МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕКСТИЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени АЛ 1.КОСЫГИ1 ІА

На правах рукописи

ЧУНАЕВ МИХАИЛ ВИКТОРОВИЧ

РАЗРАБОТКА НОВОГО МЕТОДА ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССОВ И МНОГО-

ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АППАРАТА В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

ВОЗДУХА

Специальность 05.17.08 - «Процессы и аппараты химических технологий»

ДИССЕРТАЦИЯ на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель - Заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор техническихнаук, профессор Б.С.Сажин

г. Москва, 2005 г.

Введение 4

Условные обозначения 9

Глава 1. Состояние исследуемого вопроса и задача исследования 10

1.1. Основные процессы в системах кондиционирования воздуха 10

1.2. Технико-экономические показатели оборудования в системах

кондиционирования воздуха 14

1.3. Новые технические решения - аппараты со встречными

закрученными потоками 25

1.4. Постановка задачи исследования 31

Глава 2. Разработка метода и рациональной схемы комплексной

обработки воздуха для повторного использования тепла 35

2.1. Схема утилизации тепла и влаги при комплексной

обработке воздуха 35

2.2. Разработка новых процессов обработки воздуха и их

изображение на i-d диаграммах 41

2.3. Снижение затрат на обработку воздуха способами

вытеснительной вентиляции 45

Глава 3. Разработка и расчет многофункционального аппарата ВЗПМ 48

3.1. Математические модели аппаратов ВЗП 48

3.2. Новая конструкция многофункционального аппарата со

встречными закрученными потоками ВЗПМ 63

3.3. Экспериментальные исследования и расчет многофункцио¬нального аппарата ВЗПМ 66

Глава 4. Математическое моделирование расчета теплопоступлений и

теплопотерь 80

4.1. Математическая модель конвективного теплообмена в помещении 80

4.2. Математическая модель теплопередачи через ограждающие

конструкции 89

4.3. Математическая модель теплопередачи через заполнение

светового проема 99

4.4. Учет внутреннего оборудования в тепловом балансе помещения 107

Глава 5. Разработка методов и средств снижения виброакустической

активности систем вентиляции и кондиционирования 111

5.1. Методика расчета виброизолирующих оснований под

центробежные агрегаты 112

5.2. Расчет и проектирование виброизолирующих оснований

под вентиляционные установки 114

Выводы 134

Литература 135

Приложения 144

В технологических процессах химической, текстильной и других отраслей промышленности находят возрастающее применение аппараты со встречными закрученными потоками (ВЗП). Высокая эффективность и маневренность аппа¬ратов ВЗП позволяет успешно применять их для самых различных технологиче¬ских процессов.

Одной из важных задач в действующих и проектируемых производ-ствах является совершенствование систем кондиционирования воздуха (СКВ) производственных помещений. В данной работе была решена актуальная науч¬ная задача разработки нового метода проведения процессов увлажнения и сме¬шения пылегазовых потоков с одновременным обеспыливанием в СКВ на базе аппаратов ВЗП и создания многофункционального аппарата со встречными за¬крученными потоками ВЗПМ.

Цель работы заключалась в разработке нового метода и рациональной тех-нологической схемы для процессов увлажнения, смешения и обеспыливания воздуха применительно к задаче кондиционирования воздуха производственных помещений с применением аппаратов ВЗП, обеспечивающих возможность по-вторного использования тепла, в том числе при сильно запыленном воздухе. Также в работе представлена разработка методики снижения виброакустическо¬го воздействия вентиляторов, входящих в технологическую схему.

Новый метод тепловлажностной обработки воздуха с использованием ап-паратов ВЗП, позволяет создать энергосберегающую технологию применительно к задачам кондиционирования воздуха производственных помещений и имеет ряд преимуществ по сравнению с существующими решениями.

В разработанной схеме для подготовки наружного воздуха используется малогабаритная установка, а основная масса используемого повторно воздуха обрабатывается в аппаратах ВЗП.

Возможность использования повторно тепла и влаги сильно запыленного воздуха производственного помещения (более 50 мг/м3), позволила для обработ¬ки свежего наружного воздуха применить установку, производительностью 10-

15% от общего объема воздуха, при этом циркуляционный воздух очищается и увлажняется с помощью аппаратов ВЗП, обеспечивающих степень очистки (в том числе и от волокнистых пылей) до 97%. Аппарат ВЗП, впервые применен¬ный для увлажнения воздуха, установленный за пылеуловителем, выполняет также функцию мокрого пылеуловителя и смесителя двух потоков воздуха, что обеспечивает очистку воздуха до санитарных норм.

Разработанная схема позволяет достичь параметров приточного воздуха в более широком диапазоне влажности, понизив тем самым его объем, что дает возможность применения менее мощного климатического оборудования.

Основными преимуществами данного метода является высокая эффектив¬ность обработки воздуха, возможность использования повторно тепла и влаги удаляемого воздуха, существенное снижение стоимости оборудования и сокра¬щение производственных площадей, простота эксплуатации и более стабильная работа всей системы в целом, связанная, в частности, с отсутствием ненадежных фильтров.

Новый метод позволяет избежать выпадения конденсата и его обледене¬ния на стенках лопатки воздушных клапанов, регулирующих поступление хо¬лодного воздуха в камеру смешения.

При разработке технологической схемы, возникла необходимость в аппа-ратурно-техническом оформлении аппаратов ВЗП в соответствии с требования¬ми схемы. На основании данных теоретических и экспериментальных исследо¬ваний был разработан аппарат ВЗПМ со встроенной камерой смешения, обеспе¬чивающий производительность по воздуху до 100000 м3/ч при диаметре рабочей камеры 2000 мм.

В разработанном комбинированном многофункциональном аппарате ВЗПМ в рабочем пространстве первой ступени образуются, как и в классическом аппарате ВЗП, два закрученных в одну сторону, но встречно направленных по¬тока: восходящий - в центральной части камеры и нисходящий - в периферийной части. Для обработки воздуха в камеру подается вода, распыляемая центробеж¬ными тангенциальными форсунками. Под действием центробежных сил капли воды, отбрасываются на вертикальные стенки аппарата и по ним стекают в ниж¬нюю часть камеры. Затем увлажненный воздух выводится из камеры через вы¬хлопной патрубок, расположенный в верхней части аппарата, и поступает в ка¬меру смешения. Часть наружного воздуха, заранее подготовленная в СКВ, через тангенциальный закручиватель подается в камеру смешения, где поток увлаж¬ненного воздуха смешивается с наружным. Увеличение диаметра камеры сме¬шения относительно первой ступени аппарата, где происходит увлажнение и мокрое обеспыливание, обеспечивает падение скорости воздуха в поперечном сечении аппарата и, как следствие, не создавая существенного дополнительного аэродинамического сопротивления, способствует предотвращению каплеуноса. На выходе из аппарата установлен раскручиватель.

Разработанный аппарат позволяет осуществлять адиабатное и политропное увлажнение воздуха с последующим его смешением с воздухом других парамет¬ров. Использование аппарата ВЗПМ применительно к задачам кондиционирова¬ния дает возможность отказаться от использования камеры орошения и камеры смешения в том виде, в каком они представляются в традиционных СКВ, что является большим преимуществом, так как сокращает металлоемкость оборудо¬вания и площадь, занимаемую кондиционером, позволяет осуществлять подго¬товку рециркуляционного воздуха автономно от СКВ. Очистка циркуляционного воздуха с помощью вихревого пылеуловителя ВЗП, способствует более стабиль¬ному протеканию процессов увлажнения и смешения.

Производственный корпус текстильного производства представляет со¬бой сложную архитектурно-конструктивную систему с многообразием состав¬ляющих ее элементов ограждающих конструкций и инженерного оборудова¬ния, в которых протекают различные по физической сущности процессы по¬глощения, превращения и переноса теплоты.

Под действием разности іемператур наружного и внутреннего воздуха и солнечной радиации помещение через ограждающие конструкции в зимнее время теряет, а в летнее получает теплоту. Гравитационные силы, действие вет¬ра и вентиляция создают перепады давлений, приводящие к перетеканию воз¬духа между сообщающимися цехами и к его фильтрации через поры материа¬лов и неплотности ограждений. Перетекание воздуха из одного производствен¬ного цеха в другой является крайне негативным фактором, поскольку воздух содержит в себе не только большое количество пыли, но и различные химиче¬ские добавки, образующиеся, например, при химической отделке ткани. В то же время атмосферные осадки, тепло- и влаговыделения, образованные от обору¬дования и технологических процессов, повышенная разность влажности внут¬реннего и наружного воздуха приводят к влагообмену через ограждения, под влиянием которого возможно увлажнение материалов и ухудшение их тепло¬защиты. Эти факторы негативным образом влияют на работу систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также затрудняют оценить эффек¬тивность утилизации тепла, оптимизировать работу климатической установки и предотвратить возможность установки климатического оборудования завы¬шенной производительности.

Для описания и расчета процессов, вызванных перечисленными фактора¬ми, диссертантом представлены математическая модель конвективного тепло¬обмена в помещении, модель теплопередачи через ограждающие конструкции и заполнение светового проема, а также учет внутреннего оборудования в тепло¬вом балансе помещения. Данные модели позволяют более точно оценить изме¬нение температуры воздуха во внутреннем объеме помещения, что имеет большое значение при применении методов по утилизации тепла и влаги.

Разработанная рациональная схема с аппаратами ВЗП и ВЗПМ, для обес-печения эффективной обработки воздуха в необходимом объеме, включает в свой состав центробежные вентиляторы, являющиеся серьезными источниками шума и вибрации и нарушающими санитарную обстановку на рабочих местах. В связи с этим возникла необходимость в разработке методики по борьбе с шу¬мом вентиляторов с различной скоростью вращения рабочего колеса и смещен¬ным относительно оси центром.

В работе представлены технические решения и методика расчета виброи-золирующих оснований для снижения шума и вибрации центробежных вентиля-торов. Это позволит уменьшить динамические нагрузки на строительные конст-рукции, а также снизить шум в смежных и отдаленных помещениях, возникаю¬щий вследствие передачи вибрации на строительные конструкции. Разработан¬ная методика предусматривает применение виброизоляции в опорном варианте.

В результате проведенной работы удалось:

- разработать новый метод и принципиально новую схему обработки воздуха, позволяющую с помощью аппаратов со встречными закрученными потоками в отличие от традиционных тканевых фильтров, обеспечить степень очистки

•5

воздуха с запыленностью свыше 50 мг/м и решить ряд задач по увлажнению, санитарной очистке и смешению воздуха, с целью повторного использования тепла и влаги;

- разработать новый многофункциональный двухступенчатый аппарат со встречными закрученными потоками ВЗПМ, совмещающий процессы увлаж-нения, мокрой очистки от тонкой пыли и смешения воздуха, отличающийся высокими технико-экономическими показателями;

- разработать математические модели конвективного теплообмена в производ-ственных помещениях применительно к новой технологической схеме с ап-паратами ВЗПМ с учетом тепловыделений технологического оборудования и теплопередачи через ограждающие конструкции производственного корпуса;

- создать методику расчета виброизолирующих оснований для снижения шума и вибрации центробежных вентиляторов, входящих в технологическую схему.

Проведенные исследования показали, что применение разработанной технологической схемы с вытеснительной вентиляцией позволяет более чем в 2 раза сократить требуемую производительность приточных и вытяжных систем по сравнению с известными ранее решениями. Комплекс разработанных техни¬ческих решений позволяет уменьшить расход теплоносителя для нагрева на¬ружного воздуха до 50%.

Предложенные решения приняты к реализации на ряде промышленных химических и текстильных предприятий («Мосшелк», «Новоивановская ману-фактура», «Московский ткацко-отделочный комбинат» и др.).

ОСНОВНЫЕРЕЗУЛЬТАТЫИВЫВОДЫ

 Разработанновыйметодипринципиальноноваясхемаобработкивоздухадляхимическихтекстильныхидругихпредприятийсповышеннымпылевыделениемпозволяющаяспомощьюаппаратовсовстречнымизакрученнымипотокамивотличиеоттрадиционныхтканевыхфильтровобеспечитьстепеньочисткивоздухасзапыленностьюсвышемгмирешитьрядзадачпоувлажнениюсанитарнойочисткеисмешениювоздухасцельюповторногоиспользованиятеплаивлагисодержащихсявудаляемомизпроизводственногоцехавоздухе

 РазработанновыймногофункциональныйдвухступенчатыйаппаратсовстречнымизакрученнымипотокамиВЗПМсовмещающийпроцессыувлажнениямокройочисткиоттонкойпылиисмешениявоздухаотличающийсявысокимитехникоэкономическимипоказателямиИспользованиеразработаннойсхемысаппаратомВЗПМпозволилосократитьгабаритыоборудованиясущественносократитьзатратытеплоносителянанагревнаружноговоздухадоиэксплуатационныезатраты

 РазработаныматематическиемоделиконвективноготеплообменавпроизводственныхпомещенияхприменительнокновойтехнологическойсхемесаппаратамиВЗПМсучетомтепловыделенийтехнологическогооборудованияитеплопередачичерезограждающиеконструкциипроизводственногокорпуса

 Созданаметодикарасчетавиброизолирующихоснованийдлясниженияшумаивибрацииимеющихсявсхемецентробежныхвентиляторов

 ПроведенныеисследованияпоказаличтоприменениеразработаннойтехнологическойсхемысвытеснительнойвентиляциейпозволяетболеечемвразасократитьтребуемуюпроизводительностьприточныхивытяжныхсистемпосравнениюсизвестнымиранеерешениямиКомплексразработанныхтехническихрешенийпозволяетуменьшитьрасходтеплоносителядлянагреванаружноговоздухадо

 ПредложенныерешенияпринятыкреализациинарядепромышленныххимическихитекстильныхпредприятийМосшелкНовоивановскаямануфактураМосковскийткацкоотделочныйкомбинатидр