

Research of the Temperature and Humidity Processes in the Air Conditioning Apparatus Varying Air Ion Concentration

Marchenko V. G.

Odessa National Academy of Food Technologies
Odessa, Ukraine

Abstract. To create comfortable conveniences for people in the room, we have to process the indoor air in the AC apparatus. Depending on given air parameters in the room, the air processing comprises the next steps: heating, cooling, wetting, drying. Except the compliance of the temperature and humidity parameters of air, we must control its ionic composition. Thereby, the experimental analysis of the air preparing in the AC apparatus is given in this article. Thank to that analysis, we can estimate the ionic and deionic impact on the air space in the specific processes of the air preparing. According to the results of experiments, we have identified, that the air temperature varying does not have significant effect on the ionic concentration. The ionic increasing after electric heater is not associated with air temperature. It is the consequence of the electron extrication from the surface of the heating element. Reducing ion moving the high air humidity decreases the concentration of the lightweight ions. The increasing of the ions in the spray-type air washers is explained by ballo-electric effect of spraying water drops, but not the air humidity rising.

Keywords: air conditioning apparatus; air temperature; air humidity ionization; ion moving; ballo-electric effect.

Cercetarea proceselor termice și de umiditate în aparatele de climatizare a aerului, care modifică componența aeroionică a aerului

Marcenco V.G.

Academia Națională a tehnologiilor Alimentare din Odesa
or. Odesa, Ucraina

Rezumat. În articol se prezintă rezultate analizei proceselor termice și de umiditate caracteristice în tehnologia de tratare a aerului în climatizoare, care substituie necesitatea utilizării fenomenelor de ionizare și deionizare a aerului. Se constată, că variațiile temperaturii aerului nu au un impact semnificativ asupra concentrației ionilor în aerul tratat. Creșterea numărului de aeroioni după încălzitor nu este corelat direct cu temperatura fluxului de aer, dar este o consecință a procesului de injecție în acest flux a electronilor de pe suprafața materialului încălzitorului. Umiditatea ridicată a aerului conduce la reducerea mobilității ionilor și ca urmare se micșorează concentrația aeroinilor cu masa mică (ușori). Creșterea cantității de ioni din celule de irigare de tip duză se explică de efectul baloelectric de fragmentare și de pulverizare a picăturilor de apă, ci nu de umiditatea aerului.

Cuvinte-cheie: climatizoare, temperatura aerului, umiditatea aerului, ionizare, mobilitatea ionilor, efectul baloelectric.

Исследование термовлажностных процессов в аппаратах кондиционирования воздуха, изменяющих аэроионный состав воздуха

В. Г. Марченко

Одесская национальная академия пищевых технологий.
г. Одесса, Украина

Аннотация. В данной статье, проведен анализ термовлажностных процессов обработки воздуха в аппаратах кондиционирования воздуха, изменяющих ионизирующее и деионизирующее воздействие на воздушную среду. Установлено, что изменение температуры воздуха не оказывает существенного влияния на концентрацию ионов. Увеличение числа аэроионов после нагревателя не связано непосредственно с температурой воздуха, а является следствием процесса выхода электронов с поверхности материала нагревательного элемента. Высокая влажность воздуха снижая подвижность ионов, приводит к уменьшению концентрации легких аэроионов. Повышение количества ионов в камерах орошения форсуночного типа объясняется баллоэлектрическим эффектом дробления и распыления капель воды, а не насыщением воздуха влагой.

Ключевые слова: аппараты СКВ; температура воздуха; влажность воздуха; ионизация; подвижность ионов; баллоэлектрический эффект.

Введение

Чтобы создать комфортные условия пребывания человека в помещении, необходимо обработать приточный воздух в аппаратах СКВ. В зависимости от заданных параметров воздуха в помещении, его обработка состоит из соответствующих этапов его подготовки: нагрева, либо охлаждения, увлажнения, либо осушения.

Многие авторы в своих работах [3-7] отмечают, что каждый этап подготовки воздуха, в той или иной степени, изменяет его аэроионный состав. Также кроме соблюдения термовлажностных параметров воздуха, необходимо контролировать его ионный состав [1, 2].

В связи с этим, в данной статье, проведен анализ процессов подготовки воздуха в аппаратах СКВ, благодаря которому, можно оценить ионизирующее и деионизирующее воздействия на воздушную среду в конкретных процессах его обработки.

I. АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Н. Ф. Вернигоров [3], изучив влияние искусственной вентиляции на ионизацию воздуха, установил следующее: после прохождения наружного воздуха через увлажнители, число аэроионов увеличивается по сравнению с наружным воздухом; при увлажнении преобладают легкие аэроионы; после прохождения воздуха через вентиляционные установки без увлажнения и очистки водой содержание аэроионов уменьшается.

Р. Ф. Афанасьева [4] провела серию опытов, в которых установила, что включение электронагревателей, расположенных после фильтра, дает значительное повышение числа легких аэроионов; Влияние влажности на уменьшение концентрации легких аэроионов отмечалось только при возрастании ее до 70%. Прохождение воздуха сквозь камеру орошения сопровождается повышением концентрации легких аэроионов преимущественно отрицательного знака.

В работе [5] рассмотрено исследование в метеорологической камере, которое показало, что металлические пластины калорифера уменьшали концентрацию легких аэроионов на 50 – 55%. Значительное увеличение содержания аэроионов, преимущественно отрицательного знака, наблюдалось после камеры орошения, где происходило разбрызгивание

воды форсунками навстречу движущемуся потоку воздуха.

А. А. Шилкин провел исследования в зрительном зале театра [6]. При работе нагревательных устройств суммарная концентрация легких аэроионов составляла 750 ион/см^3 , при работе камеры орошения – 1890 ион/см^3 . Через 1,5–2 ч после входа зрителей концентрация легких аэроионов снизилась до 630 ион/см^3 . При дальнейшей работе камер орошения воздуха содержание легких и тяжелых аэроионов (в основном, отрицательных) продолжало повышаться и в присутствии зрителей – до 2590 ион/см^3 легких аэроионов. При одновременных нагревании воздуха и работе камеры орошения концентрации легких аэроионов возрастают еще больше, концентрация тяжелых повышается в меньшей степени.

Приведенное в работе [6] исследование Л. Г. Давидяна демонстрирует увеличение уровня концентрации легких аэроионов за счет прохождения воздуха через камеру орошения, где происходит его насыщение мельчайшими заряженными частицами воды, приобретающими заряд при разбрызгивании воды форсунками.

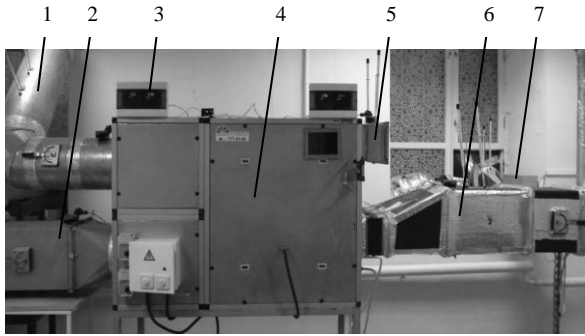
А. А. Шилкин, С. П. Соловьев в своих работах [7] утверждают, что при подогреве воздуха число легких аэроионов в приточном воздухе не только не снижается, но даже несколько возрастает за счет роста концентрации положительных легких аэроионов.

II. ЦЕЛЬ СТАТЬИ

Провести исследование термовлажностных процессов обработки воздуха в аппаратах СКВ. На основе которого можно будет сделать выводы о ионизирующем и деионизирующем воздействии этих аппаратов на воздушную среду.

III. ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В настоящей работе для проведения исследования был изготовлен экспериментальный стенд рис. 1. Установка предназначалась для создания различных условий обработки воздуха, поэтому было принято решение о использовании двух несмешивающихся потоков воздуха. В воздуховоде каждого потока был установлен осевой вентилятор, с регулируемой скоростью вращения.



1 – выход первого (вспомогательного) воздушного потока; 2 – выход второго (контрольного) воздушного потока, место установки МАС-01; 3 – приборы измерения; 4 – камера орошения; 5 – вход второго воздушного потока; 6 – вход первого воздушного потока; 7 – нагреватель.

Рис. 1. Экспериментальный стенд

В камере орошения размещалась поперечноточная насадка, где осуществлялся теплообмен между двумя потоками воздуха. При этом поверхность одной стороны насадки смачивалась водой для увлажнения одного из потоков воздуха.

Помимо пленочного увлажнения были созданы условия мелкодисперсного распыления воды дисковым увлажнителем miniNEB F2075 рис. 2.



Рис. 2. Дисковый увлажнитель miniNEB F2075.

Для нагрева потока воздуха использовался каналный электрокалорифер рис. 3.



Рис. 3. Канальный электрокалорифер.

Для измерения аэроионного состава воздуха использовался малогабаритный аэроионный счетчик МАС-01 (ООО «НТМ-

Защита», РФ) рис. 4, характеризующийся диапазоном измерения концентрации положительных и отрицательных ионов $102...106 \text{ см}^{-3}$ и пределами допускаемой погрешности: $\pm 50\%$ в поддиапазоне от 100 до 700 см^{-3} ; $\pm 40\%$ в поддиапазоне от 700 до 106 см^{-3} . Для получения достоверных данных фиксируемая величина концентрации аэроионов определялась как среднее значение по 10...15 показаниям прибора для каждой полярности.

МАС-01 размещался в центре выходного сечения воздуховода после камеры орошения, по которому проходил контрольный поток воздуха. Благодаря регулированию скорости вращения вентиляторов, скорость воздуха в канале поддерживалась около 1 м/с. Это обеспечивало нормальную работу счетчика.



Рис. 4. Малогабаритный аэроионный счетчик МАС-01.

В опыте с нагревателем, МАС-01 располагался в центре воздушного канала после нагревателя на расстоянии 1 м для соблюдения норм эксплуатации счетчика.

IV. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

В работах [4, 6, 7] отмечается, что, нагрев воздуха в калорифере способствует повышению концентрации аэроионов. В связи с этим было интересно выявить, высокая концентрация ионов обеспечивается температурным фактором или на концентрацию аэроионов влияет сам калорифер. Эксперимент состоял из двух этапов: нагрев воздуха в калорифере и нагрев за счет теплообмена с другим потоком воздуха через стенку. То есть на обоих этапах процесс обработки воздуха соответствовал линии t_1-t_2 рис. 5. Второй этап позволил убрать прямое воздействие нагревателя на контрольный поток воздуха.

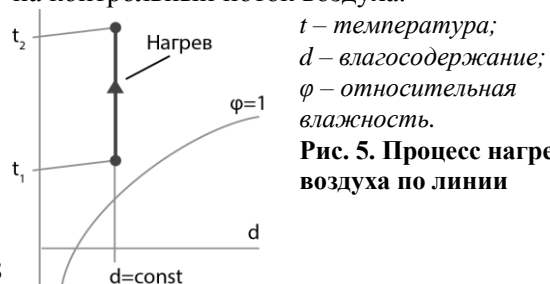


Рис. 5. Процесс нагрева воздуха по линии

$d=\text{const}$ в диаграмме влажного воздуха.

По результатам измерений первого этапа – нагрев в калорифере, построен график рис. 6. Можно сделать вывод, что с ростом температуры воздуха происходит увеличение ионов обоих знаков.

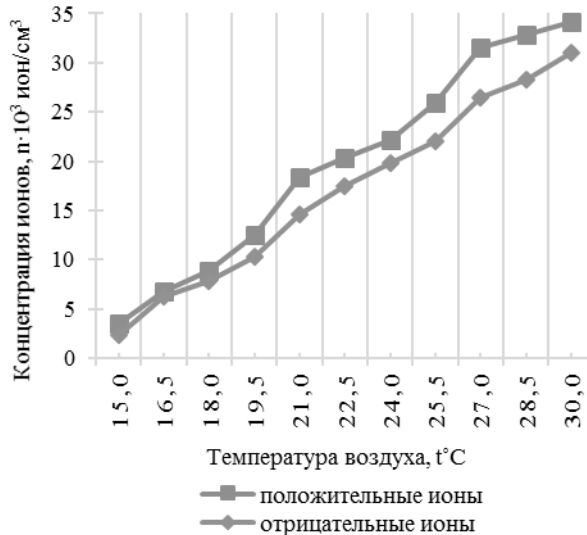


Рис. 6. Изменение концентрации легких аэроионов при нагреве воздуха в электрокалорифере.

На втором этапе в калорифере нагревался вспомогательный поток воздуха, который затем проходил через поперечноточную насадку и через стенку нагревал контрольный поток воздуха. В насадке потоки воздуха не смешивались, что позволило убрать процесс влагообмена. Благодаря этому нагрев воздуха также, как и на первом этапе соответствовал линии увеличения температуры по $d=\text{const}$ рис. 5.

В данном опыте не наблюдалось значительного увеличения или уменьшения концентрации аэроионов обоих знаков рис. 7. Из этого следует, что концентрация ионов была примерно постоянной.

Теперь по результатам этих двух опытов можно сделать несколько заключений.

Изменение температуры воздуха при постоянном влагосодержании не приводит к интенсивному образованию легких аэроионов.

Рост концентрации ионов после нагревателя, не связан с повышением температуры воздуха, а объясняется процессом освобождения электронов с поверхности материала нагревательного элемента [8, 9].

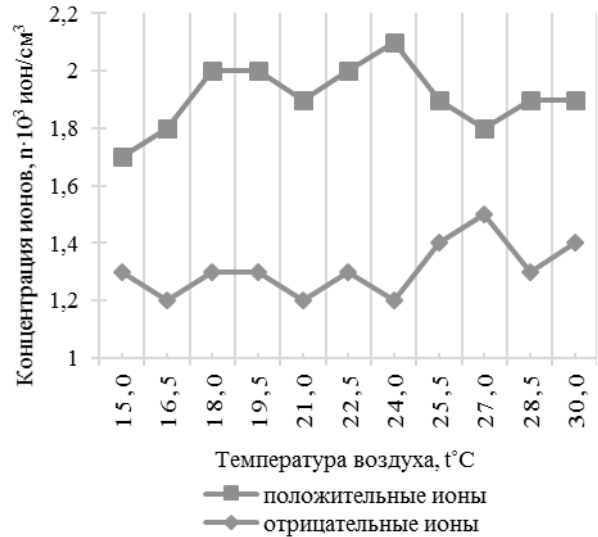


Рис. 7. Изменение концентрации легких аэроионов при нагреве воздуха в поперечноточной насадке.

V. ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

В своих опытах авторы [3 – 6] отмечают, что после камер орошения, концентрация ионов увеличивается, особенно отрицательных. В работе [10] утверждается, что движущая сила данного явления достигается за счет баллоэлектрического эффекта, заключающегося в электризации мельчайших капель жидкости, при их дроблении и распылении. В связи с этим представлялось интересным проследить тенденцию роста ионов при увлажнении воздуха смоченной насадкой.

Поэтому эксперимент был разбит на два этапа: увлажнение воздуха при контакте с поверхностью воды и увлажнение за счет разбрызгивания капель воды. Процесс обработки воздуха соответствовал линии d_1-d_2 рис. 8.

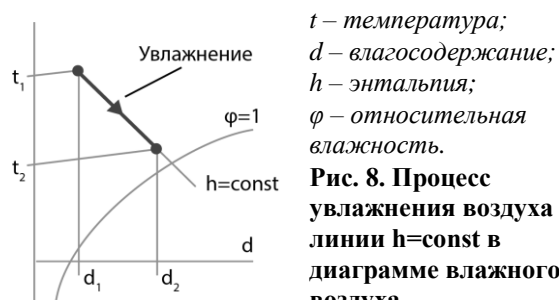


Рис. 8. Процесс увлажнения воздуха по линии $h=\text{const}$ в диаграмме влажного воздуха.

По данным опыта первого этапа был составлен график рис. 9, демонстрирующий незначительное снижение концентрации аэроионов обоих знаков.

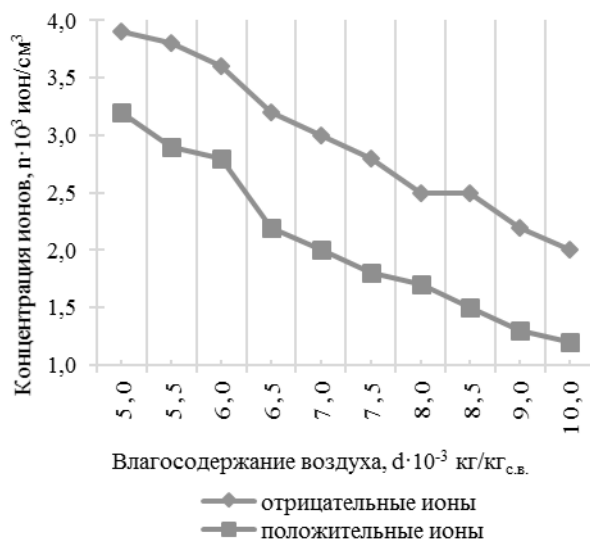


Рис. 9. Изменение концентрации легких аэроионов при увлажнении воздуха в смоченной водой насадке.

На втором этапе вместо смачиваемой насадки использовался дисковый увлажнитель miniNEB F2075. Процесс увлажнения соответствовал той же линии, что и в первом этапе, но воздух увлажнялся за счет дисперсного распыления воды.

Результаты опыта отображены на графике рис. 10. Видно, что концентрация ионов увеличивается по мере роста влажности воздуха.

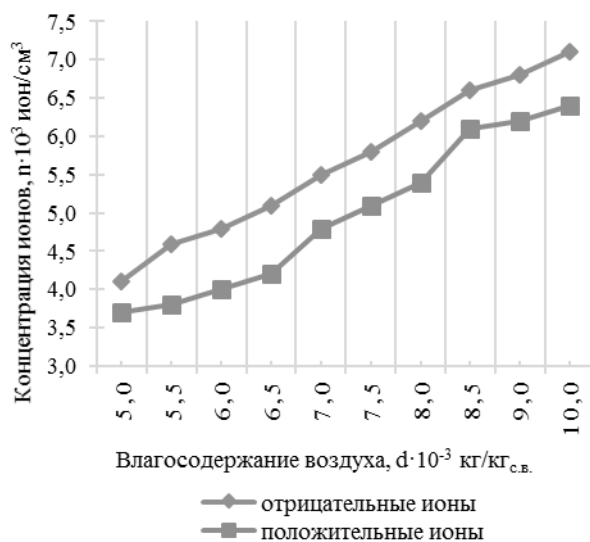


Рис. 10. Изменение концентрации легких аэроионов при увлажнении воздуха распылением капель воды.

Проанализировав графики экспериментов, можно сделать следующий вывод. Повышение количества ионов наблюдается только при распылении жидкости. А увлажнение воздуха в контактных аппаратах, приводит к уменьшению концентрации ионов. Данное

явление можно объяснить снижением подвижности ионов при высокой влажности воздуха [6, 10].

VI. Выводы

Изменение температуры воздуха не оказывало существенного влияния на концентрацию ионов.

Увеличение числа аэроионов после нагревателя связано не с температурным фактором, а с явлением выхода электронов с поверхности материала нагревательного элемента.

Увеличение температуры воздуха в помещении при работе системы отопления способствует повышению концентрации легких аэроионов. Но данный эффект вызван не температурой воздуха, а её косвенным воздействием на строительные материалы ограждающих конструкций. Как показывают работы [11, 12] рост температуры воздуха способствует более интенсивной эманации радиоактивных веществ из стен помещения, которые дополнительно ионизируют воздух.

Снижая подвижность ионов, высокая влажность воздуха, приводит к уменьшению концентрации легких аэроионов.

Повышение количества ионов в камерах орошения форсуночного типа объясняется баллоэлектрическим эффектом дробления и распыления капель воды, а не насыщением воздуха влагой.

Следует отметить, что в камере орошения преобладают ионы отрицательного заряда.

Литература (References)

- [1] Sotnikov A.G. [Design and calculation of the ventilation and air conditioning system] Proektirovanie i raschet sistem ventilyatsii i konditsionirovaniya vozduha Polnyiy kompleks trebovaniy, ishodnykh dannykh i raschetov informatsii dlya SO, SPV, SKV, SGVS I SHS. t.1. – SPb. 2013. 423 p. (in Russian).
- [2] SN 2152. [Sanitary norms of admissible levels of air ionization of industrial and public buildings] Sanitarno-gigienicheskie normy dopustimyykh urovney ionizatsii vozduha proizvodstvennykh i obschestvennykh pomescheniy. – M.: Minzdrav SSSR. 1980. 7 p. (in Russian).
- [3] Vernigorov N.F. [The comparative studying of the air ionization and the factors influencing on it in a production environment and other conditions of Krasnodar territory] Srovnitelnoe izuchenie ionizatsii vozduha i faktorov, vliyayuschih na nee v proizvodstvennoy obstanovke i nekotorykh drugih usloviyakh Krasnodarskogo kraja: Avtoreferat dis. na soiskanie uchenoy stepeni

- kandidata meditsinskih nauk / Astrah. gos. med. in-t im. A. V. Lunacharskogo 1968. (in Russian).
- [4] Afanaseva R.F. [The dynamics of the air ion concentration in the public buildings and its sanitary-indicative value] Dinamika kontsentratsii legkih ionov v vozduhe obschestvennyh pomescheniy i ee sanitarnopokazatelnoe znachenie – Avtoref. diss. kand. med. nauk. – M. 1960. 14 p. (in Russian).
- [5] Barkalov B.V., Karpns E.E. [Air conditioning in the industrial, public and residential buildings] Konditsionirovanie vozduha v promyishlennyh, obschestvennyh i zhilyh zdaniyah – 2-e izd. pererab. i dop. M.: Stroyizdat. 1982. 312 p. (in Russian).
- [6] Shilkin A.A., Gubernsky U.D., Mironov A.M. [The aeroionic mode in civilian buildings] Aeroionnyi rejim v grajdanskikh zdaniyah – M.: Stroizdat. 1988. 168 p. (in Russian).
- [7] Shilkin A.A., Solovov S.P. [The aeroionic mode of the building while the household air conditioners BC-1500 and BC-2500 are working] Aeroionnyiy rezhim pomescheniy pri rabote bytovyih konditsionerov BK-1500 i BK-2500 //Elektrotehn. promyishlennost. Ser.: Bytovaya elektrotehnika. – Vyip. 3(64). 1981. 1–3 p. (in Russian).
- [8] Guman A.K. [The ion generator based on thermionic emission] Generator aeroionov, osnovannyiy na termoelektronnoy emissii //Aeroionizatsiya i gidroaeroionizatsiya v meditsine /Materialyi Vsesoyuzn. konf. po aero- i gidroaeroionizatsii. – Tashkent. 1962. 257–261 p. (in Russian).
- [9] Portnov F.G. [Electronic aerosol therapy] Elektroaerozolterapiya – Riga: «Zinatne». 1976. pp. 200 (in Russian).
- [10] Segal R.V., Gaysinskiy Yu.F. [The research of the droplets behavior produced after crushing a jet of liquid] Metodika issledovaniya povedeniya kapel, obrazuyuschihsya posle drobleniya strui zhidkosti– TOHT, – t.15, 1981. 784–786 p. (in Russian).
- [11] Doklad Nauchnogo komiteta OON po deystviyu atomnoy radiatsii za 1977 g. [Sources and effects of the ionizing radiation] Istochniki i deystvie ioniziruyushey radiatsii [Sources and effects of the ionizing radiation]. – T, 1, – Nyu-York. 1978. 405 p. (in Russian).
- [12] Krisyuk E.M. [The radiation and hygienic assessment of the building materials] Radiatsionno-gigienicheskaya otse-nka stroitelnyh materialov – L.: Leningradskoe NII radiatsionnoy gigiyeni. 1976. 17 p. (in Russian).

Сведения об авторе.



Марченко Валерий Григорьевич – аспирант кафедры «Холодильных машин, установок и кондиционирования воздуха» ОНАПТ. Сфера научных интересов – системы кондиционирования воздуха.
E-mail: valery.marchenko777@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5922-870X