

Andrzej Wiszniewski

TŁO AEROJONÓW W KAJUTACH STATKÓW I MOŻLIWOŚĆ JEGO OPTYMALIZACJI

ENVIRONMENT OF AIR-IONS IN SHIP CABINS
AND POSSIBILITY OF ITS OPTIMIZATION

Gdański Uniwersytet Medyczny, Gdańsk
Wydziałowe Studium Informatyki Medycznej i Biostatystyki

STRESZCZENIE

Wstęp: Analizy wykazują, że w pomieszczeniach statków koncentracje aerojonów niemal zawsze utrzymują się na poziomach niższych w stosunku do obowiązujących norm. W związku z tym w pracy zanalizowano możliwości uzupełniania deficytu tych cząstek. **Materiał i metody:** Badania prowadzone były w warunkach laboratoryjnych przy użyciu jonizatorów oraz metalowych rur o odpowiednich parametrach, a następnie w przewodach wentylacyjno-klimatyzacyjnych statków. **Wyniki:** Wykazano, że deficyt aerojonów można uzupełniać, instalując w odpowiednich miejscach przewodów wentylacyjno-klimatyzacyjnych pojedyncze jonizatory o wydajności ok. 1 mln jonów/cm³. Med. Pr. 2010;61(3):299–306

Słowa kluczowe: kajuty statków, aerojony, optymalizacja

ABSTRACT

Background: Analyses show that the concentration of air-ions in ship cabins almost always remains at levels lower than the required norms. Therefore, in this study possibilities of complementing the deficit of these particles were examined. **Materials and Methods:** The research was carried out in a laboratory using ionisers and metal pipes with proper parameters, and then in the ventilation ducts of ships. **Results:** The study showed that we can achieve the needed levels of air-ions in ship cabins by installing single ionisers with the capacity of delivering about 1 mln ions/cm³ in proper sections of the ventilation ducts. Med Pr 2010;61(3):299–306

Key words: ship cabins, air-ions, optimization

Adres autorów: Wydziałowe Studium Informatyki Medycznej i Biostatystyki,
Gdański Uniwersytet Medyczny, ul. Dębinki 1, 80-211 Gdańsk, e-mail: awisz@gumed.edu.pl
Nadesłano: 23 października 2009
Zatwierdzono: 29 stycznia 2010

WSTĘP

Prowadzone przez autora niniejszej pracy badania nad aerojonami (zjonizowanymi cząstkami powietrza) dotyczyły zarówno wyznaczania ich parametrów w szeroko rozumianym tle atmosferycznym (1,2), określonych wnętrzach (3,4), jak i skutków ich oddziaływania na różnorodne organizmy żywe (5–9). W przypadku wnętrz szczególna uwaga poświęcona została pomieszczeniom statków. Ich specyfika — stalowe ściany oraz pozyskiwanie powietrza przede wszystkim poprzez, również zbudowany z metalowych ciągów, system wentylacyjno-klimatyzacyjny — powoduje bowiem, że poziomy koncentracji aerojonów są w nich zawsze, w stosunku do tła zewnętrznego, zaniżone.

Dotyczy to szczególnie cząstek zjonizowanych ujemnie, które posiadając większą ruchliwość μ (definiowaną jako stosunek prędkości v , osiągniętej przez

określony aerojon w polu elektrycznym, do natężenia tego pola: $\mu = v/E$), uzyskują tym samym łatwiejszy kontakt z uziemioną obudową metalowego przewodu, w którym się przemieszczają. Zaniżenie to jest wyraźnie znaczące. Wykonywane w ramach omawianych tu badań wstępne pomiary wykazywały, że poziom aerojonów w wewnętrznych kajutach statków nie tylko jest zawsze mniejszy od ustalonego obowiązującymi normami (podanymi w tabeli 1. i określonymi jako koncentracja „minimalna, niezbędna”), ale także że w przypadku aerojonów ujemnych (cząstki naładowane dodatnio występują w kajutach w gęstościach średnio dwa razy większych niż ujemne) często jest on niższy nawet od 50 jonów/cm³, co stanowi granicę detekcji większości użytkowanych jonometrów.

Faktem jest, że obowiązujące i zestawione w tabeli 1. normy, ustalone w 1980 r. w byłym ZSRR (przepisy sanitarne nr 21-52-50), a następnie przyjęte we wszystkich

Tabela 1. Normy* zawartości aerojonów (n) lekkich w powietrzu
Table 1. The norms* of air-ions (n) concentration

Poziom jonizacji The level of ionization	n ⁻ [1/cm ³]	n ⁺ [1/cm ³]
Minimalny, niezbędny / Minimal, required	600	400
Optymalny / Optimal	3 000–5 000	1 500–3 000
Maksymalny, dopuszczalny / Maximal, admissible	50 000	50 000

* Norma RWPG nr 790-77 / Standard Comecon No. 790-77.

krajach byłej RWPG (norma RWPG nr 790-77), a więc również i w Polsce (PN-80/Z-08052), budzą obecnie spore wątpliwości. Wszystkie ich zakresy wydają się być zawyżone (problematyka tę autor dokładnie omówił w innej pracy (10)). Do nich jednak zawsze przyrównuje się poziomy jonizacji występujące w różnego typu pomieszczeniach, zarówno standartowych, jak i takich, w których stan atmosfery jest z jakiegoś powodu naruszany. Bez względu więc na to, jaka jest wiarygodność tych norm, formalnie, w przypadku ich oddolnego, względnie odgórnego przekroczenia, powinny zostać podjęte określone działania w celu przywrócenie w danym pomieszczeniu odpowiedniego poziomu nasycenia aerojonami.

Pomijając jednak nawet sprawy formalne, można z dużym prawdopodobieństwem założyć, że dłuższe przebywanie ludzi w atmosferze aż tak odbiegającej od tła naturalnego, jak to ma miejsce w przypadku wewnętrznych pomieszczeń statku, nie jest dla nich korzystne. Powstało nawet podejrzenie, że taki stan może rzutować na występowanie u marynarzy chorób zawodowych (charakteryzujących się zaobserwowanymi przez Wariszczewa (11) w trakcie jego badań nad oddziaływaniem aerojonów na ludzi objawami, takimi jak osłabienie, senność, bóle głowy i wzrost ciśnienia krwi).

Między innymi stanowiło to podstawę uruchomienia w Centrum Techniki Okrętowej w Gdańsku projektu badawczego, w którego ramach rozpatrywana była możliwość uzupełniania deficytu aerojonów we wnętrzach statków, poprzez rozprowadzanie tych cząstek systemami wentylacyjno-klimatyzacyjnymi (12). Badania te zostały następnie rozbudowane, a uzyskane w ich trakcie najistotniejsze wyniki pomiarów prezentowane są w niniejszej pracy. Są one przy tym ważne również z tego powodu, że większość wynikających z nich wniosków dotyczy nie tylko statków, ale też i innych pomieszczeń przemysłowych, względnie mieszkalnych, gdzie stosuje się systemy wentylacyjno-klimatyzacyjne ze sztucznie generowanym ruchem powietrza.

MATERIAŁ I METODY

Badania dotyczące możliwości rozprowadzania aerojonów poprzez systemy wentylacyjno-klimatyzacyjne statków prowadzone były dwuetapowo. W pierwszej fazie realizowano je w warunkach laboratoryjnych — w rurach identycznych jak instalowane na statkach (ocynkowane, typu „Spiro” — BDEK-010), o zróżnicowanych długościach i przekrojach, generowane były strumienie nasyczonego aerojonami powietrza, o różnych prędkościach jego przemieszczania: v_p . Porównywanie poziomów koncentracji aerojonów obu znaków (n[±]) na wlotach i wylotach tych przewodów pozwalało wstępnie ocenić skalę zmian stopnia jonizacji powietrza w konkretnych, już rzeczywistych ciągach wentylacyjno-klimatyzacyjnych. Służyło to następnie ustalaniu miejsc lokalizacji w nich jonizatorów o określonej wydajności, pozwalających w efekcie uzyskiwać na wylotach tych ciągów żądane poziomy n[±].

Wszystkie omówione dalej doświadczenia realizowane były przy użyciu wentylatorów SWW 12 oraz jonizatorów „Grojer” emitujących ze swoich ostrzy aerojony ujemne o koncentracji ok. 1 mln jonów/cm³. Do badań związanych z przemieszczaniem aerojonów dodatnich (n⁺) stosowane były też jonizatory wyprodukowane w Instytucie Fizyki Jądrowej w Krakowie (IFJ), ustawione na emisję zjonizowanych cząstek o identycznym poziomie — ok. 1 mln jonów/cm³, co umożliwiało dokonywanie porównań między obydwojema rodzajami ładunków. Pomiar koncentracji aerojonów dokonywany był przy użyciu jonometrów całkujących, również wyprodukowanych przez IFJ, rejestrujących gęstości tych cząstek już od poziomu 20 jonów/cm³ i od ruchliwości granicznej $\mu_{gr} = 0,00148 \text{ cm}^2/(V \times s)$ (ich budowa opisana jest dokładnie w pracy autora z 1997 roku (1)). Gwarantowało to rejestrację wszystkich tzw. aerojonów lekkich i średnich ($\mu > 0,01 \text{ cm}^2/(V \times s)$) oraz szeroki zakres aerojonów ciężkich.

Druga faza badań przeprowadzona została już na konkretnych statkach — przede wszystkim na trawlerze-przetwórni B671/3 „Acamar” (oraz częściowo także na bliźniaczej „Atrii”). W tym przypadku analiza obejmowała wszystkie elementy ciągów wentylacyjno-klimatyzacyjnych, a więc nie tylko same przewody, ale też i dodatkowe urządzenia na ich wlotach i przede wszystkim tzw. szafki klimatyzacyjne znajdujące się na ich wylotach. Wprowadzanie powietrza do systemów wentylacyjnych statków nie odbywa się bowiem bezpośrednio z atmosfery, lecz przy użyciu tzw. centrali klimatyzacyjnej. Wciągane wentylatorem powietrze

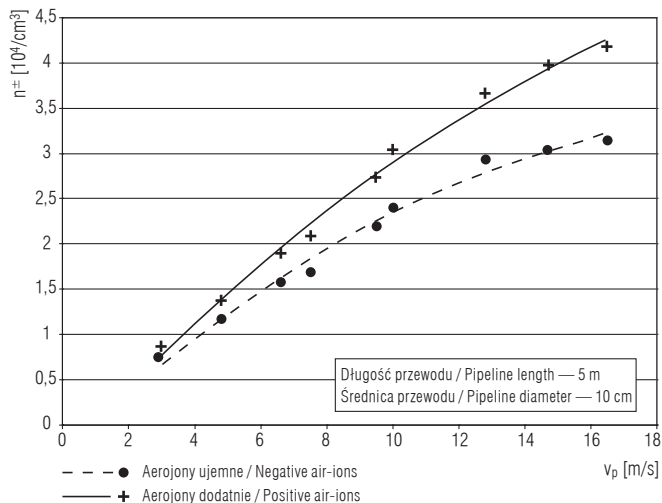
(poprzez siatki druciane, względnie metalowe żaluzje) jest w niej filtrowane, nawilżane oraz podgrzewane, względnie (w lecie) schładzane.

Następnie, poprzez tzw. blok rozdziału powietrza i system metalowych przewodów, powietrze jest kierowane do szafek klimatyzacyjnych umieszczonych w poszczególnych kabinach, gdzie jego przepływ można regulować. Jak wykazały prowadzone w ramach omawianych tu badań pomiary, właśnie w tych szafkach następuje największy spadek poziomu koncentracji aerojonów (przekraczający niekiedy dwa rzędy wielkości), co wymusza utrzymywanie odpowiednio wysokiego stężenia zjonizowanych cząstek jeszcze na wejściu do tych urządzeń. Wynika stąd, że aby uzyskać na wyjściu szafek klimatyzacyjnych powietrze nasycone aerojonami do poziomu tła naturalnego (kilkaset, do tysiąca, najwyżej kilku tysięcy jonów/cm³), wprowadzane do nich zjonizowane cząstki muszą mieć koncentracje dziesiątek tysięcy na 1 cm³. Właśnie w oparciu o tak ustalone założenia były prowadzone badania omawiane w niniejszej publikacji.

WYNIKI

Wstępne doświadczenia, realizowane jeszcze w warunkach laboratoryjnych, polegały na wprowadzaniu zjonizowanych cząstek do laminarnego strumienia powietrza o żądanej prędkości v_p , generowanego w uziemionych przewodach o różnych średnicach i długościach, a następnie porównywaniu poziomów koncentracji aerojonów na ich wlotach i wylotach. W większości przypadków stosowane były w tym celu pojedyncze jonizatory, w związku z czym wprowadzane do kolejnych przewodów aerojony zawsze miały na ich wejściu koncentracje ok. 1 mln jonów/cm³ (w znacznym stopniu ułatwiało to porównywanie ze sobą poszczególnych wyników doświadczalnych). Wartości v_p były wyznaczane przy pomocy anemometru oporowego w centrum wylotów tych przewodów. Uzyskane w ten sposób przykładowe przebiegi zmian koncentracji aerojonów obu znaków (n^\pm) zarejestrowane na wylocie przewodu o podanych parametrach w funkcji prędkości powietrza v_p , przedstawione są na rycinie 1.

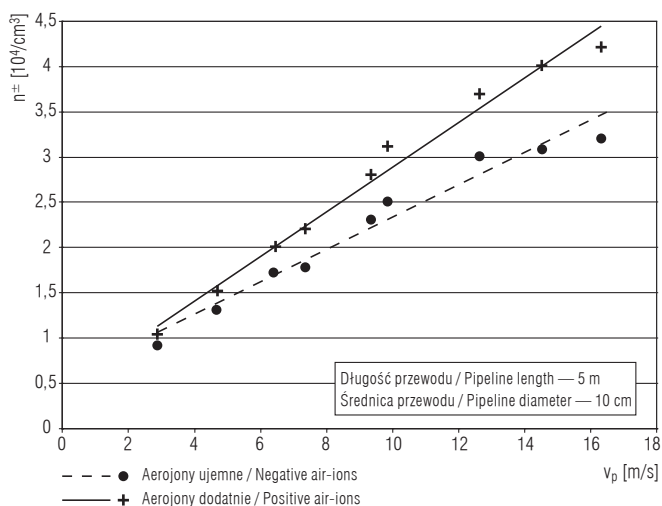
Mimo że umieszczony na rycinie 1. przebieg zależności zmian koncentracji aerojonów na wylocie metalowej rury o długości 5 m i średnicy 10 cm, w funkcji prędkości przemieszczanego w niej powietrza v_p , odnosi się tylko do tego konkretnego przewodu, dalsze badania wykazały, iż występujące w tym przypadku



Ryc. 1. Koncentracje aerojonów na wylocie metalowego przewodu o długości 5 m, w funkcji prędkości przemieszczanego w nim powietrza, z wielomianowymi liniami trendu.

Fig. 1. Concentrations of air-ions at the outlet of a 5 m long metallurgical pipe in the function of the velocity of air transferred within, with multinomial trend lines.

relacje mają charakter ogólniejszy. Dotyczy to przede wszystkim daleko posuniętej liniowości, dającej się zaobserwować na prezentowanym wykresie. Uwypuklają rycina 2., na której wielomianowe linie trendu z ryciny 1. zostały zamienione na liniowe (drugiego stopnia), dzięki czemu łatwiej można zaobserwować grupowanie się wokół nich punktów pomiarowych z relatywnie niewielkim rozrzutem.



Ryc. 2. Koncentracje aerojonów na wylocie metalowego przewodu o długości 5 m, w funkcji prędkości przemieszczanego w nim powietrza, z liniowymi liniami trendu.

Fig. 2. Concentrations of air-ions at the outlet of a 5 m long metallurgical pipe in the function of the velocity of air transferred within, with lineal trend lines.

Ogólną, stałą cechą, widoczną na rycinach 1. i 2., charakteryzującą ruch zjonizowanego powietrza w metalowych przewodach, są też występujące w nich większe straty aerojonów ujemnych, w porównaniu z dodatnimi. Jak już wcześniej wspomniano, mające większą ruchliwość aerojony ujemne podczas przemieszczania się w metalowym uziemionym kanale mają zwiększoną szansę zetknięcia się z jego obudową i tym samym spłynięcia do ziemi.

Szczegółowe badania stopnia zmniejszania się poziomu jonizacji powietrza w przewodach wykazały również, że widoczna na rycinie 2. liniowość dotyczy nie tylko zależności $n^{\pm} = f(v_p)$. Podobna liniowość występuje, i to najwyżej z kilkunastoprocentowymi odchyleniami, także na wykresach opisujących stosunek zmian koncentracji aerojonów na wylocie i wlocie przewodu w funkcji jego długości (dzięki temu we wszystkich podanych dalej relacjach można zamiennie stosować albo wartości tego stosunku, albo poziomy koncentracji aerojonów na wyjściu przewodu). Różnica w tym przypadku polega tylko na tym, że o ile $n^{\pm} = f(v_p)$ jest funkcją liniową rosnącą, o tyle zależność $n^{\pm} = f(l)$, gdzie l oznacza długość przewodu, opisuje funkcja liniowa malejąca. Jest to konsekwencją ogólnego efektu, jakim jest zmniejszanie się, w miarę podwyższania prędkości powietrza, liczby zjonizowanych cząstek stykających się z uziemioną, wewnętrzną ścianą metalowego kanału.

Daleko posunięta liniowość wszystkich zależności wiążących ze sobą koncentracje n^{\pm} na wyjściu i wejściu przewodu — z jego długością, przekrojem poprzecznym oraz prędkością przemieszczania się w nim powietrza — pozwala stworzyć siatkę wykresów, z których łatwo można odczytać odległość, w jakiej należy umieścić jonizator, żeby otrzymać określony poziom nasycenia powietrza aerojonami. Analizę tę utrudnia nieco to, że ciągi wentylacyjno-klimatyzacyjne na statkach zazwyczaj składają się z kilku odcinków o różnych długościach i przekrojach. Nie stanowi to większego problemu, gdy odcinki te podłączone są w linii prostej — analizy dokonuje się wtedy w oparciu o kilka wykresów. Niestety, bardzo często rozmieszczone są one względem siebie pod różnymi kątami. Powoduje to występowanie na ich stykach ruchów turbulentnych powietrza (zwiększających styczność cząstek z uziemioną obudową przewodu), co w rezultacie doprowadza do dodatkowego spadku poziomu nasycenia go aerojonami.

Badania doświadczalne wykazały jednak, że straty te nie są duże — na ogół kilkunastoprocentowe. Na przykład na wyjściu ciągu wentylacyjno-klimatyzacyj-

nego doprowadzającego powietrze do typowej dwuosobowej kajuty o wymiarach: 2,40×2,95×2,00 m (nr 312), trawlera-przetwórnii B671/3 „Acamar”, teoretyczne obliczenia dawały poziomy koncentracji aerojonów zawyżone w stosunku do pomiarów doświadczalnych tylko o 9,34%. Jest to bardzo niewiele, zważywszy, że w przypadku tej kajuty jonizator umieszczony był na końcu ciągu o łącznej długości ok. 20 m, składającego się z 6 odcinków rur o średnicach: 80–160 mm, połączonych ze sobą pod różnymi kątami — w dwóch przypadkach pod kątami prostymi. Faktem jest, że tak niewielkie straty liczby aerojonów wynikały po części z tego, że powietrze w tym ciągu przemieszczane było z relatywnie dużą prędkością: $v_p = 15$ m/s. Dla ciągów wentylacyjno-klimatyzacyjnych na statkach jest to jednak prędkość dość typowa.

Teoretyczne ustalenie, a następnie ewentualne doświadczalne skorygowanie odległości, w jakiej w przewodzie wentylacyjno-klimatyzacyjnym należy umieścić jonizator, jest w praktyce tylko jednym z etapów prac przy konstruowaniu instalacji zasilającej kajuty statków aerojonami. W dalszej fazie pojawia się konieczność ustalenia zależności między koncentracjami aerojonów na wejściu oraz wyjściu szafek klimatyzacyjnych a gęstościami tych cząstek w poszczególnych miejscach danego pomieszczenia na statku. Pierwsze z tych zagadnień nie nastrocza większych trudności. Zmiany koncentracji aerojonów zachodzące w samych szafkach klimatyzacyjnych są wprawdzie bardzo duże, ale procentowo do tego stopnia stałe, że można je stabilizować.

Wykazały to przeprowadzone w ramach omawianych tu badań doświadczenia z użyciem szafek klimatyzacyjnych standartowo instalowanych m.in. na polskich trawlerach przetwórnich. Polegały one na doprowadzaniu do tych urządzeń powietrza zjonizowanego do takiego poziomu, żeby na wyjściu zawierało ono najwyżej kilka tysięcy jonów/cm³, a następnie mierzeniu koncentracji aerojonów w różnych od nich odległościach (s). Zarejestrowane w ten sposób poziomy n^- , przy prędkości dostarczanego do szafki powietrza v_p równej 10,6 m/s i koncentracji aerojonów ujemnych na jej wejściu rzędu $5,2 \times 10^4$ jonów/cm³, podane są w tabeli 2. (odległość $s = 0,1$ m jest najmniejszą, przy jakiej możliwe jest dokonanie prawidłowego pomiaru stopnia jonizacji powietrza emitowanego z szafki, dlatego w tabeli 2. oraz w dalszym tekście należy ją traktować jako „wyjście”).

Ponieważ szafki klimatyzacyjne mają tylko trzy ustawienia pokrętki regulatora: ciąg maksymalny (maks.), średni (śred.) oraz minimalny (min.), takie

Tabela 2. Koncentracje aerojonów ujemnych (n^-) oraz prędkości wypływu powietrza w ustalonych odległościach od szafki klimatyzacyjnej**Table 2.** Concentration of negative air-ions (n^-) and velocity of air outflow at established distances from the air-condition cupboard

Ustawienie pokręła regulatora Dial adjuster	Odległość od szafki klimatyzacyjnej Distance from the air-condition cupboard							
	0,1 m		0,5 m		1 m		1,5 m	
	n^- [$10^3/\text{cm}^3$]	v_{pw} [m/s]	n^- [$10^3/\text{cm}^3$]	v_{pw} [m/s]	n^- [$10^3/\text{cm}^3$]	v_{pw} [m/s]	n^- [$10^3/\text{cm}^3$]	v_{pw} [m/s]
Min.	3,5	0,6	1,8	0,5	1,8	0,5	2,1	–
Śred. / Med.	4,8	0,8	3,6	1,0	3,0	1,0	2,4	–
Maks. / Max	9,0	1,6	6,6	2,1	6,6	1,3	6,0	0,8

Min. — minimalny / minimum.

Śred. — średni / Med. — medium.

Maks. — maksymalny / Max — maximum.

 v_{pw} — prędkość wypływu powietrza z szafki klimatyzacyjnej / velocity of air outflow from the air-condition cupboard.

właśnie określenia, podane w pierwszej kolumnie tabeli 2., są odnośnikami dla pozostałych wartości w niej zestawionych. Z ich porównania wynika, że zarówno zmiany koncentracji aerojonów, jak i prędkości powietrza na wejściu (v_p) i wyjściu (v_{pw}) tych szafek zmieniają się w stałej proporcji, ze współczynnikiem liczbowym zależnym tylko od ustawienia pokręła regulatora szafki. Z danych podanych w tabeli 2. można go wyliczyć. Dla pozycji pokręła „min.,” „śred.,” „maks.” wartości n^- oraz v_{pw} maleją odpowiednio: 16,3 razy, 12 razy i 6,2 razy (z tolerancją: 6,6–10%). Dalsze badania wykazały też, że te same proporcje nie dotyczą tylko podanej tu wartości v_p na wejściu do szafki równej 10,6 m/s, ale z kilkuprocentową tolerancją obowiązują też dla zakresu v_p od ok. 6 m/s do 18 m/s.

Wyniki dotyczące różnic między koncentracjami aerojonów o ładunkach ujemnych oraz dodatnich niemal zawsze utrzymywały proporcje zbliżone do przedstawionych na rycinach 1. i 2., dlatego zarówno w tabeli 2., jak i w dalszej części niniejszego podrozdziału analizowane są wyłącznie wartości pomiarów uzyskane dla cząstek o ładunku ujemnym. Ogólnie przyjęte założenie, że przede wszystkim one działają na organizmy żywe pozytywnie (choć nie zawsze jest to prawdą (13,14)), oraz wspomniany fakt, że deficyt aerojonów dodatnich w pomieszczeniach statków nie jest tak wysoki jak ujemnych, spowodowało, że omawiane tu badania były prowadzone w znacznie szerszym zakresie właśnie dla cząstek naładowanych ujemnie.

Możliwość stabelaryzowania, względnie przedstawienia w postaci siatki wykresów, związków para-

metrycznych układów wentylacyjno-klimatyzacyjnych oraz prędkości przemieszczanego w nich powietrza, ze zmianami koncentracji aerojonów na drodze jonizator–wyjście z szafki klimatyzacyjnej, bardzo ułatwia konstruowanie instalacji zapewniającej we wnętrzach statków odpowiedni poziom jonizacji — można ją projektować nawet już na etapie tworzenia planów statku. W praktyce pewne problemy mogą się jednak pojawić w związku z tym, że rozkłady gęstości aerojonów w konkretnych pomieszczeniach statku zależą także od ich wewnętrznego wyposażenia. Na ogół strumień powietrza, wychodzący z szafki klimatyzacyjnej ulega w kajutach różnym zawirowaniom, co poprzez odbijanie się powietrza pozornie zwiększa koncentracje aerojonów, ale równocześnie sprzyja neutralizowaniu się ich części na zazwyczaj metalowych ścianach i sufitach tych pomieszczeń (szczególnie, że ich kubatury nie są zbyt duże). Generalnie jednak, o czym dalej, efekty te bilansu jonizacji wewnątrz kajut w sposób znaczący nie zakłócają.

Sprawdzone to zostało na zbudowanym w Stoczni Gdańskiej trawlerze-przetwórni B671/3 „Acamar”. Przy umieszczeniu w jego ciągach wentylacyjno-klimatyzacyjnych, w odległościach ok. 20 m (z tolerancją ± 2 m), pojedynczych jonizatorów (przede wszystkim typu „Grojer”: ok. 1 mln ujemnych jonów/ cm^3 na wyjściu; tylko w przypadku „przetwórni”, tab. 3., zainstalowane zostały 4 jonizatory w 4 różnych ciągach) i pokrętlach szafek ustawionych na „maks.,” poziomy jonizacji w poszczególnych pomieszczeniach statku obejmowały zakresy zestawione w tabeli 3.

Tabela 3. Prognozowane oraz rzeczywiste poziomy koncentracji aerojonów ujemnych (n^-) w wybranych pomieszczeniach statku
Table 3. Forecast and real levels of concentration of negative air-ions (n^-) in selected ship spaces

Nazwa pomieszczenia / numer kajuty Name of ship space or ship cabin number	Wymiary pomieszczenia Size of ship space [l × w × h]	n^- prognoza (za szafką) forecast (behind the cupboard) [1/cm ³]	n_{sr}^- prognoza (w centrum pomieszczenia) forecast (for centre of ship space) [1/cm ³]	n^- pomiar (min.–maks.) measurement (min–max) [1/cm ³]	n_{sr}^- pomiar measurement [1/cm ³]	Δn_{sr}^- [%]
Ambulatorium / Clinic	4,37×3,40×2,00	900	500	400–550	475	5,3
Szpital / Hospital	4,37×3,00×2,00	800	500	400–600	500	0,0
Izolotka / Isolation ward	3,60×3,10×2,00	900	500	500–600	550	–10,0
Numer kajuty / Ship cabin number						
208	3,20×2,55×2,00	1 800	1 325	1 300–1 800	1 550	–17,0
209	3,20×2,80×2,00	1 900	1 250	1 300–1 500	1 400	–12,0
309	3,12×2,90×2,00	900	600	500–700	600	0,0
310	3,50×2,60×2,00	1 500	900	800–1 300	1 050	–16,7
311	3,50×2,50×2,00	1 500	950	950–1 300	1 125	–18,4
312	3,40×2,86×2,00	1 400	900	700–1 200	950	–5,6
411	3,40×2,95×2,00	1 300	750	700–1 100	900	–20,0
412	3,60×2,95×2,00	1 400	800	800–1 200	1 000	–25,0
413	3,45×2,90×2,00	1 400	825	700–1 200	950	–15,2
414	3,40×3,00×2,00	1 300	750	700–1 100	900	–20,0
Przetwórnia / Fish-processing plant	35,00×14,20×2,20	400	275	200–300	250	9,1

l × w × h — długość × szerokość × wysokość / length × width × height.

n^- — oznaczenia poziomów koncentracji aerojonów ujemnych w poszczególnych pomieszczeniach statku / markings of negative air-ions concentration levels in selected ship spaces:
 Min. — minimalny, występujący zwykle w największej odległości od szafki klimatyzacyjnej / minimal, to be found usually at the largest distance from the air-condition cupboard.
 Maks. — maksymalny, występujący bezpośrednio za szafką klimatyzacyjną / highest, to be found behind the air-condition cupboard.

n_{sr}^- — średni, odpowiadający w przybliżeniu wartości n^- w centrum pomieszczenia / average, approximately corresponding to the n^- value in the centre of a room.

Δn_{sr}^- [%] — zmiany (w procentach) koncentracji n^- występujących w centrum pomieszczenia, w stosunku do obliczeń teoretycznych / percentage change of the n^- concentration to be found in the center of the room, as compared to the theoretical calculation.

Pomiary, których wyniki przedstawione są w tabeli 3., dokonane zostały podczas rejsu statku. Ponieważ w jego trakcie panowały dobre warunki pogodowe (dzienna temperatura zewnętrzna: 20±2°C; wilgotność: 60±5%), powietrze dostarczane ciągami wentylacyjno-klimatyzacyjnymi nie było poddawane obróbce termicznej ani wilgotnościowej.

Z przyczyn technicznych (konieczność demontażu instalacji) koncentracje aerojonów na wejściu do szafek klimatyzacyjnych podczas rejsu wyznaczone były tylko w kilku przypadkach (stąd brak tego typu danych w tabeli 3.). Tam jednak, gdzie pomiary takie zostały dokonane, otrzymano wyniki niemal identyczne jak podczas badań doświadczalnych szafek jeszcze niezamontowanych — 60-krotne spadki wartości n^- na drodze wejście-wyjście do tych urządzeń przy ustawieniu

pokręta na „maks.” oraz ok. 150-krotne przy jego ustawieniu na „min.”.

Z porównania wartości zestawionych w tabeli 3. wynika, że mimo zainstalowania jonizatorów o takich samych wydajnościach i w przybliżeniu w tych samych odległościach od szafek klimatyzacyjnych (≈ 20 m), wyznaczone na ich wyjściu koncentracje aerojonów dla poszczególnych pomieszczeń różnią się niekiedy dość znacznie (550–1800 jonów/cm³). Spowodowane jest to odmiennymi układami geometrycznymi ciągów wentylacyjno-klimatyzacyjnych, doprowadzających do tych urządzeń powietrze. W mniejszym jednak stopniu, co już wskazano, na zmiany te miały wpływ różnokątowe łącza między poszczególnymi rurami tworzącymi ciąg wentylacyjno-klimatyzacyjny, a znacznie większe — średnice samych przewodów. Różnice te, z dobrą

dokładnością, można jednak wyznaczyć teoretycznie, co wynika m.in. z danych zestawionych w trzeciej i piątej (wartości „maks.”) kolumnie tabeli 3.

Wyniki podane w tabeli 3. pokazują, że zamontowane na statku, w omówiony tu sposób, układy jonizatorów spełniły swoją rolę — wytworzone przez nie poziomy jonizacji powietrza przybierały dla aerojonów ujemnych wartości zbliżone do tych, jakie występują w naturalnym tle atmosfery (1). Jeżeli nawet w niektórych pomieszczeniach koncentracje n_{sr}^- były nieco większe i przekraczały 1000 jonów/cm³, to można je było sprowadzić do naturalnego poziomu, zmniejszając ciąg powietrza wychodzącego z danej szafki klimatycznej (przesławieniem pokrętła z „maks.” na „śred.”).

W sposób stały można byłoby to ewentualnie uzyskać również poprzez zmianę ustawienia danego jonizatora, względnie jego wydajności. Generalnie jednak — z tego powodu, że poziomy koncentracji aerojonów w tle naturalnym wahają się w dość dużych granicach (1) — dla poziomów tych cząstek w pomieszczeniach statków można również przyjąć podobnie dużą tolerancję.

Mimo że wewnątrz kadłuba statku deficyt aerojonów dodatnich nie jest tak duży jak ujemnych, niekiedy może okazać się wskazane zwiększenie koncentracji także i cząstek naładowanych dodatnio. Niewielkie różnice — zaobserwowane podczas doświadczeń z obydwoma rodzajami ładunków — w sensie wartości koncentracji n^- oraz n^+ uzyskiwanych na wylotach ciągów wentylacyjno-klimatyzacyjnych pozwalają podane tu wyniki z dużą dokładnością odnieść także do cząstek naładowanych dodatnio. Niestety, bez problemu można je dostarczać tylko do tych pomieszczeń statku, do których podłączone są przynajmniej dwa tego typu ciągi — poprzez jeden z nich mogłyby być wtedy wprowadzane aerojony ujemne, a przez drugi dodatnie.

W przypadku jednego ciągu wentylacyjno-klimatyzacyjnego, a takie rozwiązania są najczęściej stosowane, aerojony różnych znaków (żeby nie uległy przedwczesnej rekombinacji), musiałyby być wprowadzane do niego przemiennie, przy stosunkowo szybko następujących zmianach ich ładunków. Automatycznie skomplikowałyby to, od strony technicznej, instalację aparatury utrzymującej w określonych pomieszczeniach statku odpowiedni poziom jonizacji, ale być może zastosowanie i takich rozwiązań byłoby wskazane. Podobnie, może przynajmniej w tych pomieszczeniach, w których przez dłuższy czas przebywa większa liczba osób, warto instalować jonizatory sprzężone z jonometrami. Mierniki te mogłyby wówczas (w zależności od pozio-

mu rejestrowanych w danym momencie koncentracji n^- , względnie n^+) regulować wydajność jonizatorów emitujących aerojony o określonym ładunku do poszczególnych ciągów wentylacyjno-klimatyzacyjnych.

Gdyby instalacje do rozprowadzania zjonizowanego powietrza miały być wprowadzane standardowo, warto by jeszcze rozpatrzyć budowanie na statkach ciągów wentylacyjno-klimatyzacyjnych z innych materiałów niż metal albo chociaż pokrywanie ich od wewnątrz tworzywem izolującym. Prawdopodobnie zwiększałoby to koszty budowy i komplikowało zakładanie tego typu ciągów, ale wpływ z nich aerojonów byłby praktycznie wyeliminowany. Najprawdopodobniej do zasilenia zjonizowanymi cząstkami atmosfery w całym wnętrzu statku wystarczyłoby wtedy odpowiednio umieszczony, jeden silny jonizator, a jeżeli nie, to najwyżej kilka.

WNIOSKI

Uwzględniając wszystkie poruszone w niniejszej pracy zagadnienia dotyczące problematyki normalizacji poziomów jonizacji w wewnętrznych pomieszczeniach statków, można przyjąć, że wynikają z nich następujące wnioski:

1. W wewnętrznych pomieszczeniach statków występuje znaczny deficyt zjonizowanych cząstek, szczególnie o ładunku ujemnym. Ich poziom niemal zawsze jest niższy od tego, który w Polskiej Normie został określony jako „minimalny, niezbędny”.
2. W metalowych uziemionych przewodach, a więc także w ciągach wentylacyjno-klimatyzacyjnych statków, z mniejszymi stratami przemieszczają się aerojony dodatnie w porównaniu z aerojonami ujemnymi.
3. Relację między stosunkiem koncentracji aerojonów na wylocie i wlocie metalowego przewodu oraz wygenerowaną w nim prędkością powietrza v_p opisuje funkcja liniowa, z parametrami liczbowymi zależnymi tylko od parametrów geometrycznych (długości i średnicy) tego przewodu.
4. Relację między stosunkiem koncentracji aerojonów na wylocie i wlocie metalowego przewodu oraz jego długością opisuje funkcja liniowa, z parametrami liczbowymi zależnymi tylko od wygenerowanej w nim prędkości powietrza v_p .
5. Na wyjściu typowego ciągu wentylacyjno-klimatyzacyjnego (składającego się z kilku rur, połączonych ze sobą pod różnymi kątami, w stosunku do ciągu zbudowanego z tych samych elementów tworzących

przewód liniowy, tj. bez „zakrętów”) koncentracje aerojonów są niższe, ale jeśli prędkość powietrza w tych przewodach przekracza 10 m/s, to różnica ta wynosi nie więcej niż 10%.

6. Przy rozprowadzaniu po wnętrzach statku aerojonów poprzez ciągi wentylacyjno-klimatyzacyjne największy ubytek w ich koncentracji, sięgający niekiedy nawet dwóch rzędów wielkości, następuje w szafkach klimatyzacyjnych.
7. Umieszczenie w typowym ciągu wentylacyjno-klimatyzacyjnym w odległości ok. 20 m od szafki klimatyzacyjnej jonizatora, który emituje na wyjściu aerojony o koncentracji ok. 1 mln jonów/cm³, zapewnia w odległości 1–2 m od tej szafki (przy ustawieniu jej pokrętła na „maks.”) uzyskanie poziomu jonizacji powietrza zbliżonego do takiego, jakie utrzymuje się w naturalnym tle atmosfery.

PODZIĘKOWANIA

Autor bardzo dziękuje mgr. Witoldowi Nowikowowi za udostępnienie wyników przeprowadzonych przez niego wstępnych badań nad przemieszczaniem się aerojonów w metalowych przewodach i systemach wentylacyjno-klimatyzacyjnych trawlera-przetwórnicy „Acamar”.

PIŚMIENNICTWO

1. Wiszniewski A.: Naturalne tło aerojonów. *Med. Pr.* 1997; 48(4):427–440
2. Wiszniewski A.: Zmiany stanu jonizacji powietrza wywołane wyładowaniami elektrycznymi w atmosferze. *Ann. Acad. Med. Gedan.* 2004;34:341–346
3. Wiszniewski A.: Jonizacja powietrza w pomieszczeniach mieszkalnych i biurowych. *Hig. Pr.* 1997;3:37–48
4. Wiszniewski A., Baran M.: Zmiany stanu jonizacji powietrza wywołane działaniem aparatury medycznej. *Med. Pr.* 2001;52,4:271–275
5. Wiszniewski A., Janczewski D.: Aerojony i ich oddziaływanie na organizmy żywe. *Med. Pr.* 1993;3:289–298
6. Wiszniewski A., Kretowicz T.: A study on influence of different signs of air-ions on sister-chromatid exchange frequency and chromosome aberrations in human peripheral blood lymphocytes. *J. Appl. Genet.* 1999;40(2): 129–134
7. Wiszniewski A., Szczygieł M., Hudy S.: Influence of Air-ions on Selected Microorganisms. *Acta Microbiol. Pol.* 2003;52(2):201–207
8. Wiszniewski A., Suchanowski A.: The Influence of Air-ions on People Submitted to Physical Effort and in Rest. *Pol. J. Environ. Stud.* 2008;17(5):801–810
9. Suchanowski A., Wiszniewski A.: Changes in ion concentration in the air during the breathing process of a human being. *Pol. J. Environ. Stud.* 1999;8(4):259–263
10. Wiszniewski A.: Normalizacja oraz optymalizacja poziomów jonizacji atmosfery. *Med. Pr.* 2010;61(2):241–251
11. Michałowicz M.: Znaczenie stanów jonizacji powietrza w fizjologii i patologii wieku dziecięcego. *Pediatr. Pol.* 1954;29:83–96
12. Nowikow W.: Sprawozdanie z realizacji zadania CPBR, poz. 14.11.04. Centrum Techniki Okrętowej, Gdańsk 1990
13. Kavet R. I., Charry J. M.: Air-ions: Physical and Biological Aspects, Florida, CRC Press, Inc., Boca Raton 1987
14. Grabarczyk Z.J.: Jonizacja powietrza w środowisku życia i pracy. Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa 2000