

czynnik ludzki w bezpieczeństwie pracy

prof. dr hab. med. KRZYSZTOF KWARECKI
dr KRYSZYNA ZUŻEWICZ
Centralny Instytut Ochrony Pracy

Bezpieczeństwo pracy pilota

Tragiczne wydarzenia ostatnich tygodni w USA wzbudziły niepokój związany z podrózami lotniczymi. Chodzi tym razem o wspólne bezpieczeństwo personelu lotniczego, pasażerów i niewinnych, przypadkowych ludzi na Ziemi. Zapewne zostaną wprowadzone zupełnie nowe procedury bezpieczeństwa na pokładach samolotów, przy odprawach pasażerów i bagażu na lotniskach. Zwiększą się uprawnienia *pierwszego po Bogu*, kapitana – pilota statku powietrznego. Rozważane jest wyrażenie zgody na posiadanie broni osobistej przez pilotów samolotów komunikacyjnych, cywilnych, co dotychczas było zabronione. Czy jest to dobre rozwiązanie? Część z Czytelników pamięta być może sceny z filmu „Port Lotniczy”, pokazujące jak w wyniku zamachu terrorystycznego, spowodowanego przez pasażera, doszło do wybuchu bomby na pokładzie samolotu. Rozszczelniony samolot gwałtownie stracił wysokość, a pasażerowie doznali skutków niedotlenienia wysokościowego i nagłej zmiany ciśnienia (od wysokości 2 km – panującego wewnątrz kabiny, do wysokości 10 km, na której przelatywał samolot). Użycie broni palnej podczas przelotu na wysokości może niestety kończyć się niezwykle groźną dla pasażerów dekompresją (rozszczelnieniem) samolotu.

Kolejnym – tragicznym w historii lotnictwa rozwiązaniem jest możliwość wydania, w przypadku podejrzenia o akt terroru i zamiar celowego zniszczenia obiektów na Ziemi, rozkazu atakowania i zniszczenia samolotu pasażerskiego przez samolot wojskowy. Autorzy i z całą pewnością wszyscy Czytelnicy żywią nadzieję, że ten koszmarny scenariusz nigdy się nie spełni.

Zbliżamy się do końca pierwszego wieku istnienia lotnictwa. Nausza się refleksja – jak wielki postęp dokonał się w technice zabezpieczenia działań pilota. Bez postępu techniki lotniczej nie byłoby lotu człowieka na Księżyc, nie byłoby postępu precyzyjnych dziedzin diagnostyki medycznej itp.

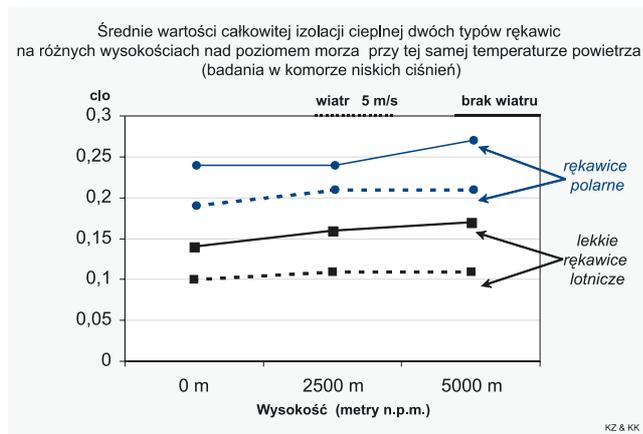
Najpierw był 100-metrowy ni to lot ni to skok samolotu braci Wright, a w kilkanaście lat później nadeszło pierwsze zastosowanie lotnictwa w I Wojnie Światowej. Straty ludzkie i sprzętu były wielokrotnie większe z powodu niedoskonałości samolotów niż działań bojowych nieprzyjaciela. Pierwsze samoloty miały odsłoniętą kabinę, pilot był ekspozowany na zmiany ciśnienia wynikające z wysokości lotu. Drugim z klasycznych czynników towarzyszących lotowi była niska temperatura powietrza, szczególnie w miarę nabierania wysokości. Do historii ubiorów i wyposażenia przeszły już takie nazwy jak: *pilotka* (dla młodszych Czytelników skórzana osłona głowy, zapinana pod brodą), *kurtka lotnicza* – skórzana kurtka umożliwiająca swobodne wchodzenie do kabiny i przypinanie się do *fotele lotniczego*. Fotel lotniczy uchodził przez wiele lat za uosobienie komfortu. Teraz jakby entuzjazm nad komfortem fotela lotniczego jest mniejszy. Zwłaszcza ostatnio, gdy linie lotnicze starając się zabrać na pokład samolotów jak najwięcej pasażerów wprowadziły tzw. klasę ekonomiczną. Fotele umieszczone są w tej klasie bardzo blisko siebie, a odległości między rzędami są wystarczające tylko dla ludzi przeciętnych, niezbyt rosłych i wysokich. Powstała nowa postać zaburzeń zdrowia w wyniku długotrwałego lotu (*zespół klasy ekonomicznej*).

Wyposażenie osobiste pilotów wojskowych pozostaje nadal jednym z głównych zagadnień, jakimi interesuje się higiena lotnicza. Wzorce „lotnicze” bywają przenoszone do innych dziedzin działalno-

ści człowieka. Przykładem mogą być rękawice – chroniące przed zimnem (a w śmigłowcach i przed wibracjami), które są stosowane także przez alpinistów lub mieszkańców wysokiej Arktyki i członków wypraw polarnych. Z zainteresowaniem odnaleźliśmy artykuł w *Aviation, Space and Environmental Medicine* (czerwiec 2001) nt. właściwości ciepłochronnych rękawic zależnie od wysokości^{*)}. W pierwszym odruchu wielu z nas zapyta się, a jaki może mieć związek noszenie rękawic z ciepłochronnością na Ziemi i na wysokości, dlaczego clo ma być inne na poziomie morza i na wysokości 5 km?

Całkowita izolacyjność rękawic w stosunku do skóry dłoni zależy od kilku czynników: temperatury skóry, budowy, liczby warstw tworzących rękawicę, temperatury, ruchu i gęstości otaczającego powietrza.

W miarę wzrostu wysokości ponad poziom morza obniża się ciśnienie atmosferyczne. Na wysokości 5,5 km osiąga ono wartość 0,5 atm. Z obniżaniem się ciśnienia atmosferycznego, obniża się gęstość powietrza i zmniejsza się utrata ciepła przez ciało na drodze konwekcji. Zależności te i zmiany izolacyjności rękawic przedstawiono na rys.



Zgodnie ze zmianą własności fizycznych wymiany cieplnej na wysokości zmienia się wartość cieplna rękawic. Dla rękawic lotniczych lekkich na poziomie morza wynosiła ona 0,14 clo (przy braku ruchu powietrza) i 0,10 clo przy ruchu powietrza (5 m/sek). Wartość clo dla tych samych rękawic wzrastała do 0,17 (przy powietrzu spokojnym) i 0,11 (przy wietrze) na wysokości 5 km. Dla rękawic używanych przez polarników clo na Ziemi wynosiło 0,24 (przy pogodzie bezwietrznej) i 0,19 (przy wietrze), na wysokości 5 km zmieniał się i wynosiło odpowiednio 0,27 i 0,21.

Pozornie proste i wydawałoby się banalny problem ciepłochronności nabiera nowego znaczenia. Ważności może nabierać zabezpieczenie w odpowiednie rękawice i odzież człowieka przebywającego w niskich temperaturach o podobnym zakresie wartości, lecz na różnych wysokościach. Przy niższych wysokościach wymagana jest większa termoizolacyjność odzieży. Wyniki tych badań wskazują na koniecz-

^{*)} Santee W.R., Blanchard L.A.: *Thermal properties of handwear at varying altitudes*. *Aviat.Space Environ.Med.* 2001, 72: 576–8

ność uwzględniania roli czynników składowych decydujących o termizolacyjności całkowitej.

W okresie międzywojennym w lotnictwie wojskowym stosowane są już kabiny zamknięte, pilot na dużych wysokościach oddycha powietrzem wzbogaconym w tlen. Z czasem zaczęto budować samoloty jednopłatowe, mogły one osiągać coraz większe prędkości. Powstały nowe generacje samolotów myśliwskich, piloci byli w nich zabezpieczeni przed skutkami niedotlenienia, pojawiał się nowy śmiertelny wróg – przyspieszenia. Podczas lotu z wykonywaniem manewrów (m.in. wiraży) pilot doznawał działania sił odśrodkowych, które przemieszczały znaczne ilości krwi do dolnych części ciała. Dochodziło do zmniejszenia zaopatrzenia w krew górnej części ciała, a przede wszystkim głowy i ośrodkowego układu nerwowego. Najpierw pilot doznawał *poszarzenia pola widzenia (gray-out)*, a w kilka sekund później tracił wzrok (*black-out*) zachowując jeszcze przez kilkanaście sekund świadomość. Jeżeli nie nastąpi przywrócenie krążenia w ośrodkowym układzie nerwowym u pilota, to samolot niepilotowany przez nieprzytomnego pilota, z pewnością rozbije się o Ziemię. Rozwój techniki lotniczej wyprzedził możliwości fizjologiczne organizmu człowieka, a do rozwiązania zaistniałego problemu przyczynił się przypadek.

Groźba wybuchu II Wojny Światowej była już realna, w świecie alianatów powstał nastrój niepokoju. Wszystkie siły dla ratowania zagrożonych ojczyzn.

Do wysiłku na rzecz zwycięstwa przyłączali się uczeni. Takim przykładem wybitnego uczonego i patrioty jest Sir Frederick Banting z Zakładu Medycyny Doświadczalnej Uniwersytetu w Toronto. Prof. F. Banting, były lekarz wojskowy z okresu I Wojny Światowej razem z W. Bestem został odkrywcą insuliny i laureatem nagrody Nobla.

Zainteresował współpracą z armią kanadyjską młodego asystenta, onkologa dr. Wilburna R. Franksa. Franks w tym czasie badał możliwości separowania czynników rakotwórczych na drodze wirowania krwi. On to rozwiązał niby banalny problem pęknięcia próbek z materiałem biologicznym podczas wirowania. Umieszczenie szklanej próbki w metalowej tubie wypełnionej wodą rozwiązało problem pęknięcia próbek podczas wirowania. Rozpoczął współpracę z wojskowym lotnictwem kanadyjskim (RCAF). Jak chronić ludzi przed tragicznymi skutkami dłuższej ekspozycji na przyspieszenia?

Franks rozpoczął badania nad tolerancją przyspieszeń u myszek laboratoryjnych. Przed rozpoczęciem ekspozycji na przyspieszenia wszystkie zwierzęta poddawano narkozie (z przyczyn etyczno-humanitarnych). Umieszczano je następnie w gumowym pęcherzu (zapas powietrza), w odpowiednio dużych tubach metalowych wypełnionych wodą, zainstalowanych na ramieniu wirówki laboratoryjnej. Zwierzęta kontrolne poddawano wirowaniu bez ochronnego płaszcza wodnego. Zwierzęta umieszczone w gumowym pęcherzu ochronnym przeżywały wirowanie, zaś zwierzęta kontrolne ginęły. Gdy przed laty rozmawiałem z wysokim oficerem o celowości prowadzenia badań podstawowych w medycynie lotniczej przytoczyłem właśnie przykład odkrycia i powstania *pierwszego lotniczego kombinezonu przeciwprzeciążeniowego*. Podczas tego udanego wirowania myszek powstała jakże prosta, a zarazem genialna idea przezwyciężania przeciążeń.

Franks wspierany finansowo przez Bantinga skonstruowali z własnych funduszy gumowy kombinezon wyprodukowany wg ich projektu przez zakłady wyrobów gumowych Gutta Percha i Dunlop Rubber. Ubiór ten od stóp do górnej części klatki piersiowej z gumy, w środku zawierał pęcherz gumowy ściśle przylegający do ciała wypeł-

niony kilkoma litrami wody. Podczas działania przyspieszeń płyn przesunął się w dolne partie ciała niedopuszczając do przemieszczenia i zalegania krwi w tych okolicach.

Sam Franks nie posiadał licencji pilota, namówił więc do eksperymentu przyjaciela i odbył lot jako pasażer. Pilot był ubrany w zwykły kombinezon lotniczy, Franks założył swój prototyp ubioru ochronnego. Wykonali lot nurkowy, na przyspieszonymierzu odnotowano 7.5 G. Pilot doznał *black-out*. Lot świetnie zniósł Franks, ale tylko cudem uratowali się z tego lotu. Wyniki te wzbudziły niezwykle zainteresowanie w W. Brytanii. RAF skierował do Kanady nowoczesny myśliwiec (*Spitfire*) i pilota, by dokonać stosownych prób. Wielka Brytania krwawiła w obronie swojej wyspy, odwołano więc po tygodniu pilota brytyjskiego i loty zostały odwołane. Intuicja Bantinga i wartość odkrycia Franksa przekonały władze Politechniki w Toronto i pozwoliły na błyskawiczne zbudowanie wirówki dla ludzi; wirówki pozwalającej na ocenę tolerancji przyspieszeń przez człowieka. Dalej sprawy potoczyły się dobrze. W 1942 r. podczas inwazji w Afryce Północnej piloci alianccy zostali wyposażeni już w ubiory Franksa. Lotnictwo alianckie osiągnęło przewagę w powietrzu dzięki coraz doskonalszemu sprzętowi, ale co równie ważne, dzięki o wiele większej sprawności i możliwościom fizycznym pilotów alianckich. Franks doczekał się wielu dowodów wdzięczności od pilotów.

Historia lotnictwa po II Wojnie Światowej to rozwój lotnictwa myśliwskiego, szturmowego, gdzie ekspozycja pilota na przyspieszenia staje się głównym problemem życia i powodzenia w powietrzu. Potwierdzają to kolejne konflikty wojenne.

Z czasem składowa płynna ubioru Franksa w ubiorach kompensacyjnych, przeciwprzeciążeniowych zostaje zastąpiona systemem rur biegnących wzdłuż długiej osi ciała, wypełniających się powietrzem pod ciśnieniem. Ucisk wypełnionych powietrzem rur niedopuszczał do przemieszczenia krwi ku dołowi. Pilot mógł przeżywać znaczne wartości działających przyspieszeń.

Ostatnie 15-lecie to kolejny krok milowy w rozwoju ubiorów przeciwprzeciążeniowych. Powstają rozszerzone wersje ubiorów STING (kanadyjski) i ATAGS (amerykański), stosuje się w nich układy szybkiego wypełniania układu przewodów gumowych, stosuje się nadciśnienie oddechowe jako czynnik zwiększający tolerancję przyspieszeń.

Wadą wszystkich tych ubiorów jest jednak inercja układu wypełniającego przewody gumowe powietrzem. Pilot musi nosić niewygodną maskę, przez którą może być podawane powietrze (tlen) do oddychania pod zwiększonym ciśnieniem. Czyżby koniec snów o potędze człowieka i przewadze techniki nad możliwościami człowieka?

Nadchodzą niezwykle wiadomości z niemieckiego Instytutu Medycyny Lotniczej w Koenigsbrueck (*Newsweek 7 maja 2001*). Piloci niemieccy w badaniach na wirówce tolerują wielkie wartości szybko narastających przyspieszeń. W stosowanych u nich ubiorach wykorzystano ponownie pomysł Franksa. Ubiór wypełniony jest systemem przewodów zawierających płyn. Kolejny sukces po 50 latach.

Pisząc kiedyś o problemach bezpieczeństwa lotów zamieściłem następujące zdania: *...” tłuczenie się szklanych próbek w kwiu podczas wirowania, badania myszek laboratoryjnych schowanych w gumowym pęcherzu i zanurzonych w wodzie podczas wirowania, nie mają pozornie żadnego związku z lotnictwem, z bezpieczeństwem lotów. Nim zapoznamy się z istotą sprawy nie korzystajmy z łatwych, czasem trywialnych i mylących przykładów dla poparcia swojej tezy. Pozostajmy przy opiniach profesjonalnych, by nie narazić się na zarzut przyrównania...”* (Polska Zbrojna 1997, 28 lutego).