



Telefonia

bezprzewodowa

w naszym życiu

dr inż. JOLANTA KARPOWICZ
dr inż. KRZYSZTOF GRYZ
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Aparaty telefoniczne i stacje bazowe

Telefon komórkowy (podobnie jak słuchawka bezprzewodowego telefonu stacjonarnego) jest urządzeniem elektronicznym, które umożliwia użytkownikowi kontakt radiowy z wybraną siecią telefoniczną i dwukierunkowe przekazywanie informacji, np. prowadzenie rozmowy telefonicznej bądź przesyłanie danych cyfrowych (np. SMS, MMS, połączenie z internetem). Możliwe jest to w miejscach znajdujących się w tzw. zasięgu stacjonarnych nadajników radiowych sieci telefonicznej (stacji bazowych telefonii komórkowej lub bazowego aparatu telefonicznego), czyli w miejscach, do których dociera emitowane przez nie promieniowanie elektromagnetyczne. Poziom promieniowania dochodzącego do danego miejsca od nadajnika stacjonarnego zależy od odległości pomiędzy nimi oraz od tzw. warunków propagacji promieniowania, czyli rodzaju przeszkód znajdujących się pomiędzy nadajnikiem i miejscem odbioru tego promieniowania. Przykładowo, ściany budynków tłumią promieniowanie i z tego powodu w większości pomieszczeń zlokalizowanych w piwnicach nie ma możliwości przeprowadzenia rozmowy telefonicznej za pośrednictwem systemu zewnętrznych stacji bazowych. Aparat przekazuje informacje do sieci za pośrednictwem wytwarzanego przez niego promieniowania elektromagnetycznego, a więc jest miniaturowym, przenośnym nadajnikiem radiowym.

Źródłem emisji jest antena znajdująca się całkowicie wewnątrz obudowy aparatu lub wyprowadzona na zewnątrz, w niektórych aparatach wyciągana teleskopowo. Częstotliwość emitowanego promieniowania zależy od systemu telefonicznego,

w którym pracuje aparat (np. różne sieci komórkowe: 0,45 GHz – aparaty analogowe NMT praktycznie wycofane z użycia; 0,9 GHz i 1,8 GHz – aparaty cyfrowe GSM najbardziej popularne obecnie w całej Europie; 2,2 GHz – aparaty cyfrowe nowo wprowadzanego systemu UMTS; aparaty telefoniczne bezprzewodowe wykorzystują podobne częstotliwości). Promieniowanie wytwarzane przez aparaty różnych systemów, oprócz częstotliwości, różni się również tzw. modulacją, czyli charakterystyką zmienności w czasie. Moc wypromieniowywana przez nowoczesny aparat zależy od warunków propagacji promieniowania pomiędzy aparatem a najbliższą bazą systemu stacjonarnego. Aparaty współpracujące z systemem, którego anteny bazowe znajdują się w małej odległości od siebie pracują ze stosunkowo małą mocą wyjściową. Aparaty przeznaczone do komunikowania się z oddaloną stacją bazową wypromieniowują odpowiednio większą moc. Również ekranujący wpływ pomieszczeń zamkniętych wymusza większą moc wypromieniowywaną przez

Oddziaływanie na organizm człowieka

Oddziaływanie promieniowania na organizm człowieka jest przedmiotem intensywnych badań, zarówno biomedycznych jak i z zakresu modelowania komputerowego oraz modelowych badań eksperymentalnych.

Promieniowanie mikrofalowe o częstotliwościach z jakimi pracują systemy telefonii komórkowej jest pochłaniane przez organizm człowieka i powoduje proporcjonalny do pochłoniętego promieniowania przyrost temperatury tkanek (tzw. skutki termiczne ekspozycji). Rozkład geometryczny zaabsorbowanej wewnątrz ciała energii i skutki termiczne zależą od częstotliwości promieniowania mikrofalowego, położenia anteny w stosunku do ciała człowieka i czasu ekspozycji. Poziom promieniowania (tzw. gęstość mocy promieniowania) występujący w otoczeniu anteny zależy od jej konstrukcji i zmniejsza się gwałtownie w miarę zwiększania się odległości od niej (zwykle proporcjonalnie do kwadratu odległości od anteny). Ze względu na to, że ciało człowieka znajduje się bezpośrednio przy antenie aparatu telefonicznego i na skutek absorbowania przez nie promieniowania zmienia jego rozkład przestrzenny wokół anteny, klasyczne metody oceny warunków ekspozycji w otoczeniu źródła promieniowania, polegające na pomiarach natężenia pola elektrycznego i magnetycznego, są w zasadzie nieprzydatne do oceny zagrożeń elektromagnetycznych, występujących w czasie prowadzenia rozmowy telefonicznej. Klasyczna metoda umożliwia jedynie zgrubne porównanie poziomu promieniowania emitowanego przez różne typy telefonów komórkowych.

Parametrem stosowanym do charakteryzowania zagrożenia powodowanego dla ludzi przez promieniowanie mikrofalowe (tzn. skutków termicznych) jest tzw. *SAR* (szybkość pochłaniania właściwego – *ang. Specific Absorption Rate*) wyrażany w W/kg . Parametr ten odzwierciedla dynamikę procesu pochłaniania energii promieniowania przez tkanki organizmu i pozwala na oszacowanie, występującego wskutek tego zjawiska, wzrostu temperatury wewnątrz poszczególnych obszarów ciała ekspozowanego człowieka. Do wyznaczania *SAR* wykorzystuje się badania laboratoryjne z użyciem fantomów lub modelowanie komputerowe z wykorzystaniem złożonych modeli numerycznych ciała człowieka (rys. – str. 29.). Wartość dopuszczalna *SAR* w tkankach głowy ekspozowanego człowieka została podana m.in. w nieobligatoryjnym zaleceniu Rady Europy 1999/519/WE [1] ($2 W/kg$ – odnośnie ekspozycji ogółu ludności) oraz dyrektywie 2004/40/WE [2] ($10 W/kg$ – odnośnie ekspozycji pracowników). Wartość maksymalna *SAR* występującego w ekspozowanym organizmie zależy od wielu parametrów, m.in. położenia anteny telefonu, jej odległości i kierunku nachylenia w stosunku

W artykule przedstawiono zagrożenia elektromagnetyczne związane z użytkowaniem telefonii bezprzewodowej. Omówiono oddziaływanie telefonii bezprzewodowej na ludzi i infrastrukturę techniczną. Scharakteryzowano czynniki wpływające na poziom zagrożeń związanych z użytkowaniem telefonów oraz sposoby ich oceny, a także europejskie i krajowe uregulowania prawne w tym zakresie.

Wireless phones in our life

Electromagnetic hazards caused by the use of wireless phones is presented. The influence of wireless phones on humans and the technical infrastructure is discussed. Parameters affecting the level of hazards, connected with the use of wireless phones, methods of their assessment as well as European and Polish regulations in this field are characterized.

aparatu do zewnętrznej stacji bazowej w stosunku do łączności w terenie otwartym. Większość aparatów pracuje ze swoją maksymalną mocą wyjściową jedynie na początku połączenia, i zmniejsza ją automatycznie po rozpoznaniu poziomu potrzebnego do utrzymania niezakłóconego połączenia. Aparaty przenośne wytwarzają krótkie identyfikacyjne impulsy promieniowania, również w czasie pomiędzy rozmowami telefonicznymi, w celu utrzymania aktywności aparatu w systemie informacyjnym sieci telefonicznej.

Energia promieniowania elektromagnetycznego (mikrofalowego) wytwarzanego przez aparaty w celu komunikowania się z systemem telefonicznym jest rozpraszana we wszystkich kierunkach, w okolicy aparatu. W ten sposób aparat jest źródłem ekspozycji na promieniowanie mikrofalowe, zarówno użytkownika telefonu, jak i znajdujących się w jego pobliżu osób oraz wszystkich urządzeń elektronicznych, co może powodować różnorodne, nawet bardzo groźne, następstwa.



do głowy, jej wymiarów i kształtu, rodzaju automatycznej kontroli mocy wyjściowej aparatu, warunków połączenia ze stacją bazową. Aby umożliwić porównywanie parametrów różnych aparatów opracowano unormowane metody pomiaru i obliczania SAR występującego w głowie użytkownika telefonu w czasie rozmowy (normy europejskie, ustanowione również jako polskie: PN-EN-50360 [3] i PN-EN-50361 [4] oraz metodyka TCO'01 [5] opracowana przez niezależną szwedzką organizację znaną m.in. z oznakowania potwierdzającego wysoką jakość i „przyjazność dla środowiska” urządzeń komputerowych).

Informacje dotyczące wartości SAR zmierzonego w sposób zgodny z normą [4] można znaleźć w dokumentacji technicznej telefonów komórkowych (instrukcje obsługi aparatów, publikacje na stronach internetowych producentów). Dla większości aparatów oferowanych przez krajowych operatorów sieci komórkowych maksymalne wartości SAR wynoszą 0,5 – 1 W/kg. Nie należy oczekiwać znacznego zmniejszenia wartości tego parametru w kolejnych, nowocześniejszych aparatach, ponieważ obniżanie mocy wyjściowej aparatu zmniejsza możliwość jego skomunikowania się ze stacją bazową. Aparat, dla którego wartość SAR wynosiłby 0 W/kg, byłby absolutnie bezpieczny dla użytkownika, a zarazem absolutnie bezużyteczny jako urządzenie do bezprzewodowej łączności za pośrednictwem promieniowania radiowego. Wielkość SAR występująca u użytkownika telefonu w czasie rzeczywistej rozmowy jest różna od SAR wyznaczonego dla tego typu aparatu w sztucznych, znormalizowanych warunkach laboratoryjnych, ponieważ decyduje o tym głównie sposób trzymania aparatu, warunki prowadzenia rozmowy i charakterystyka antropometryczna użytkownika (m.in. kształt i wymiary głowy). Przykładowo, użytkownik stosunkowo łatwo może zmniejszyć poziom swojej ekspozycji, trzymając aparat z dala od głowy na początku nawiązywania połączenia, kiedy aparat pracuje z maksymalną mocą wyjściową oraz w miarę możliwości używając telefonu w oddaleniu od głowy (zestawy słuchawkowe, odczytywanie informacji graficznych z możliwie dużej odległości, np. wyciągniętej ręki), a także w miejscach, w których jest dobra łączność ze stacjami bazowymi (np. na otwartej przestrzeni, a w pomieszczeniu w pobliżu okna).

Skutki zdrowotne ekspozycji

Badania dotyczące skutków zdrowotnych ekspozycji powodowanej wieloletnim użytkowaniem telefonów są prowadzone od wielu lat w wielu krajach (głównie w Europie, USA i Japonii, m.in. międzynarodowe europejskie programy badawcze *Interphone*, *Guard* i *COST 281*). Obejmują one badania laboratoryjne zwierząt doświadczalnych i hodowli komórkowych ekspozowanych na promieniowanie charakterystyczne dla telefonów komórkowych oraz badania ochotników ekspozowanych w kontrolowanych warunkach, a także badania epidemiologiczne dużych grup użytkowników telefonów. Ze względu na różnice częstotliwości i modulacji promieniowania wytwarzanego przez aparaty różnych systemów, uzyskane wyniki dotyczące skutków używania aparatów starszego typu można ekstrapolować do nowszych systemów jedynie z bardzo dużą ostrożnością.

Wyniki badań są dotychczas niejednoznaczne. W części badań uzyskano wyniki wskazujące na możliwe negatywne następstwa, a w innych przeczące takiej możliwości. Skutki zdrowotne, co do których stawiane są hipotezy badawcze dotyczą m.in. zwiększonego prawdopodobieństwa (częstotliwości) wystąpienia nowotworów zlokalizowanych w obrębie głowy i szyi, zaburzenia funkcji układu nerwowego, procesów pamięciowych, zmian funkcjonowania komórek. Dotychczas nie uzyskano ostatecznych, niepodważalnych dowodów tego typu reakcji organizmu i nie wyjaśniono mechanizmu ich powstawania. Są to w dalszym ciągu hipotezy badawcze podlegające żmudnej, wieloletniej weryfikacji, wskazujące jednak na potrzebę daleko idącej ostrożności przy intensywnym wykorzystywaniu telefonu komórkowego. Ostrożność ta powinna dotyczyć głównie dzieci, ponieważ wyniki prowadzonych symulacji numerycznych wskazują na możliwość większej, niż w przypadku osób dorosłych, absorpcji energii promieniowania elektromagnetycznego przez organizm dziecka. Powodem jest inny kształt geometryczny głowy i właściwości elektryczne tkanek. Dodatkowo, podatność organizmu dziecka na negatywne skutki zdrowotne ekspozycji może być spowodowana przebiegającymi w organizmie procesami rozwojowymi i nieustrukturalizowaną budową i funkcjonowaniem układu nerwowego. Dlatego w literaturze specjalistycznej można znaleźć doniesienia o zalecanej ostrożności przy korzystaniu z telefonów komórkowych i np. ograniczaniu długości rozmów, dotyczące głównie dzieci, ale wskazane również dla osób dorosłych.

W najbliższych latach spodziewane jest opublikowanie przez międzynarodowe organizacje monitorujące zagrożenia środowiskowe (IARC, ICNIRP, WHO) raportów oceniających stopień zagrożenia promieniowaniem wytwarzanym przez telefony komórkowe na podstawie prowadzonych obecnie badań naukowych. Wiążące rozstrzygnięcia mogą wymagać jednak dalszych wieloletnich badań, ponieważ w uruchamianym obecnie systemie UMTS stosowane jest promieniowanie o charakterystyce znacznie różniącej się od systemu GSM, którego badania naukowe przeprowadzono dotychczas najwięcej.



Nieobojętne dla bezpieczeństwa jest również rozpraszanie w czasie rozmowy uwagi kierowcy lub innych osób używających telefonu komórkowego podczas pracy. Może to stać się przyczyną istotnej statystycznie liczby wypadków samochodowych. W wielu krajach wprowadzono uzasadniony tego rodzaju zdarzeniami zakaz używania przez kierowcę telefonu (bez odpowiedniego zestawu samochodowego lub głośno mówiącego) w czasie prowadzenia samochodu.

Charakter oddziaływania na ludzi stacji bazowych jest podobny jak telefonu komórkowego. Moc nadajników jest znacznie większa niż moc terminali (czyli aparatów telefonicznych), jednak lokalizacja anten stacji bazowych na masztach i dachach budynków, w miejscach praktycznie niedostępnych dla ludności, a w związku z tym w zdecydowanie większej odległości od przebywających w ich otoczeniu ludzi w stosunku do odległości od telefonów trzymany bezpośrednio przy ciele (najczęściej głowie) człowieka sprawia, że zagrożenia elektromagnetyczne pochodzące od stacji bazowych mogą dotyczyć jedynie sporadycznych przypadków ekspozycji pracowników obsługi, wykonujących pracę bezpośrednio przy antenach.

Oddziaływanie na urządzenia elektroniczne

Energia elektromagnetyczna wypromieniowywana przez telefony komórkowe może zakłócać właściwe funkcjonowanie wielu urządzeń elektronicznych. Przykładowo, jako prawdopodobną przyczynę katastrofy samolotu SAAB, która miała miejsce w 2000 roku na lotnisku w Zurichu, podaje się zakłócenia aparatury pokładowej spowodowane przez pola elektromagnetyczne emitowane przez telefon komórkowy [6].

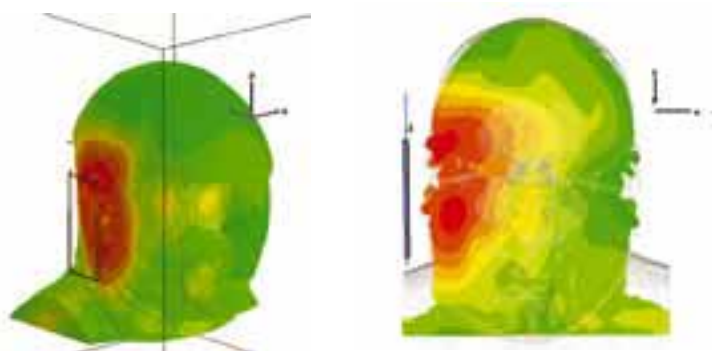
Często obserwowane jest oddziaływanie telefonów komórkowych na bramki antykradzieżowe w sklepach. Aby zapewnić niezakłócone działanie aparatury medycznej, w blokach operacyjnych i oddziałach intensywnej opieki medycznej zakazuje się korzystania z telefonów komórkowych.

Istotnym zagadnieniem jest także bezpieczeństwo i komfort osób z wszczepionymi implantami medycznymi, np. elektrostymulatorami serca. Podatność stymulatorów na zakłócenia zależy od ich konstrukcji i była szczególnie duża w przypadku urządzeń implantowanych przed laty. Zakłócenia wywołane przez promieniowanie aparatów telefonicznych powodowały asynchroniczną pracę stymulatora, błędną sekwencję pracy lub blokowanie stymulatora (do kilku sekund przy kilkucentymetrowej odległości telefonu od stymulatora). Wyniki licznych badań wykluczają możliwość oddziaływania telefonów komórkowych na stymulatory serca z odległości większej od kilkunastu-, kilkudziesięciu centymetrów. Możliwe zakłócenia nie stwarzają bezpośredniego zagrożenia dla życia osoby z tego typu implantem, ale powodują dyskomfort psychiczny i w pewnych sytuacjach mogą być przyczyną nieskoordynowanych reakcji człowieka ekspozowanego na promieniowanie i w ten sposób mogą być przyczyną niebezpiecznych następstw.

Podsumowanie

Zgodnie z dyrektywą 2004/40/WE (art. 4.3.) [2] oceny warunków ekspozycji pracowników na pola elektromagnetyczne nie przeprowadza się w powszechnie dostępnych miejscach pracy, o ile uprzednio dokonano oceny zgodnie z postanowieniami zalecenia Rady 1999/519/WE [1] i są przestrzegane względem pracowników określone tam ograniczenia, a zagrożenia dla bezpieczeństwa są wykluczone. Wobec takiego postanowienia dyrektywy nie należy wymagać wykonania oceny narażenia na promieniowanie pracowników używających w czasie pracy telefony komórkowe/bezprzewodowe, jeżeli telefony te zostały wcześniej ocenione ze względu na wymienione kryteria oceny ekspozycji ogółu ludności, czyli w przypadku telefonów, co do których w instrukcji obsługi podano wartość SAR wyznaczonego przez producenta zgodnie z wymienionymi normami.

W intencji prawodawcy obowiązujące w Polsce przepisy zezwalające na lokalizację i użytkowanie stacji bazowych w pobliżu miejsc dostępnych dla ludności, powinny skutkować stosunkowo wysokim stopniem ochrony ludności. Zgodnie z rozporządzeniem ministra środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów [7], w miejscach dostępnych dla ludności natężenie pola elektrycznego z zakresu częstotliwości, w którym pracują systemy telefonii komórkowej nie powinno przekraczać 7 V/m, natomiast wspomniane zalecenie 1999/519/WE Rady Europy [1] podaje ograniczenie ekspozycji ludności poniżej natężenia pola elektrycznego 41-58 V/m, zależnie od częstotliwości ocenianego promieniowania. Regularna kontrola przestrzegania ograniczeń poziomu pól elektromagnetycznych, podanych w rozporządzeniu ministra środowiska, zapewnia ich powszechne respektowanie.



Rys. Przykładowe wyniki obliczeń SAR w głowie człowieka
Fig. Examples of results calculation of SAR in human head



PIŚMIENNICTWO

- [1] Council of the European Union Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz), 1999/519/EC, O.J. no L199/59 (Acts whose publication is not obligatory)
- [2] Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (18th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC O.J. no L-184, 24.05.2004
- [3] PN-EN 50360:2004 *Określanie zgodności telefonów ruchomych z ograniczeniami podstawowymi dotyczącymi ekspozycji ludzi na pola elektromagnetyczne (300 MHz - 3 GHz). Norma wyrobu*
- [4] PN-EN 50361:2003 *Pomiary swoistego tempa pochłaniania energii związanego z ekspozycją ludzi na pola elektromagnetyczne o częstotliwościach od 300 MHz do 3 GHz, wytwarzane przez telefony ruchome. Norma podstawowa*
- [5] TCO'01 Certification of Mobile Phones, Requirements and test methods for quality and environmental labeling, 2001, www.TCOdevelopment.com
- [6] Microwave News, January/February, 2001
- [7] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. W sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów. DzU nr 192, poz. 1883

