FRI-9.2-1-THPE-11

TECHNOLOGICAL SCHEME OF INDUSTRIAL AIR-CONDITIONING IN PHARMACY

MSc. Eng. Yordan Penev, PhD student
Department of Termotechnics, Hydraulics and Ecology,
"Angel Kanchev" Univesity of Ruse
Phone: +359 898 307 371
E-mail: ypenev@uni-ruse.bg

Assist. Prof. Pencho Zlatev, PhD
Department of Termotechnics, Hydraulics and Ecology,
"Angel Kanchev" Univesity of Ruse
Phone: +359 882 383 200
E-mail: pzlatev@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Valentin Bobilov, PhD
Department of Termotechnics, Hydraulics and Ecology,
"Angel Kanchev" Univesity of Ruse
Phone: +359 895 777 216
E-mail: bobilov@uni-ruse.bg

Abstract: *Industrial air conditioning units aim to provide a suitable environment for a process being carried out, regardless of internal heat and humidity loads and external weather conditions. It is the needs of the process that determine conditions, not human preference. Industrial air conditioners find applications in cleanrooms for the production of pharmaceuticals in which very high levels of air cleanliness and control of temperature and humidity are required for the success of the process. The present paper discusses the important aspects to be taken into considerations during air conditioning of pharmaceutical clean room areas and gives an insight towards its efficient designing.*

Keywords: *Air conditioning, Cleanroom, Pharmacy, Energy.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Нуждата от чисти помещения най-напред е осъзната в областта на медицината и е свързана с желанието да се намали замърсяването в операционните зали. С течение на времето по света се установяват много, характерни за различни сектори и региони изисквания и стандарти за чисти помещения, които в момента са заменени от единен международен стандарт – ISO 14644 – 3, 2005.

Обикновено под наименованието чисто помещение се има предвид помещение с намалена запрашеност в сравнение с комфортната климатизация.

Дефинирането на класа на чистота на въздуха е въз основа на броя частици с определена големина в единица обем. Осигуряването на съответния клас на чистота спрямо изискванията на потребителя налага предприемането на специални мерки за ограничаване на източниците на прах. Тези източници могат да бъдат външни и вътрешни. Вътрешни източници са машини, технологичен процес, хора в помещението. Външен източник е свежия и рециркулационния въздух, ако е допустимо (2011. Вентилация на чисти помещения. *Инженеринг Ревю*).

Основно изискване към системата за климатизация на чисти помещения е целогодишното поддържане на подходящи параметри на микроклимата, както и подаването на достатъчно количество въздух за отвеждане от помещението на топлопритоците и на праховите частици съгласно класа на чистота. Чистите помещения във фармацевтиката са

необходими, за да се контролира наличието и възпроизводството на „живи” частици, които биха довели до нежелан бактериален растеж и допълнително замърсяване (Meshram, K., 2017).

ИЗЛОЖЕНИЕ

Обект на изследване е климатична инсталация за поддържане на микроклимат в чисти помещения във фармацевтичен завод за твърди лекарствени форми. Заводът е сред най-модерните в Европа, като 90% от продукцията се изнася извън територията на България.

Проектирането на чисти помещения поставя високи изисквания в сравнение с традиционните инсталации за контрол на температурата и влажността. Други фактори могат да включват контролиране на частици, електростатични, молекулярни и газообразни замърсявания; контрол на въздушния поток; херметизация; управление на звука и вибрациите; индустриални и инженерни аспекти; оформление на производственото оборудване (Lizardos, E. 2007). Основната задача при проектирането на чистата стая е да се контролират изискуемите параметри на микроклимата, като същевременно се целят минимални разходи за монтаж и експлоатация. Основни разходи /инвестиционни и експлоатационни/ се падат на хладилните агрегати и секционните климатични камери.

Чистите помещения се класифицират според броя частици в един кубичен метър при даден размер на една частица. Въздухът в типична градска среда съдържа $35x10^6$ частици с диаметър, по-голям от 0.5 μm, на един кубичен метър, което съответства на чиста стая от клас 9 по ISO – най-ниското ниво по стандарта за чиста стая (International Standard ISO 14644-3 2005).

Помещенията, които са обект на изследване в настоящия доклад, трябва да отговарят на клас на чистота ISO 8 съгласно единен международен стандарт – ISO 14644 – 3, 2005.

Класификацията по класове е представена в таблица 1.

Таблица 1. Класове на чистота съгласно ISO 14644-3

	Брой частици на m³					
Клас	**≥ 0,1 μm**	**≥ 0,2 μm**	**≥ 0,3 μm**	**≥ 0,5 μm**	**≥ 1,0 μm**	**≥ 5,0 μm**
ISO 1	10	2				
ISO 2	100	24	10	4		
ISO 3	1.000	237	102	35	8	
ISO 4	10 000	2 370	1 020	352	83	
ISO 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
ISO 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
ISO 7				352 000	83 200	2 930
ISO 8				3 520 000	832 000	29 300
ISO 9				35 200 000	8 320 000	293 000

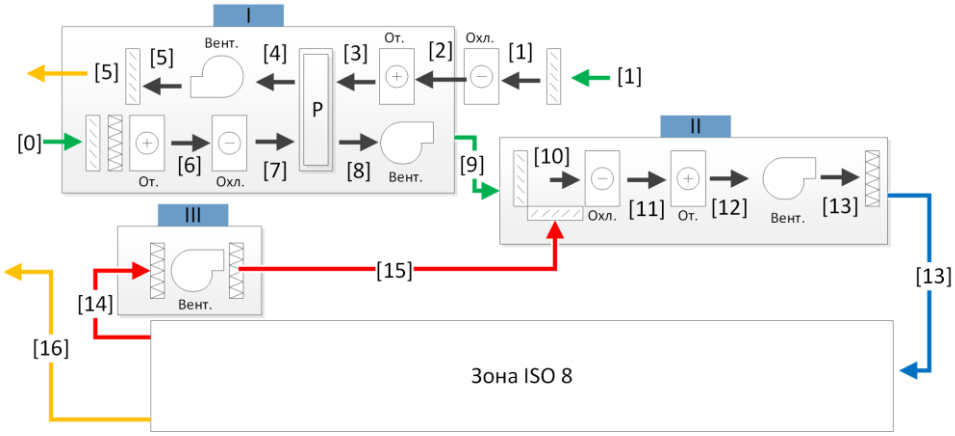
Целта на настоящия доклад е да се покаже вида на климатичното оборудване, необходимо за поддържане параметрите на микроклимата във фармацевтично предприятие.

Установено е, че в летен режим при повишена относителна влажност на външния въздух, възникват отклонения в параметрите на микроклимата в климатизираните помещения. Поради тази причина в настоящия доклад не се разглежда зимния режим на инсталацията.

През лятото стойностите на температурата в помещенията трябва да варира в диапазона от 22°C до 25°C, а относителната влажност - в границите между 30% и 65%. При някои

специфични технологични процеси се изисква относителна влажност, която да бъде в граници от 25% до 35%. Смяната на технологичния процес изисква и промяна на желаните параметри в заданието на климатичната камера.

Технологичната схема на обекта на настоящето изследване е показана на фигура 1. Вижда се, че климатичната инсталация е изградена от три секционни климатични камери /СКК/, намиращи се на разстояние една от друга. Основните секции, от които са съставени трите СКК, са вентилаторна, охладителна, нагревателна, смесителна, филтърна и секция с въртящ се регенератор. В регенератора протичат процеси на топло и влагообмен.



Фиг.1. Технологична схема на СКК за поддържане на микроклимат в чисти помещения

В показаната технологична схема елементите са следните:

- ✓ I СКК за първоначална обработка. Тя служи за груба филтрация и изсушаване на свежия въздух, постъпващ от атмосферата;
- ✓ II СКК за окончателна обработка на подавания в климатизираната зона въздух;
- ✓ III СКК за частична рециркулация.

Проектни параметри на въздушните потоци от технологичната схема на фиг.1 са представени в таблица 2.

Таблица 2. Основни параметри на обработвания въздух

Параметри на въздуха		**Номер на специфична точка от технологичната схема**									
		0	***1***	***2***	***3***	***4***	***7***	***8***	***10***	***13***	***14***
V	*m^3/h*	7000	2000	2000	2000	2000	7000	7000	24000	24000	17000
t	*°C*	38	38	20	140	42.5	12	34.3	26.3	10	23
φ	*%*	40	40	90	0.5	63	94	10	45	98	70
d	*g/kg*	16.7	16.7	13.2	13.2	36.5	8.7	3.3	10	7.5	13.1

Вижда се, че въздухът търпи значителна обработка, докато бъдат достигнати желаните параметри.

Външният въздух с параметри в точка 1 преминава през повърхностен топлообменник преди СКК I, където бива охладен от работен флуид с температурен режим 7/12°C. Вследствие на това температурата на въздуха се понижава, а относителната му влажност се покачва /състояние т.2/. След това преминава през нагревателна секция, която се захранва с пара с температура 165°C и налягане 6 bar. На входа на регенеративното колело загретият въздух се намира в състояние т.3. В точка 4 той вече се е охладил и е отнел значително количество влага от процесния въздух, след което бива изхвърлен в атмосферата.

Процесният въздух, който се използва за климатизация на помещенията клас ISO 8, бива засмукан от атмосферата с параметри в точка 0. След това е охладен от охладител с температурен режим 7/12°C, при което се отделя количество влага от въздуха чрез процес на

кондензация. Подава се към регенеративното колело с параметри в точка 7 и излиза изсушен и загрят до състояние т.8. С тези параметри се подава към смесителната секция на СКК II. Това е свеж въздух, който е около 30% от подавания към помещенията обработен въздух. Останалите 70% е рециркулационен въздух, който се засмуква от помещенията, филтрира се в СКК III и се подава към смесителната секция на СКК II. След смесването си двата потока въздух се намират в състояние т.10. Смесеният въздух преминава през охладителна секция, където бива охладен от работен флуид с температури 7/12°C, филтрира се чрез HEPA филтри и се подава към зоната с параметри в точка 13.

Повърхностния калорифер /на водна пара/ има за цел и да дезинфектира въздуха от нежелани микроорганизми, освен че намалява относителната влажност на въздуха.

Основен елемент в климатичната инсталация е ротационният регенератор. Неговата роля е да изсуши свежия въздух.

Топлообменната повърхност на регенеративното колело, през която преминават двата потока въздух, е разделена в съотношение 1:3. Регенеративния поток въздух, описан от процесите в точките 1,2,3,4, преминава през 25% от общата топлообменна повърхност на регенеративното колело. Той е загрят до температура от 140°C, вследствие на което относителната му влажност намалява до 0.5 %. Така се получава процес на топло- и влагообмен между регенеративния и процесния поток въздух. Регенеративният въздух предава топлина на процесния, който е описан от процесите в точките 0,7,8, и отнема количество влага от него. Процесният въздух преминава през останалите 75% от топлообменната повърхност на ротационния регенератор.

Тежък режим за климатичната камера се получава при високи външни температура и относителна влажност. Такъв проблем се появява при дъждовни дни. Също така ежедневно в помещенията се налага измиване на стени и под, при което се повишава влагосъдържанието на въздуха. Тези две причини натоварват работата на климатичната инсталация и това води до нарастване стойността на относителната влажност в помещенията извън допустимите стойности на стандарта.

ИЗВОДИ

Използването на ротационния регенератор е добро решение за кондициониране, но в дъждовен период не е способен да отнеме достатъчно количество влага от пресния въздух.

Рециркулационният въздух от помещенията също е с висока относителна влажност, вследствие на миенето и това допълнително натоварва климатичната инсталация. Затова се налага изсушаване на смесения въздух от повърхностен охладител преди да бъде подаден към помещенията.

Преваляването има случаен характер, който не може да бъде контролиран. Това налага предварително следене на промените в атмосферните условия и предварителен контрол на заданието на климатичната инсталация.

Необходимо е оптимизиране на процесите и намаляване на енергийните разходи за изсушаване и дезинфектиране на въздуха.

REFERENCES

Lizardos, E. (2007). *Clean Spaces*. Armstrong, R., Cooper, K., Lama, P. (eds.) (2007) ASHRAE Handbook HVAC Applications. Chapter 16, 16.1-16.19.

International Standard ISO 14644-3 (2005). Classification of air cleanliness. Cleanrooms and associated controlled environments. Part 1, 1-23.

Meshram, K., (2017). *Air conditioning for Cleanroom Applications-A Review*. International Journal of Current Engineering and Technology, March, 187-190.

Вентилация на чисти помещения. (2011). *Инженеринг Ревю*, 7, 90-94. София: Издателство „Ти Ел Ел Медиа ООД”