

Kazimierz Woźniak, Leszek Mierzejewski

Eksplatacyjna ocena sieci trakcyjnej typu 2c120-2c-3 na linii CMK przewidywanej dla prędkości jazdy do 250 km/h

Wprowadzanie dla realizacji przewozów na liniach międzynarodowych i krajowych nowej generacji taboru wymaga podniesienia parametrów eksploatacyjnych linii kolejowych, w tym jazdy pociągów z dużymi prędkościami, z $V > 160$ km/h. PKP przygotowując swój program działania w zakresie oferty przewozowej uwzględniły również jazdę pociągów z prędkością ponad 160 km/h. Pierwsze pociągi z prędkością 160 km/h mogły kursować po linii CMK w połowie lat siedemdziesiątych dwudziestego stulecia. Docelowo zakładano jazdę z prędkościami maksymalnymi do 250 km/h, w zależności od parametrów infrastruktury. Do 2002 r. na sieci PKP nie było linii, na której mógłby być prowadzony ruch z prędkością powyżej 160 km/h.

Dla rozpoczęcia eksploatacji pociągów z prędkościami ponad 160 km/h niezbędnym – oprócz spełnienia wymagań dotyczących taboru jest dostosowanie sieci trakcyjnej do standardów sieci, mogących współpracować z odbierakiem prądu przy prędkości jazdy w zakresie dużych prędkości powyżej 160 km/h. Na linii CMK zbudowano 440 torokm sieci trakcyjnej typu 2C120-2C, której parametry pozwalają na jazdę pojazdów trakcyjnych z prędkością $V = 160$ km/h. Dla sieci tej uzyskano świadectwo dopuszczenia do eksploatacji budowli przeznaczonej do prowadzenia ruchu pociągów nr B/2000/0148 z 27 czerwca 2000 r. Podstawowe parametry tej sieci przedstawiono w tablicy 1.

Dla prędkości w zakresie 160–250 km/h zespół specjalistów w Zakładzie Trakcji i Urzędzie Politechniki Warszawskiej zaprojektował sieć oznaczona symbolem 2C120-2C-3. Około siedmiokilometrowy odcinek doświadczalny tej sieci zbudowano w 1998 r., w torze nr 2 na szlaku Góra Włodowska – Psary w km 171,571–177,875.

Założenia techniczne modernizacji sieci typu 2C120-2C na 2C120-2C-3, opracowane przez Głównego Energetyka PKP w 1997 r., wprowadzały wiele zmian w konstrukcji sieci i zakładały według [6] m.in.:

- a) przebudowę przęseł naprężenia polegającą na:
 - zastosowaniu oddzielnych urządzeń naprężających dwie linie nośne i oddzielnych urządzeń naprężających dwa przewody jezdne;
 - zastosowaniu rolek linowych w urządzeniach naprężających w tzw. układzie szeregowym;
 - wykonaniu nowych przęseł naprężenia w wariantach podstawowym przy wykorzystaniu sześciu lub w przypadkach uzasadnionych ośmiu konstrukcji wsporczych;

- usunięciu konstrukcji wsporczych istniejących przęseł naprężenia modernizowanych odcinków sieci wraz z jedną konstrukcją przelotową – bezpośrednio sąsiadującą;
- wybudowaniu wspólnej bieżni tzw. dynamicznej; wspólna bieżnia powinna być tworzona w stanie dynamicznej współpracy odbieraka prądu z siecią jezdnią przy prędkości jazdy 250 km/h;
- zwiększeniu siły naciągu w każdym z przewodów jezdnych do wartości 1059 daN, przy pozostawieniu naciągu w linach nośnych na niezmiennym poziomie;
- zastosowaniu złączek w przewodach jezdnych, których użycie wiązało się z przebudową przęseł oraz wydłużeniem przewodów jezdnych, poza strefę styku odbieraków prądu z siecią.

b) modernizację przelotowych przęseł zawieszenia polegającą na:

- regulacji wysokości zawieszenia przewodów jezdnych na poziomie 5200 mm (w układzie statycznym); maksymalna różnica wysokości zawieszenia przewodów na konstrukcjach sąsiednich nie mogła przekraczać 10 mm;
- przeregulowaniu odsuwu przewodów na prostej i na łukach o promieniu $R > 3000$ m w punktach podwieszenia na przelotowych konstrukcjach wsporczych, który powinien wynosić ± 200 mm, na łukach o promieniu $R < 3000$ m – maksymalnie 360 mm, przy czym oś symetrii przewodów jezdnych powinna być styczna do osi toru w środku przęsła zawieszenia; maksymalne odchylenie przewodów jezdnych od osi toru przy uwzględnieniu wywiania wiatrowego nie powinno przekroczyć 400 mm;
- zastosowaniu elementów korygujących drgania – tłumiki o działaniu jednostronnym oraz wieszaki przewodząco-tłumiące; w przypadku braku możliwości zainstalowania wieszaków przewodząco-tłumiących należało zastosować w każdym przęsle zawieszenia połączenia elektryczne lin nośnych i przewodów jezdnych o przekroju minimum $2 \times 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$.





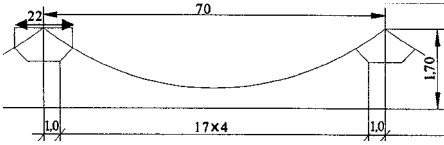
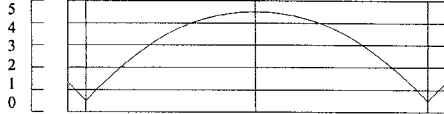


c) założono, że:

- maksymalna względna różnica długości kolejnych przęseł zawieszenia zmodernizowanych odcinków sieci jezdnej linii CMK nie powinna przekraczać 10%;
- stosowane nowe konstrukcje wsporcze mieć przekrój dwuteowy i być posadawiane na fundamentach pałowych;
- zostanie zmieniony istniejący system uszynień indywidualnych na system uszynienia grupowego w układzie otwartym;

- zostanie dokonana wymiana osprzętu sieciowego, w tym nowych wieszaków w wykonaniu zapewniającym połączenie elektryczne lin nośnych i przewodów jezdnych;
- będą stosowane połączenia elektryczne zaprasowywane;
- jako ochrona odgromowa zostaną zamontowane na sieci odgromniki zaworowe zamiast rożkowych;
- zostaną zamontowane zabezpieczenia przeciwwiatrowe między wysięgiem pomocniczym a ukośnikiem oraz w formie dodatkowego podwieszenia ramion odciążowych do wysięgu pomocniczego za pomocą specjalnych linek;
- zostaną wymienione odciążki prętowe słupów kotwienia środkowego na typu długiego, stosując fundamenty palowe odciążków;
- odciążki prętowe słupów kotwowych (krajowych i środkowych) powinny być wykonane z zastosowaniem elementów izolacyjnych w górnej ich części;
- nowe konstrukcje wsporcze powinny być posadawiane w skrajni minimum 2,1m;
- konstrukcje wsporcze istniejące ze stali typu „patinax”, pozostające w dalszej eksploatacji będą wzmocnione w miejscach mocowania w fundamentach;

Tablica 1

Podstawowe parametry sieci trakcyjnej typu 2C120-2C, której parametry pozwalają na jazdę pojazdów trakcyjnych z prędkością do $V = 160$ km/h.

Rodzaj napięcia	 [V]	stałe 3000
Rodzaj zawieszenia		uelastycznione, scalony układ lin nośnych
Przekrój	$a + b + c$ [mm ²]	$2 \times C 120 + 2 \times C 100$
Rozpiętość	 [m]	70
Długość zawieszenia „Y”	 [m]	22
Odległość między wieszakami	 [m]	4
Konstrukcja a – lina nośna b – przewody jezdne c – lina pomocnicza	\leftrightarrow 1:1000 \updownarrow 1:100	
Elastyczność sieci	e [mm/daN]	
Naciąg w linach nośnych	F_a [daN]	2×1589
Naciąg w przewodzie jezdnym	F_b [daN]	2×953
Naciąg w linie pomocniczej	F_c [daN]	1589
Maksymalna elastyczność	e_{max} [mm/N]	4,48
Położenie % e_{max}	 [%]	50
Minimalna elastyczność	e_{min} [mm/N]	3,43
Położenie % e_{min}	 [%]	18,57
Średnia elastyczność	$\frac{1}{2}(e_{max} + e_{min})$ [mm/N]	3,96
Nierównomierność elastyczności	$\frac{e_{max} - e_{min}}{e_{max} + e_{min}}$ [%]	13,1
Okres drgań własnych	T [s]	1,25
Częstotliwość drgań własnych	f [Hz]	0,8
Obliczeniowa prędkość krytyczna	v_{krt} [km/h]	201
Zwis przewodów jezdnych	[cm]	0
Obliczeniowa prędkość rozprzestrzeniania się impulsu	V_{imp} [km/h]	402

- ulegną przebudowie rozjazdy sieciowe, na rozjazdy bez połączenia mechanicznego elementów sieci toru głównego z siecią toru bocznego lub przejścia zwrotnicowego.

Podstawowe parametry techniczne sieci 2C120-2C-3 zapisano w tablicy 2.

Przyjęcie opisanych rozwiązań miało na celu przywrócenie sprawności technicznej wyeksploatowanych elementów oraz zapewnienie wyższego, w stosunku do cechującego rozwiązania zastosowane w konstrukcji sieci 2C120-2C poziomu niezawod-




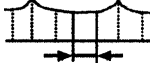
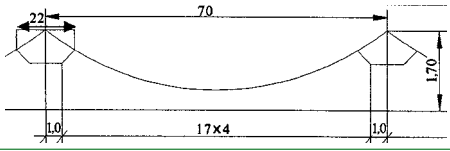
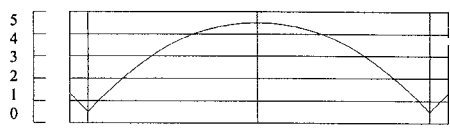


ności i pewności pracy najbardziej niewralgicznych części składowych sieci jezdnej, przeznaczonej do eksploatacji przy prędkościach powyżej 160 km/h.

Doświadczenia eksploatacyjne

W okresie ponad pięcioletniej eksploatacji sieci 2C120-2C-3 nie zanotowano poważniejszych awarii – sieć ta pracuje bezawaryjnie. Występujące drobne rozregulowania i usterki były zauważane i na bieżąco usuwane przez PKP Energetyka Sp. z o.o. Zakład

Tablica 2

Podstawowe parametry techniczne sieci 2C120-2C-3.

Rodzaj napięcia		[V]	stałe 3000
Rodzaj zawieszenia			elastyczne
Przekrój	$a + b + c$	[mm ²]	$2 \times \text{Cu } 120 + 2 \times \text{Cu } 100 = 440$
Rozpiętość		[m]	70
Długość zawieszenia „Y”		[m]	22
Odległość między wieszakami		[m]	4
Rodzaj przęsla naprężenia			sześciosłupowe
Konstrukcja a – lina nośna b – przewody jezdne c - lina pomocnicza	\leftrightarrow 1:1000 \updownarrow 1:100		
Elastyczność sieci	e	[mm/daN]	
Naciąg w linach nośnych	F_a	[daN]	1588
Naciąg w przewodzie jezdny	F_b	[daN]	2×1059
Naciąg w linie pomocniczej	F_c	[daN]	1588
Maksymalna elastyczność	e_{\max}	[mm/N]	3,83
Położenie % e_{\max}		[%]	50
Minimalna elastyczność	e_{\min}	[mm/N]	2,6
Położenie % e_{\min}		[%]	15,7
Średnia elastyczność	$\frac{1}{2}(e_{\max} + e_{\min})$	[mm/N]	3,21
Nierównomierność elastyczności	$\frac{e_{\max} - e_{\min}}{e_{\max} + e_{\min}}$	[%]	19,1
Okres drgań własnych	T	[s]	1,33
Częstotliwość drgań własnych	f	[Hz]	0,75
Obliczeniowa prędkość krytyczna	v_{kt}	[km/h]	201,5
Zwis przewodów jezdnych		[%]	1
Obliczeniowa prędkość rozprzestrzeniania się impulsu	V_{imp}	[km/h]	412
Prędkość konstrukcyjna		[km/h]	250

Świętokrzyski – jednostkę utrzymującą sieć trakcyjną na tej linii. Należy podkreślić, że sieć została tylko częściowo przebadana dla prędkości powyżej 160 km/h. Wstępne badania potwierdzały założenia konstruktorów. Podczas przejazdów doświadczalnych sieć ta bez iskrzeń i przerw styku współpracowała z odbierakiem prądu. W okresie eksploatacji zaobserwowano kilka niepożądanych zjawisk.

■ Kilkakrotne uszkodzenia tłumików. nurnik wraz z połączeniami z linki Cu10 stanowi wieszak przewodzący, przy czym inna jest przewodność linki i tłumika. Tłumik z linką łączony jest za pośrednictwem uchwytów przytwierdzonych do obudowy tłumika za pomocą nitów. W okresie eksploatacji uszkodzeniu mechanicznemu ulegały nity oraz następowało „nadpalanie” układu elementów sprężynujących. Zerwanie uchwytu grozi opadnięciem tłumika poniżej przewodów jezdnych i może spowodować uszkodzenie odbieraka prądu. Aby temu zapobiec zastosowano linki obejściowe tłumika, które bocznikują przepływ prądu, a w przypadku zerwania uchwytu mocującego zabezpieczają tłumik przed opadnięciem poniżej przewodów jezdnych. Aby stosować tłumik jako element standardowy sieci, jego wykonanie musi zostać zmienione.

■ Zbyt długo trwające drgania sieci po przejechaniu pociągu z dużą prędkością przez przęsła naprężenia ośmiostłupowe, w których zastosowano bieźnię dynamiczną. Zjawisko to w mniejszym stopniu występuje w przęsle sześciostłupowym. Przed podjęciem decyzji o wyborze i zastosowaniu w dalszej modernizacji sieci rodzaju przęsła z bieźnią w układzie dynamicznym, należy dokończyć szczegółowych badań.

■ Podobne zjawisko drgań występuje w przejściach rozjazdowych. W tym przypadku przyczyną wydaje się być niewłaściwie zaprojektowane przęsło. Wysokość konstrukcyjna w punktach podwieszenia wynosi 130 cm przy odstępach konstrukcji wsporczych około 70 m. Przy takich parametrach następuje zbyt duże zbliżenie liny nośnej i przewodów jezdnych w środku przelotu, gdzie zamontowano izolator sekcyjny, stanowiący w sieci tzw. twardy punkt. Lina nośna zbyt zbliża się do drutów jezdnych.

■ Występujące podczas przejazdu pociągów drgania podtorza, przenoszą się na konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnej. W miejscach mocowania konstrukcji w fundamentach następuje zauważalne ich osłabienie. Następuje odwarstwianie rdzy, powodujące ubytki w stali. Przystosowując sieć trakcyjną do prędkości 250 km/h, koniecznym jest wymiana wszystkich konstrukcji ze stali typu „patinax” na konstrukcje stalowe posadowione na fundamentach palowych.

■ Blokowanie się ciężarów w urządzeniach naprężających, w których zastosowano jedną prowadnicę dla dwu stosów ciężarów.

■ Dokładnej analizie wymaga zastosowanie w sieci do 250 km/h, w przęsłach naprężenia lin stalowych. Wobec zwiększonych wymagań dla parametrów sieci powyżej 160 km/h, stosowanie omawianych rozwiązań wydaje się wątpliwe, chociażby z uwagi na krótsze okresy eksploatacyjne lin stalowych.

■ Brak jest opinii o pracy odgromników zaworowych w sieci typu 2C120-2C-3.

W 2002 r., na zlecenie Biura Energetyki PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. sieć ta została przebadana przez zespół specjalistów CNTK dla prędkości jazdy do 200 km/h. Badania potwierdziły wcześniejsze założenia konstruktorów i analizy techniczne. Podczas przejazdów doświadczalnych sieć spełnia wymagania

w zakresie współpracy z odbierakiem prądu. Za zasadne uznano stosowanie w sieci trakcyjnej rozjazdów sieciowych bez połączeń mechanicznych pomiędzy elementami sieci trakcyjnej toru głównego i bocznego, rolek linowych w urządzeniach naprężających w układzie szeregowym, oddzielnych urządzeń naprężających dla lin nośnych i dla przewodów jezdnych. Jednocześnie badania nie potwierdziły istotnego wpływu elementów tłumiących zamocowanych w sieci trakcyjnej na współpracę odbieraka prądu z siecią trakcyjną. Zwiększają one dodatkowo współczynnik nierównomierności elastyczności, zmniejszając minimalną elastyczność pod słupami i należy uznać je za zbędne w konstrukcji sieci trakcyjnej. Za nie zasadne uznano również stosowanie w sieci trakcyjnej wspólnej bieźni „dynamicznej” w przęsłach naprężenia oraz wstawki z lin stalowych w przęsłach naprężenia dla mocowania przewodów jezdnych i lin nośnych od słupa krzyżowego do izolatora przed urządzeniem kotwiącym.

Podsumowanie

Biorąc pod uwagę praktykę stosowaną przez europejskie zarządy kolejowe należy stwierdzić, że decyzje o podnoszeniu prędkości eksploatacyjnej poszczególnych, modernizowanych odcinków linii kolejowych PKP powinny być poprzedzone wykonaniem kompleksowej modernizacji urządzeń infrastruktury danej linii, zgodnie z przyjętymi standardami technicznymi odpowiadającymi zakładanym prędkościom eksploatacyjnym. W przypadku znacznego podwyższenia prędkości jazdy pociągów, jak na linii CMK, konieczne jest wykazanie przede wszystkim metodą badań współpracy taboru trakcyjnego ze zmodernizowanymi urządzeniami, pod kątem zastosowania właściwych rozwiązań technicznych. Do badań sieci trakcyjnej na linii CMK powinien być użyty tabor trakcyjny, który jest przewidywany do użytkowania z docelowymi prędkościami eksploatacyjnymi na tej linii tj. dla prędkości jazdy do 250 km/h. Prowadzone badania pozwalają na doskonalenie rozwiązań zastosowanych na odcinku pilotażowym. Umożliwi to dopracowanie standardu sieci, która zawiśnie docelowo na podstawowych kolejowych ciągach komunikacyjnych.

W roku bieżącym w planach PKP PKLK S.A. rozpocznie się kolejny etap modernizacji sieci trakcyjnej na CMK, na odcinku Góra Włodowska – Psary – Knapówka. W nowych projektach zostają wykorzystane uwagi i spostrzeżenia z prowadzonych badań i z okresu eksploatacji. W dalszej modernizacji sieci trakcyjnej nie stosuje się między innymi tłumików drgań oraz wspólnej bieźni dynamicznej, których pozytywnego wpływu na współpracę z odbierakiem prądu nie stwierdzono.

Linie magistralne eksploatowane w Polsce kwalifikują się według [10] do kategorii „Upgraded lines”. Prędkości jazdy 160 km/h lub 200-250 km/h nie były prędkościami konstrukcyjnymi przyjmowanymi na etapie projektowania sieci jezdnych na tych liniach, a obecny stan powstał w wyniku modernizacji linii. Stąd też projektowanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych sieci jest „obciążone” od początku poprzednimi założeniami w odniesieniu do konstrukcji wsporczych, długości przęseł, naciągów maksymalnych. Ze względu na wymagania Specyfikacji Technicznych Interoperacyjności konstrukcje ulepszone lub modernizowane powinny spełniać kryteria dyrektyw UE, norm EN oraz wymagań UIC i IEC. Wymagania te w postaci kryteriów odnoszą się do obszaru projektowania, wytwarzania, badań oraz eksploatacji. Sieć trakcyjna linii CMK jest obecnie w stadium projektowania i badań. Aktualnie badania obejmują podstawowe parametry sieci

(tabela 1 i 2). Przed wydaniem atestu przez CNTK konieczne będzie zgodnie z [10] wykonanie kompletnych badań typu tak, aby po umożliwieniu dostępu do linii operatorom zewnętrznym zapewnić prawidłową eksploatację sieci. Dyrektywa 96/48 obejmuje także zagadnienia odnoszące się do odbieraków prądu i należy mieć na uwadze wymagania, które powinny spełniać parametry i charakterystyki odbieraków wszystkich potencjalnych użytkowników. Dla użytkownika istotny będzie atest sieci, natomiast dla właściciela sieci atest odbieraka. Główne wymagania odnośnie sieci trakcyjnej obejmują geometrię sieci, naciągi, odporność na warunki środowiskowe, bezpieczeństwo, obciążalność prądowa, jakość materiałów przewodów, konstrukcje wsporcze.

Otwartym zagadnieniem pozostaje w dalszym ciągu system eksploatacji kontroli parametrów sieci i diagnostyka sieci dla dużych prędkości jazdy.

Linia CMK jest linią przeznaczoną głównie dla przewozów pasażerskich. Inne linie o podwyższonych prędkościach jazdy do 160 km/h i więcej mogą być eksploatowane w ruchu mieszanym z pociągami o różnym poborze mocy maksymalnej, układach napędowych (prądach rozruchu) oraz prędkościach jazdy. Wpływ takiego wykorzystania linii na parametry eksploatacyjne sieci jezdnej, głównie na zużycie drutów jezdnych jest sprawą wymagającą dokonania oceny.



Literatura

- [1] *Rozwiązania konstrukcyjne sieci trakcyjnej w rejonie rozjazdu dla V=250 km/h dla linii CMK – Etap I. Projekty koncepcyjne modyfikacji istniejącej sieci.*

- [2] Norma PN-EN 50119 *Railway applications – Fixed installation – Electric traction overhead contact lines.*
- [3] Norma EN 50149 *Railway applications – Fixed installation – Copper and copper alloy grooved contact wires.*
- [4] *Standardy techniczne - szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji linii CMK do prędkości 200/250 km/h. Wymagania dotyczące zasilania w energię elektryczną.*
- [5] *Badanie współpracy odbieraka prądu z siecią trakcyjną w rejonie przęsła naprężenia o nowej konstrukcji. Etap 1- Badanie sieci trakcyjnej CMK. Warszawa, wrzesień 1999r.*
- [6] Pismo nr KE2-5530-3/4/97 *Założenia techniczne modernizacji odcinków naprężenia wybranego szlaku linii CMK.*
- [7] *Badanie sieci trakcyjnej typu 2C120-2C-3 przy prędkości jazdy do 250 km/h. CNTK Warszawa, grudzień 2002r.*
- [8] *Ekspertyza techniczna dotycząca wdrożenia na sieci kolejowejjazd pociągów z prędkościami powyżej 160 km/h. Warszawa, listopad 1999.*
- [9] *Informacje przekazane przez PKP Energetyka Sp. z o.o. Zakład Świętokrzyski.*
- [10] *Technical specification for interoperability relating to the energy subsystem. Commission delusion of 30 May 2002. Commission recommendation on the basic parameters of the trans-European high-speed rail system. Directive 96/48/EC.*

Autorzy

tytuł naukowy Leszek Mierzejewski

tytuł naukowy Kazimierz Woźniak

Politechnika Warszawska, PKP PLK S.A.

Konferencja Naukowo-Techniczna

Unia Europejska szansą dla PKP

10–12 grudnia 2003 r.

Tematyka:

- Polityka transportowa Unii Europejskiej a strategia rozwoju polskiego transportu kolejowego
- Standaryzacja techniczna systemów kolejowych w UE
- Kierunki rozwoju przewozów intermodalnych w aspekcie VI Ramowego Programu UE (systemy interfejsów między różnymi przewoźnikami)
- Kryteria i procedury pozyskiwania funduszy unijnych
- Kompleksowość obsługi Klienta; kierunki rozwoju centrów logistycznych w Polsce, systemy informatyczne zarządzania i organizacji pracy
- Liberalizacja rynku kolejowego w UE:
 - koncepcja „clearing house” w przewozach pasażerów i towarów
 - systemy wymiany informacji i rozliczeń między uczestnikami procesu przewozowego (integratorzy usług, przewoźnicy, zarządzający infrastrukturą)
- Systemy klasy ERP jako wymóg gotowości spółek Grupy PKP do funkcjonowania na rynku kolejowym UE
- Konkretnie rozwiązania w zakresie wymiany informacji systemów narodowych z kolejami państw UE i systemami kolei UZ, BC i RZD

Miejsce konferencji: SKALNY HOTEL ORBIS, 58-540 KARPACZ, ul. Obrońców 5

Informacje: PKP INFORMATYKA Sp. z o.o., Ośrodek Informatyki we Wrocławiu

50-525 Wrocław, ul. Joannitów 13

tel. (71) 369 59 02, fax 369 53 13, tel. kolejowy (985) 59 02, fax (985) 53 13

e-mail: W.Murawski@pkip.wroc.pl, konferencja@pkip.wroc.pl, www.pkip.wroc.pl