн} - Q_{ном} \text{ (кДж / ч)}, \quad (1.6)$$

$Q_{отп}$ - поступление теплоты в помещение от системы отопления; $Q_{пот}$ - потери теплоты из помещения взяты из теплотехнического расчёта;

Вторая часть работы характеризуется подобными формулами, но с температурами для тёплого периода года, что сказывается при выборе значения $q_{\text{л}}$ согласно литературе [4]. После определения поступления теплоты, влаги от пищи и людей, осуществляется определение поступления теплоты от сторонних источников. Первоначально определяется выделение теплоты через светопроводящие конструкции согласно географическому расположению по формуле (1.6), затем определяется поступление теплоты через кровлю, формула (1.7). Для дальнейшего выполнения расчёта используется практический метод определения, в качестве исходного значения принимается сумма наибольшего значения теплопоступления через окна и кровлю, формула (1.8). После чего рассматриваются окна, расположенные перпендикулярно друг другу, суммируется с поступлением теплоты через кровлю согласно формуле (1.9). Полученные значения сравниваются и выбирается большее.

$$Q_{\text{рад}}^{\text{окн.ор}} = F_{\text{окн}} \times q_{\text{окн}} \times A_{\text{окн}} \text{ (кДж / ч)}, \quad (1.7)$$

$F_{\text{окн}}$ - площадь светопроводящей конструкции; $q_{\text{окн}}$ - поступление солнечной радиации через светопроводящую конструкцию для региона с широтой 54° ; $A_{\text{окн}}$ - коэффициент учитывающий тип остекления, исходя из дизайн проекта выбрали внешне зашториваемые окна с металлическим переплётами.

$$Q_{\text{рад}}^{\text{кров}} = F_{\text{кров}} \times q_{\text{кров}} \times A_{\text{кров}} \text{ (кДж / ч)}, \quad (1.8)$$

$F_{\text{кров}}$ - площадь потолка(кровли) определяется следующим образом, площадь пола равна площади потолка; $q_{\text{кров}}$ - поступление солнечной радиации на поверхность кровли для данного региона с широтой 54° ; $A_{\text{кров}}$ - коэффициент теплопроводности конструкции используется из теплотехнического расчёта, выполненного согласно литературе [2];

$$Q_{\text{рад}}^{\text{озр}} = Q_{\text{рад}}^{\text{окн.б}} + Q_{\text{рад}}^{\text{кров}} \text{ (кДж / ч)}, \quad (1.9)$$

$$Q_{\text{рад}}^{\text{озр}} = (Q_{\text{рад}}^{\text{окн.ор}} + Q_{\text{рад}}^{\text{окн.б}}) \times 0.7 + Q_{\text{рад}}^{\text{кров}} \text{ (кДж / ч)}, \quad (1.10)$$

По завершению расчёта производится суммирование значений согласно формуле 1.11

$$Q_{\text{общ}}^{\text{м}} = Q_{\text{рад}}^{\text{озр}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{н}} \text{ (кДж / ч)}, \quad (1.11)$$

Далее определяются количество влаги в помещении в тёплый и холодный период года используется формулу 1.12.

$$W_{\text{общ}} = W_{\text{л}} + W_{\text{н}} \text{ (кг / ч)}, \quad (1.12)$$

Полученные значения используются в формуле ниже (1.13) для построения луча процесса, который необходим для построения процесса кондиционирования для каждого периода года.

$$\varepsilon^{\text{н}} = \frac{Q_{\text{общ}}^{\text{н}}}{W_{\text{общ.т}}} \text{ (кДж / кг)}, \quad (1.13)$$

$\varepsilon^{\text{п}}$ - значение луча процесса для периода года.

После определения луча процесса, осуществляется вторая часть расчёта. Последовательность рассмотрения процессов кондиционирования, следующая: 1. Прямоточная система полного кондиционирования для тёплого периода года (находится расход приточного воздуха). 2. Прямоточная система полного кондиционирования для холодного периода года (расход приточного воздуха принимается по рассмотрению кондиционирования тёплого периода года). 3. Кондиционирование с рециркуляцией для тёплого периода года. 4. Кондиционирование с рециркуляцией для холодного периода года.

Процесс кондиционирования прямоточной системы в летний период.

Полученное значение на основе формулы 1.13 используется в построение луча, началом отчета является нулевая точка id-диаграммы, конечной является значение $\varepsilon^{\text{п}}$. Полученный луч переносится на точку «В», параметр которого описывает внутренние метеорологические условия. Перемещая луч на точку «В», на данном луче устанавливается точка «П», которая соответствует параметрам приточного воздуха из

воздухораспределителей (принимается температура на $3\div 5$ °С ниже температуры в помещении). Далее опускается перпендикуляр на $1\div 3$ °С ниже точки «П», полученный параметр воздуха в воздуховоде обозначается как точка «П'». Опускается перпендикуляр до кривой влажности 95%. Данная линия описывает нагрев в калорифере 2-ой ступени, а на её нижней части располагается точка «О», она описывает параметры воздуха в камере кондиционирования. От точки «О» проводится прямая, описывающая процесс осушение воздуха в форсуночной камере до точки «Н», точка «Н» описывает параметры наружного воздуха в летний период. По завершению расчёта на основании формулы (2.1) определяется объём приточного воздуха для тёплого периода года и составляет $19430 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Расчёт системы кондиционирования в зимний период года.

Для зимней и межсезонной работы расчёт аналогичен с оговоркой на следующие пункты: в зимний период года нагрев в воздуховоде не учитывается, соответственно нагрев происходит от точки «О» до точки «П» процесс нагрева воздуха в подогреватели 2й ступени. Так-как наружный воздух имеет низкое удельное влагосодержание, в связи с этим происходит увлажнение воздуха (подробнее о нахождении написано ниже), от точки «О» параметра увлажнённого воздуха проводится прямая линию по верх удельной энтальпии до пересечения с линией удельного влагосодержания точки «Н» (параметры наружного воздуха в зимний период), в месте пересечения образуется точка «К», перпендикуляр от «Н» до «К» это процесс нагрева в калорифере 1ой ступени.

Расчёт системы кондиционирования в летний период года с рециркуляцией.

Основной ход расчёта схож с прямоточной системой до момента после нахождения точки «О». Относительно точки «В» поднимается перпендикуляр на $0,5\div 2$ °С. Данными параметрами будет обладать воздух в воздуховоде рециркуляции. Далее следует приступить к определению точки «с», данная точка описывает параметры после смешивания приточного и рециркуляционного воздуха. Прочерчивается на i_d -диаграмме линию от точек «в'» и «н», полученному отрезку присваивается значение $l_{в'-н}$ и на основе формулы 2.4 и $l_{в'-н}$ составляем пропорцию 2.1.

$$\frac{l_{в'-н}}{l_{с-н}} = \frac{L_n}{L_s}, \quad (2.1)$$

После выполнения пропорции определяется длинна отрезка $l_{с-н}$, на отрезке $l_{в'-н}$ от точки «н» на расстояние отрезка $l_{с-н}$ ставится точка «С».

Расчёт процесса кондиционирования в холодный период года с рециркуляцией.

Расчёт с рециркуляцией аналогичен прямоточной системы, до пункта после точки «О». Расход приточного воздуха принимается тот, который был найден по построениям и расчёту тёплого периода года, формула (2.2). Объёмный расход наружного (чистого) воздуха формула (2.3).

$$G_n = \frac{Q_{общ}^m}{i_s - i_n} (\text{кг} / \text{ч}), \quad (2.2)$$

$$L = n \times 60 (\text{м}^3 / \text{ч}), \quad (2.3)$$

n – количество людей в помещении; 60 – объём свежего воздуха для человека в $40\div 100$ ($\text{м}^3/\text{ч}$) значение выбирается эмпирическим путём;

Далее определяется объём рециркуляционного воздуха формула (2.4).

$$L_s = L_n = L_p + L_n (\text{м}^3 / \text{ч}), \quad (2.4)$$

L_B – объем удаляемого воздуха ($M^3/ч$); L_n – объем приточного воздуха ($M^3/ч$); L_p –

объем рециркуляционного воздуха ($M^3/ч$); L – объем воздуха с улицы ($M^3/ч$);

Далее следует приступить к определению точки «с», данная точка описывает параметры воздуха после смешивания приточного и части от удаляемого воздуха (рециркуляционного). Для её определения используются два метода. Первый метод: от точки «в» до точки «н» проводится прямая линия. Замеряется длина полученной линии, данному отрезку присваивается значение $l_{в-н}$. После чего на основании формулы 2.2 и $l_{в-н}$ составляется пропорция.

$$\frac{l_{в-н}}{l_{н-с'}} = \frac{L_n}{L_n} \quad (2.5)$$

Для дальнейшего расчёта точка должна соответствовать двум требованиям: точка должна располагаться ниже точке «о», прямая линия от точки «в» до точки «н» не должна пересекать кривую $\phi = 100 \%$. На Id-диаграмме точка «о» располагается выше точки «с'», но пересекает $\phi = 100 \%$. Для выполнения расчёта следует приступить ко второму методу, от точки «с'» поднимается перпендикуляр вверх до пересечения с удельной энтальпией точки «о», тем самым получается точку «с». Проводится линия от точки «в» до точки «с». После чего полученный отрезок продлевается с сохранением уклона до пересечения с удельным влагосодержанием наружного воздуха получая точку «к» - данная точка описывает параметры предварительно нагретого воздуха после калорифера первой ступени. По завершению расчёта системы кондиционирования в зимний период года с рециркуляцией получается требуемый объем воздуха, равный $12000 M^3/ч$.

После выполнения данного инженерного метода был осуществлён подбор и компоновка оборудования на плане здания. Подробнее можно ознакомиться ниже (Рис.1).

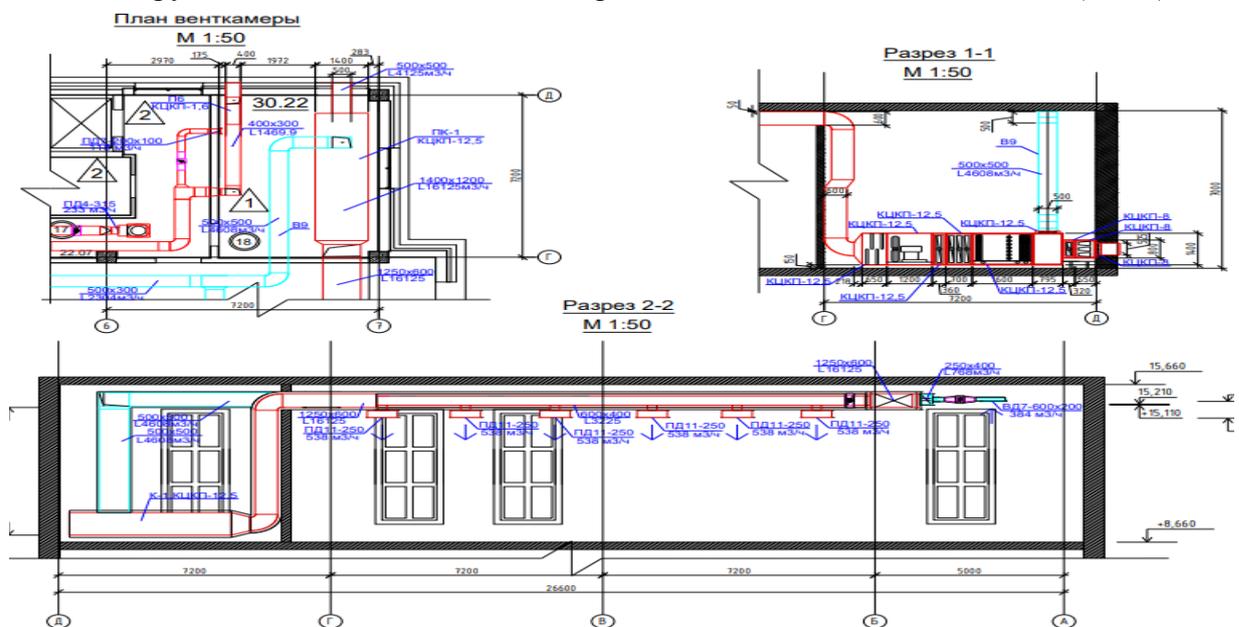


Рис.1 Подбор и компоновка оборудования кондиционирования

Заключение

В ходе практической реализации излагаемого инженерного метода был построен теоретический процесс кондиционирования для общественного здания. Анализ систем с рециркуляцией и без рециркуляции установил следующее: система с рециркуляцией является

более трудозатратной и требуются более высокие вложения, однако в процессе эксплуатации определяется значительное снижение стоимости, помимо прочего при установке должной автоматики возможно более точное регулирование и подстройка под требуемый режим работы. Основное преимущество системы с рециркуляцией - утилизация теплоты, что позволяет получить экономию при охлаждении и нагревании воздуха, требуемого для помещения. На основе расчёта был осуществлён подбор оборудования и выполнена компоновка кондиционера по каталогам компании «ВЕЗА». Для определения параметров оборудования использовались следующие формулы:

$$Q_1 = G_n \times (I_k - I_n)(\kappa B m), \quad (2.5)$$

$$Q_2 = G_n \times (I_o - I_n)(\kappa B m), \quad (2.6)$$

$$Q_k = G_n \times (I_n - I_o)(\kappa B m), \quad (2.7)$$

Формула 2.5 предназначена для нахождения тепловой мощности подогревателя первой ступени, 2.6 подогревателя второй ступени, значения для формул (2.5, 2.6) принимались согласно параметрам зимнего периода года с рециркуляцией. Формула 2.7, параметры чиллера кондиционера приняты согласно параметрам наружного климата тёплого периода года с рециркуляцией.

Список использованной литературы

1. СП РК 3.02-107-2014 Общественные здания и сооружения. – Астана: Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан, 2015 – 92 с.
2. СП РК 3.02-108-2013 Административные и бытовые здания. – Астана: Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан, 2015 – 52 с.
3. СП РК 2.04-01-2017 Строительная климатология. – Астана: Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан, 2017 – 39 с.
4. СП РК 4.02-101-2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Астана: Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан, 2015 – 88 с.
5. Краснов Ю.С. Борисоглебская А.П. Антипов А.В. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям и наладке. - Москва Термокул, 2004 - 369 с.
6. Каталог КЦКП «ВЕЗА-2020» Системы Кондиционирования воздуха. – Москва: Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития регистрационное удостоверение № ФСР 2008/02509 (КМКП), 2020 – 54 с.