

Zdzisław Jan Małecki, Izabela Małecka

POPRAWA STANU MIKROBIOLOGICZNEGO POWIETRZA W PRZEMYŚLE SPOŻYWCZYM

Streszczenie

Wentylacja w przemyśle spożywczym w sensie technicznym jest to wymiana powietrza w pomieszczeniach w celu usunięcia zbędnego ciepła i poprawienia stanu mikrobiologicznego. Skażenia mikrobiologiczne urządzeń technologicznych oraz urządzeń i instalacji m. in. wentylacyjno - klimatyzacyjnych, mają wpływ na rozwój bakterii chorobotwórczych. Zarazki przyczepiają się do cząstek pyłu znajdującego się w powietrzu, dlatego obserwuje się wzrost liczby zarazków wraz ze wzrostem zapylenia. Urządzenia wentylacyjne (klimatyzatory) mogą przenosić różne bakterie chorobotwórcze np. powodujące zapalenie płuc (choroba legionistów).

Powstawanie punktu rosy, przy stosunkowo wysokiej temperaturze i wilgotności względnej, może przyczynić się z dużym prawdopodobieństwem do pogorszenia się warunków mikrobiologicznych (mogą wystąpić tzw. zarodki kondensacji). W przemyśle spożywczym występują często zanieczyszczenia w postaci substancji zapachowych pochodzących z procesów technologicznych. W ostatnim czasie szerokie zastosowanie znalazły przewody tekstylne wykonane z tkaniny poliestrowej spełniające także funkcję filtrów powietrza. Niezależnie od poprawy rozwiązań technologicznych należy likwidować pierwotne i wtórne skażenia mikrobiologiczne poprzez zastosowanie: wysokosprawnych filtrów powietrza, czyszczenia i dezynfekcji instalacji wentylacyjnej, lamp bakterioobójczych.

Słowa kluczowe: instalacja wentylacyjna, skażenie mikrobiologiczne, filtry powietrza, kanały poliestrowe.

WPROWADZENIE

Rozwój cywilizacyjny ciągle zmienia nasze życie. Jedną ze zdobyczy jest znaczny rozwój technologii w przemyśle spożywczym. Z jednej strony przyjemnie jest przebywać w nowoczesnych klimatyzowanych halach produkcyjnych a z drugiej strony mogą one stanowić pośrednio śmiertelną pułapkę dla człowieka w następstwie stworzenia warunków do rozwoju niepożądanych bakterii [Malicki M. 1980].

Wentylacja w sensie technicznym jest to wymiana powietrza w pomieszczeniach w celu usunięcia zbędnego ciepła i/lub zanieczyszczeń, co skutkuje utrzymaniem w pomieszczeniu założonego stanu powietrza. W wielu przypadkach wentylacja może tylko nie dopuścić do nadmiernego pogorszenia tego stanu.

dr hab. inż. Zdzisław Jan MAŁECKI – Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Inżynierii Lądowej i Wodnej „Euroexbud” w Kaliszu.

mgr inż. Izabela MAŁECKA – doktorantka Politechniki Wrocławskiej, Wydział Inżynierii Środowiska.

Zgodnie z zaleceniami Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), obiekty budowlane w tym budynki przemysłu spożywczego, w których ponad 30% użytkowników jest niezadowolonych z warunków mikroklimatu wewnętrznego, uznaje się za „budynki chore”. Badania nad „syndromem chorych budynków” (SBS – Sick Buildings Syndrome) pozwoliły zidentyfikować czynniki mające negatywny wpływ na samopoczucie ludzi, czystość i świeżość powietrza, trwałość konstrukcji i instalacji budowlanych. Są to, poza oczywistymi czynnikami jak temperatura i wilgotność powietrza, także podwyższone stężenia zanieczyszczeń gazowych (chemicznych), pyłowych i mikrobiologicznych. W ostatnim czasie zauważa się dążenie do poprawy jakości układów wentylacyjnych na etapie projektowania oraz konserwacji instalacji wentylacyjnych (zmniejszenie zagrożenia mikrobiologicznego) [Pełech A. 2009].

Skażenia mikrobiologiczne urządzeń technologicznych oraz urządzeń i instalacji m.in. wentylacyjno-klimatyzacyjnych, mają wpływ na rozwój bakterii chorobotwórczych. Tradycyjny nadzór nad produkcją żywności o charakterze inspekcyjnym jest zastępowany innymi formami działań, w których dominują działania zapobiegające i korygujące zgodne z sentencją, że „lepiej zapobiegać niż leczyć”.

Zarazki są mikroorganizmami pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego. Mają kształty kuliste, cylindryczne, spiralne i nitkowate, rozmnażają się przez podział. Grubość tych mikroorganizmów wynosi ok. 0.5 do 1.0 μm , zaś długość od 1 do 5 μm , ilość (zawartość) w powietrzu zarazków jest zmienna. Zarazki przyczepiają się do cząstek pyłu znajdującego się w powietrzu, dlatego obserwuje się wzrost liczby zarazków wraz ze wzrostem zapylenia. Urządzenia wentylacyjne (klimatyzatory) mogą przenosić różne bakterie chorobotwórcze np. powodujące zapalenie płuc (choroba legionistów). Bakterie (legionelli) rozwijają się najlepiej w temperaturze 32^o do 42^o C, natomiast w temperaturze 65^o C stają się nieszkodliwe. Zapobieganie rozwojowi tych bakterii opiera się na starannym doborze miejsca pozyskiwania (zasysania) powietrza zewnętrznego i jego oczyszczeniu (filtrowaniu) przy użyciu wysokosprawnych filtrów [Recknagel H. i in. 1994].

Organizm człowieka posiada pewne zdolności dostosowania się do warunków otoczenia. Zdolności te są jednakże ograniczone. W określonym zakresie parametrów powietrza człowiek czuje się najlepiej. Ogólny wpływ czynników zewnętrznych na intensywność oddawania ciepła przez ciało ludzkie charakteryzuje tzw. zdolność chłodząca środowiska otaczającego. Zdolność chłodząca środowiska jest odpowiednia, kiedy powoduje taką wymianę ciepła pomiędzy ciałem człowieka a otoczeniem, jakiej w danej chwili wymaga poziom metabolizmu organizmu [Pełech A. 2009].

WADLIWA EKSPLOATACJA INSTALACJI UKŁADU WENTYLACJI MECHANICZNEJ ORAZ SPOSOBY POPRAWY

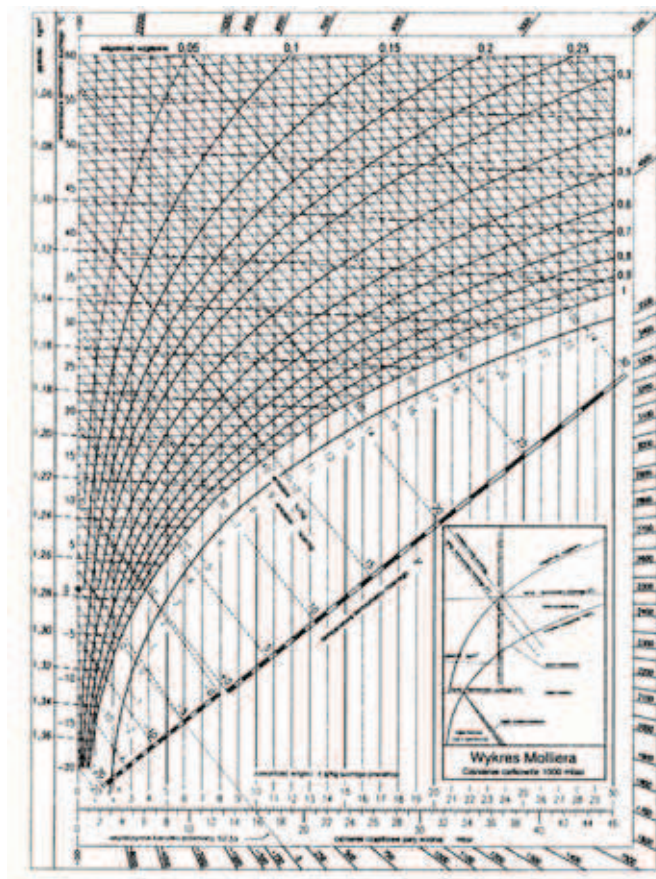
Przykłady wadliwej eksploatacji

W okresie niskich temperatur zewnętrznych powietrza „zbliżanie się” do minimalnej temperatury nawiewu powietrza (np. 16 °C), ustalonej obliczeniowo i empirycznie przez producenta centrali wentylacyjnej może skutkować: powstawaniem punktu rosy

(rys. 1) w strefie nawiewu a tym samym przy stosunkowo wysokiej temperaturze wewnętrznej i wilgotności względnej (para technologiczna), może przyczynić się z dużym prawdopodobieństwem do pogorszenia się warunków mikrobiologicznych (rozwoj bakterii) [Nantka M i in. 1998].

W następstwie powstawania punktu rosy mogą wystąpić tzw. zarodki kondensacji, pod pojęciem których rozumie się małe cząstki o średnicy ok. 0,01 do 0,1 μm zawarte w powietrzu, na których osadza się para wodna przy przesyleniu powietrza. Zarodki te są bardzo małe i dlatego nie zachowują się zgodnie z prawem Stoke'asa. Traktuje się je jako ciała rozpuszczone lub zawieszono w powietrzu i określa się całość jako układ koloidalny.

Natomiast w okresie niskich temperatur zewnętrznych powietrza, obniżenie temperatury nawiewanego tegoż powietrza poniżej minimalnej temperatury nawiewu, ustalonej przez producenta centrali wentylacyjnej, pomimo, że nie osiągnięto temperatury „ustawionej” na czujniku przeciwwymarzaniowym (np. 10 $^{\circ}\text{C}$) może spowodować zjawisko „obmarzania” nagrzewnicy wodnej (nawet z dodaniem do wody 30% glikolu) co



Rys. 1. Wykres i-x (wykres Moliera) dla powietrza wilgotnego

w konsekwencji może odciąć dopływ do węzownicy nagrzewnicy mediów grzewczych a tym samym wystąpi zamarznięcie nagrzewnicy.

Przy wilgotności względnej powyżej (około) 70% para wodna może „lekką” wykraplać się na zimnych (chłodniejszych) przegrodach a mianowicie: oknach zewnętrznych, przegrodach wewnętrznych, powierzchniach krutek wentylacyjnych nawiewnych itp. Wysoka temperatura w pomieszczeniu powoduje, że wilgotność względna w pomieszczeniu nabiera decydującego znaczenia, ponieważ silnie wzrasta wpływ odparowywania wody. W następstwie procesów technologicznych ciepło (jawne) oddawane jest przez konwekcje i promieniowanie oraz ciepło utajone przez odparowywanie [Pełech A. 2009].

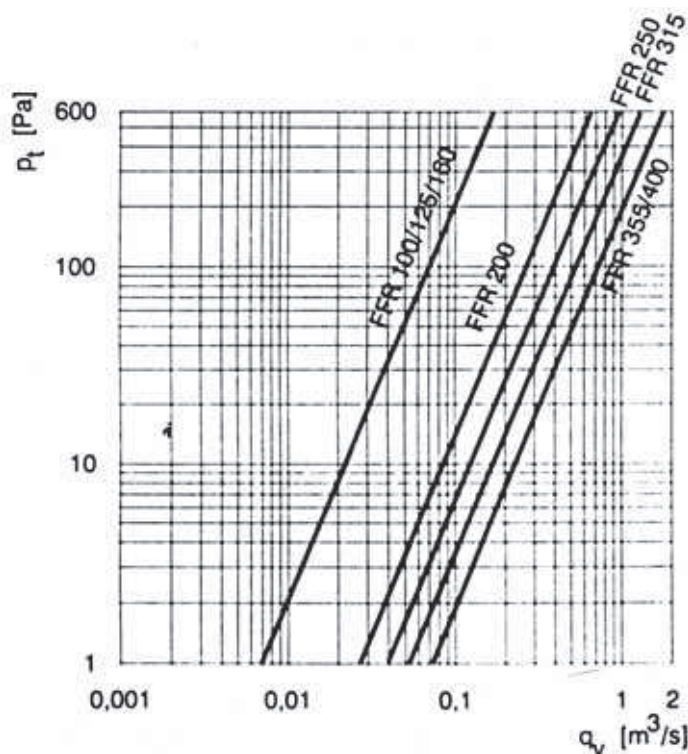
W pomieszczeniach produkcyjnych przemysłu spożywczego gdzie muszą być zachowane wysokie standardy mikrobiologiczne, jeśli mamy do czynienia z dużymi zyskami ciepła pochodzącymi między innymi od procesów technologicznych przy stosunkowo dużej wilgotności względnej (często od procesów technologicznych tzw. „otwartych” stosowana jest para) należy skutecznie poprawić:

- warunki komfortu cieplnego człowieka,
- stan mikrobiologiczny powietrza w pomieszczeniu poprzez:
 - zastosowanie schładzania powietrza chłodnicami strefowymi, które od strony projektowej wymagają szczegółowego dopracowania związanego z wyeliminowaniem do minimum tzw. „środowiska wilgotnego” w chłodnicy, sprzyjającego rozwojowi bakterii,
 - zastosowanie układu wentylacji nawiewno-wyciągowej z regulacją temperatury.

Natomiast w pomieszczeniach tzw. suchych o podwyższonym standardzie unoszący się pył w strumieniu powietrza, osiada na elementach stałych budowli, instalacjach itp., powodując emisję substancji drażniących drogi oddechowe oraz przyczynia się do przenoszenia zarasków jako mikroorganizmów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Zaraski przyczepiają się do cząstek pyłu znajdującego się w powietrzu, dlatego też obserwuje się wzrost liczby zarasków wraz ze wzrostem zapylenia. Ilość zarasków można zmniejszyć stosując odpowiednie filtry, a z drugiej strony istnieje obawa, że w filtrach mogą pojawić się pleśnie i roztocza. Należy pamiętać, że podczas eksploatacji, w miarę zanieczyszczania się filtra, spadek ciśnienia na tym elemencie stopniowo się zwiększa. Nadmierna strata ciśnienia jest więc wskazaniem do wymiany wkładu filtracyjnego (rys. 2, tab. 1).

System filtracji powietrza powinien być dobrany dla prognozowanego stopnia zanieczyszczenia powietrza z uwzględnieniem wymaganej skuteczności filtracji powietrza dla wentylowanego obiektu.

Dobry filtr powinien mieć odpowiednią powierzchnię filtracji w stosunku do strumienia przepuszczanego powietrza. Zamontowany filtr powietrza powinien być wyposażony w czujnik różnicy ciśnień (presostat), który przekaże sygnał do regulatora informujący o przekroczeniu nastawionego, dopuszczalnego oporu przepływu, co jest jednoznaczne z koniecznością dokonania zabiegów konserwacyjnych. Filtry wstępne można regenerować poprzez trzepanie lub pranie w standardowych środkach piorących. Filtry wyższych klas są zawsze filtrami jedнокrotnego użytku.

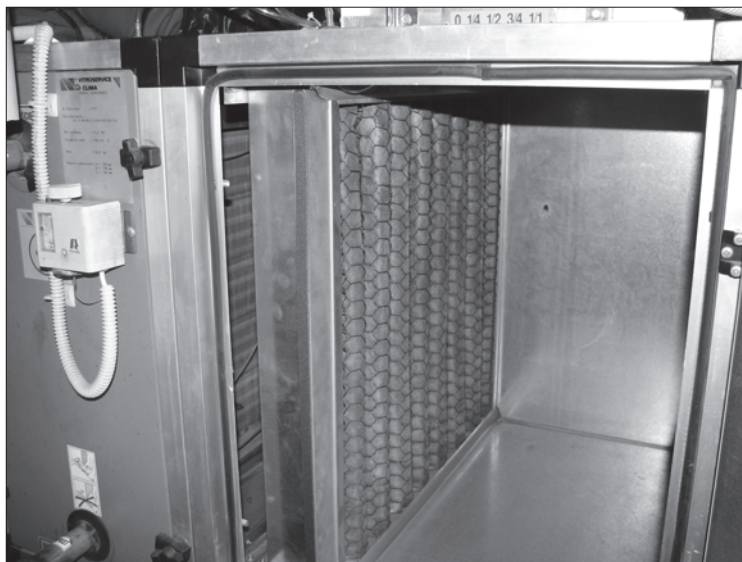


Rys. 2. Nomogram spadku ciśnienia dla filtra klasy EU5 typ FFK produkcji Kanalfläkt w zależności od czystości filtra

Tabela 1. Orientacyjna charakterystyka zapylenia powietrza atmosferycznego

Lokalizacja obiektu	Stężenie średnie, mg/m ³	Stężenie średnie ziaren, μm	Maksymalne stężenie ziaren, μm
Teren pozamiejski			
Bez deszczu	0,15	2,0	25,0
W czasie deszczu	0,005	0,8	4,0
Teren miejski			
Dzielnice mieszkaniowe	0,40	7,0	60,0
Dzielnice przemysłowe	0,75	20,0	100,0
Centra miast, duża koncentracja przemysłu	3,0	60,0	1000,0

W przemyśle spożywczym występują często zanieczyszczenia w postaci substancji zapachowych pochodzących z procesów technologicznych. Do adsorbowania nieprzyjemnych dla człowieka zanieczyszczeń zapachowych służą filtry z węglem aktywnym. Materiałem filtracyjnym jest węgiel aktywowany, uzyskiwany w odpowiednich



Fot. 1. Sekcja filtracji w centrali wentylacyjnej (filtr EU7)

procesach z drewna, skorup orzechów kokosowych lub z węgla kamiennego. Skuteczność filtra węglowego w głównej mierze zależy od jego szczelności i dobraniu właściwości zastosowanego rodzaju węgla w odniesieniu do charakterystyki fizykochemicznej wyłapywanych zanieczyszczeń. Przed filtrami z węgla aktywowanego należy zawsze zamontować filtry wstępne.

W przemyśle spożywczym szerokie zastosowanie znalazły przewody tekstylne wykonane z tkaniny poliestrowej.

Przewody tekstylne

Końcowy etap nawiewanego powietrza stanowią przewody tekstylne (nie perforowane) a zarazem dodatkowy filtr bez wywoływania przeciągów oraz umożliwiają dokładny, równomierny rozdział powietrza bez potrzeby instalowania kratki nawiewowej powietrza (tłumienie i absorpcja dźwięku). Tworzywa sztuczne itp. w suchym powietrzu ładują się elektrostatycznie (które nie można w „całości” odprowadzić), zatrzymując cząstki pyłu. Miarą czystości powietrza jest stopień zanieczyszczenia pyłami, gazami i parami oraz zapachami. W skład pyłu wchodzi cząstki stałe oraz cząstki cieczy mniejsze od kilkuset mikrometrów. Ponadto pyły mogą ulegać rozkładowi na różne związki.

W przypadku wilgotności względnej powietrza zewnętrznego niższej niż 35%, występującej często zimą istnieje duże prawdopodobieństwo unoszenia się pyłu, który osiada na powierzchniach stałych np. w centralach wentylacyjnych na filtrach powietrza, co wpływa na pogorszenie pracy centrali (zmniejszenie wydatku) oraz standardu mikrobiologicznego powietrza nawiewanego [Małecki Z. 2009].



Fot. 2. Przewody wentylacyjne tekstylne (nawiewniki)

Nowoczesne hale produkcyjne przemysłu spożywczego wymagają kontroli i regulacji temperatury, często wilgotności, względnego ciśnienia powietrza (nad- lub podciśnienia w stosunku do pomieszczeń sąsiadujących), prędkości i kierunku ruchu powietrza w pomieszczeniu, czystości powietrza oraz poziomu hałasu. Ponadto w niektórych halach produkcyjnych niezbędne są urządzenia wyciągowe (tzw. wentylacja lokalizacyjna), służące do usuwania uciążliwych substancji.

Ciało człowieka podczas ruchu lub kontaktu z naładowanymi elektrycznie przedmiotami zdolne jest wygenerować ładunek elektryczny o potencjale nawet kilkunastu kilowatów. Poruszający się człowiek wykonuje ruchy, które powodują powstanie ładunków elektrostatycznych. W przypadku kontaktu z materiałem przewodzącym takim jak: centrale wentylacyjne, kanały wentylacyjne wykonane z blachy, nawiewniki poliestrowe (odprowadzanie ładunków elektrostatycznych z tych przedmiotów pogarsza się z upływem czasu eksploatacji) dochodzi do niekontrolowanego przepływu ładunków – wyładowania elektrostatycznego (z ang. Elektro Static Discharge „ESP”).

WNIOSKI

1. Niezależnie od poprawy rozwiązań technologicznych należy likwidować pierwotne i wtórne skażenia mikrobiologiczne poprzez stosowanie:
 - wysokosprawnych filtrów powietrza oraz przestrzegać wytyczne eksploatacyjne producenta,

- czyszczenia odcinków kanałów (central wentylacyjnych) za pomocą pary lub środków dezynfekcyjnych i grzybobójczych mających atest Państwowego Zakładu Higieny,
 - lamp bakteriobójczych emitujących promieniowanie ultrafioletowe UV-e (nie mylić z zabronionym w Polsce promieniowaniem radiacyjnym). Światło fali ultrafioletowej w skuteczny sposób niszczy wszelkie mikroorganizmy wraz z formami przetrwalnikowymi, bez możliwości uodpornienia się na ten rodzaj sterylizacji.
2. Przestrzegać zasad eksploatacji central wentylacyjnych ustalonych przez producenta.
 3. Zmniejszenie temperatury nawiewanego powietrza do pomieszczenia, w którym występują duże zyski ciepła i stosunkowo duża wilgotność względna powietrza poniżej minimalnej określonej przez producenta centrali może skutkować powstawaniem punktu rosy co z dużym prawdopodobieństwem pogorszy warunki mikrobiologiczne instalacji w pomieszczeniu produkcyjnym.
 4. W pomieszczeniach tzw. suchych, usuwać pyły osiadające na powierzchniach stałych, które mogą ulegać rozkładowi na różne związki.
 5. Nie zaleca się montażu nawiewników poliestrowych nad urządzeniami technologicznymi w przemyśle spożywczym tzw. „otwartymi”. Skuteczność odprowadzania ładunków elektrostatycznych z instalacji wentylacji (w tym nawiewników poliestrowych) w następstwie eksploatacji (np. prania) zmniejsza się z czasem (degradacja fizyczna tkaniny) co skutkuje dużą przyczepnością pyłów do nawiewników po zakończeniu nawiewu powietrza (w chwili uruchamiania nawiewu powietrza, pył „wdmuchiwany” będzie do urządzeń technologicznych „otwartych”).
 6. W okresie niskich temperatur i wilgotności względnej niższej niż 35% występującej często zimą, należy zwiększyć krotność wymiany filtrów powietrza w centralach wentylacyjnych (unoszenie się pyłów).
 7. W przypadku znacznych zysków ciepła w pomieszczeniach produkcyjnych przy równoczesnej stosunkowo dużej wilgotności względnej powietrza (procesy technologiczne tzw. „otwarte” np. przy udziale pary wodnej) ze względów ekonomicznych należy stosować odciągi miejscowe (wentylacja lokalizacyjna) powietrza (jeśli występują zapachy w układ odciągów wbudować specjalistyczne filtry powietrza).
 8. W pomieszczeniach glikolowej instalacji chłodniczej (zasilanie central w media chłodnicze) oraz w innych pomieszczeniach, w których znajdują się różne składniki chemiczne np. akumulatorownie itp. niezbędna jest wentylacja lokalizacyjna a mianowicie:
 - miejscowa wywiewna usuwająca pary amoniaku (innych związków chemicznych) z miejsc ich emisji (otwory zasysające, ssawki, okapy) wentylacji miejscowej muszą się znajdować przy płaszczyźnie roboczej lub poniżej),
 - ogólna pomieszczenia poprzez zastosowanie wywiewników wentylacji ogólnej w górnej części pomieszczenia oraz przy podłodze (unoszenie się par i gazu przy niskiej temperaturze jest utrudnione i dlatego stwierdza się „zaleganie” np. amoniaku i innych związków chemicznych przy posadzce).
 9. Przy wykonywaniu prac konserwacyjnych (m.in. usuwaniu pyłów) instalacji i urządzeń wentylacyjnych stosować zabezpieczenia elektrostatyczne (opaski, maty, rękawiczki, odzież antystatyczną).

LITERATURA

1. Malicki M.: Wentylacja i klimatyzacja. PWN, Warszawa 1980.
2. Małecki Z.: Wpływ wentylacji na stan techniczny obiektów inżynierii wodnej. Maszynopis wykładu habilitacyjnego, IMUZ Falenty 2009.
3. Nantka M., Słaby A.: Wentylacja istniejących obiektów przemysłowych. Informacja INSTAL 10/1998.
4. Pelech A.: Wentylacja i klimatyzacja. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2009.
5. Recknagel H., i in.: Ogrzewanie i klimatyzacja. Poradnik EWF, Gdańsk 1994.

DIE VERBESSERUNG DER MIKROBIOLOGISCHEN LUFTQUALITÄT IN DER LEBENSMITTELINDUSTRIE

Zusammenfassung

Die Lüftung in der Lebensmittelindustrie ist im technischen Sinn ein Luftaustausch in Räumen zum Wegbringen der entbehrlichen Wärme und zur Verbesserung mikrobiologischen Luftqualität

Die Mikrobiologischen Verseuchungen der technologischen Einrichtungen unter anderem der Lüftungs- und Klimaanlage haben den Einfluss auf das Vermehren von krankheitserregenden Bakterien. Die Krankheitserreger halten sich an Polenpartikeln in der Luft an. Deswegen beobachtet man die Steigung der Bakterienzahl bezüglich der Bestäubungserhöhung. Die Lüftungsanlagen (Klimageräte) können verschiedene Krankheitserreger übertragen und z.B. Lungenentzündung (Legionärskrankheit) verursachen. Die Entstehung des Taupunktes bei der verhältnismäßig hohen Temperatur und der hohen relativen Feuchtigkeit kann sehr wahrscheinlich zur Verschlechterung der mikrobiologischen Bedingungen beitragen (Kondensationskerne) In der Lebensmittelindustrie entstehen oft Verschmutzungen als Geruchsubstanzen, die aus den technologischen Prozessen kommen. In der neusten Zeit finden ihre weite Anwendung die Textilleitungen, die aus Polyester gebaut werden und zugleich die Funktion der Luftfilter spielen.

Unabhängig von technologischen Lösungen soll man primäre und sekundäre Verseuchungen beseitigen durch die Anwendung von hochleistungsfähigen Luftfiltern, Reinigung und Entseuchung der Lüftungslleitung, bakteriziden Lampen (UV-Lampen).

Schlüsselworte: Lüftungsanlage, mikrobiologische Verseuchung, Luftfilter, Polyesterleitung.