

30  
INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA-MIEDZESZYN

PROBLEMY

ŁĄCZNOŚCI

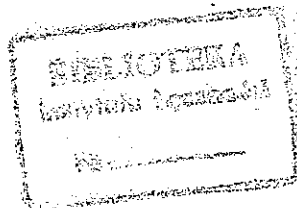
86

1972



MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

---



# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 12

WARSZAWA 1972

Nr 86

---

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek  
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redaktor Naczelny - mgr inż. Jerzy Rutkowski

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cetner, mgr inż. Adam Moniuszko,  
mgr inż. Józef Możejko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Egz. Nr

0041

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

---

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności  
Format B5. Nakład 810. Wpłynęło do  
Działu Wydawniczego 29.09.1972 r.  
Druk ukończono w październiku 1972 r.

# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Slawoj Walaszek

## PODSTAWOWE POJĘCIA EKSPLOATACYJNE URZĄDZEŃ TELEKOMUNIKACYJNYCH

### SPIS TREŚCI

|  | Str. |
|--|------|
| Wstęp  | 1    |
| Określenie pojęcia "eksploatacja urządzeń"                   | 2    |
| Eksploatacja urządzeń telekomunikacyjnych                    | 4    |
| Eksploatacyjne łańcuchy działania                            | 6    |
| Elementarny układ eksploatacji urządzenia                    | 9    |
| System eksploatacji  | 11   |
| Badanie istniejącego systemu eksploatacji                    | 13   |
| Badanie odstępu między czynnościami obsługi                  | 20   |
| Projektowanie systemu eksploatacji urządzeń                  | 27   |
| Miary jakości systemu eksploatacji                           | 31   |
| Wykresy izogotowości   | 36   |
| Miary jakości eksploatacji w telekomutacji                   | 41   |
| Przykłady sterowania jakością eksploatacji                   | 49   |
| Zbieranie i przetwarzanie informacji w systemie eksploatacji | 53   |
| Diagnostyka techniczna                                       | 56   |
| Szkolenie kadr dla eksploatacji                              | 59   |

|  | Str. |
|--|------|
| Bezpieczeństwo i higiena pracy w procesie eksploatacji | 65   |
| Zakończenie  | 67   |
| Wykaz literatury                                       | 68   |

Slawoj Walaszek

## PODSTAWOWE POJĘCIA EKSPLOATACYJNE URZĄDZEŃ TELEKOMUNIKACYJNYCH

### WSTĘP

Eksplatacja urządzeń telekomunikacyjnych jest działalnością twórczą wymagającą dokładnego i wielostronnego przygotowania. Nowoczesny inżynier eksploatacji urządzeń telekomunikacyjnych, oprócz wiadomości z zakresu techniki, powinien posiadać również przetworzone na użytek fachowy wiadomości z zakresu teorii niezawodności, teorii eksploatacji, ekonomii, socjologii, psychologii, prakseologii i innych. Wiadomości te tworzą wspólnie tzw. kulturę eksploatacji, która polega na świadomym działaniu w każdej sytuacji eksploatacyjnej. Teoretyczne i praktyczne opanowanie nowoczesnych metod i środków eksploatacji urządzeń telekomunikacyjnych jest podstawą sukcesów inżyniera eksploatacji.

Ponieważ nauka o eksploatacji jest nauką, która dopiero się kształtuje, wiedza z tej dziedziny była w bardzo małym stopniu przekazywana inżynierom w czasie studiów. Obecnie sytuacja na tyle uległa poprawie, że mamy do dyspozycji szereg publikacji z dziedziny teorii i praktyki eksploatacji, które można wykorzystać tak w programach nauczania w wyższych uczelniach, jak i na odpowiednich kursach specjalistycznych. W różnych zakładach i instytutach tworzone są specjalne zespoły ludzi, zajmujące się tematyką eksploatacji urządzeń. Ostatnio w zapleczu naukowo-badawczym re-

sortu łączności, w Instytucie Łączności, utworzono Zakład Metod Eksploatacji Sieci i Urządzeń Telekomunikacyjnych, zajmujący się zagadnieniami eksploatacji. Prace w zakresie teorii eksploatacji prowadzono są bardzo szeroko w Wojskowej Akademii Technicznej, gdzie już w 1968 roku powstał Zespół Teorii Eksploatacji. Z prac tego zespołu będziemy tutaj szeroko korzystać. Również Stowarzyszenie Elektryków Polskich zajmuje się tą problematyką w ramach utworzonej Komisji Eksploatacji SEP.

Celem tej pracy jest popularyzacja podstawowych pojęć eksploatacji wśród pracowników zajmujących się eksploatacją urządzeń telekomunikacyjnych. Oczywiście ze względu na ograniczone jej rozmiary nie można omówić wszystkich zagadnień związanych z tą tematyką. Ograniczono się do omówienia jakościowego wybranych zagadnień z dziedziny eksploatacji.

## OKREŚLENIE POJĘCIA "EKSPLOATACJA URZĄDZEŃ"

Istnieje potrzeba ścisłego określenia pojęcia "eksploatacja urządzeń" i pojęć pochodnych w celu jednoznacznego przekazywania informacji dotyczących tego zagadnienia.

Potrzeba ta występuje wyraźnie tak w praktyce jak i w nauce. W praktyce pojęcie "eksploatacja" bywa rozumiane bardzo różnie. Można tutaj wyróżnić trzy zasadnicze postawy pojmowania tego pojęcia. Pierwsza wychodzi z założenia, że eksploatacja to współdziałanie człowieka z urządzeniem, mające na celu utrzymanie sprawności technicznej urządzenia. Druga pojmuje eksploatację jako umiejętność jak najlepszego wykorzystania urządzenia. Wreszcie trzecia postawa, najogólniejsza i najbliższa prawdy, pojmuje



eksploatację jako całokształt współdziałania człowieka z urządzeniem, obejmującego użytkowanie /wykorzystanie/, utrzymanie sprawności technicznej, przechowywanie i inne działania występujące w ciągu całego okresu użytkowania urządzenia, a więc od momentu wyprodukowania aż do momentu jego całkowitego zużycia.

Należy zwrócić jeszcze uwagę na fakt, że eksploatacja urządzeń to nie tylko działalność techniczna, ale również organizacyjna. Tak działalność techniczna jak i organizacyjna mają jednakowe znaczenie z punktu widzenia uzyskania dobrych wyników eksploatacji. Tylko harmonijny, wyważony rozwój obu tych elementów eksploatacji może dać w wyniku osiągnięcie celu eksploatacji, tzn. dużo dobrego towaru. W telekomunikacji towarem są połączenia telefoniczne, a ich jakość i maksymalna możliwa ilość zależy bezpośrednio od eksploatacji.

W praktyce spotyka się również tendencje traktowania eksploatacji jako sztuki, a nie nauki. Z takiego punktu widzenia wynika mniemanie, że doświadczenie jest ważniejsze niż teoria i że umiejętność eksploatacji nie ma cech, które można ująć ilościowo. Można jednak stwierdzić, że oddzielanie teorii od praktyki jest zawsze bardzo szkodliwe, a szczególnie w eksploatacji stanowiącej bardzo wszechstronny przykład działalności człowieka. Jest to tym bardziej oczywiste, że eksploatacja jako nauka rozwija bardzo intensywnie swoje podstawy teoretyczne, widoczne w teoriach: eksploatacji, niezawodności, diagnostyki technicznej /teoria testów/, masowej obsługi, podejmowania decyzji, badań operacyjnych i innych.

Z teoretycznego punktu widzenia, najogólniej można określić eksploatację urządzenia w następujący sposób: eksploatacja urządzenia jest to współdziałanie człowieka z urządzeniem w celu reali-

zacji określonego celu. Definicję tę można rozszerzyć i powiedzieć, że eksploatacja urządzenia jest to współdziałanie człowieka z urządzeniem zgodnie z przeznaczeniem urządzenia, odbywające się w określonej przestrzeni dla osiągnięcia w zadanym czasie określonego celu.

Oczywiście współdziałanie człowieka z urządzeniem może mieć różny cel, w zależności od stanu urządzenia. Jeżeli urządzenie jest zdadne do pracy, wówczas jest realizowany proces użytkowania urządzenia oraz proces utrzymania wymaganego stanu technicznego urządzenia; jeżeli urządzenie jest niezdatne do pracy, wówczas jest realizowany proces mający na celu przywrócenie wymaganego stanu technicznego urządzenia /proces naprawy/. Taki sposób postępowania zgodny jest z ogólną definicją działania człowieka: "działać, a przynajmniej działać z namysłem, to zmierzać do określonego celu w danych warunkach za pomocą właściwych środków po to, by dojść od warunków istniejących do warunków odpowiadających przyjętemu celowi".

## EKSPLLOATACJA URZĄDZEŃ TELEKOMUNIKACYJNYCH

W zasadzie dostępne informacje dotyczące eksploatacji można podzielić na trzy poziomy. Będą to:

- eksploatacja ogólna, obejmująca jakościowy opis procesów eksploatacji urządzeń;
- teoria eksploatacji, obejmująca ilościowy opis procesów eksploatacji urządzeń;
- szczegółowe metody eksploatacji konkretnych urządzeń, czyli

tw. eksploatacja szczegółowa, obejmująca jakościowy i ilościowy opis procesów eksploatacji konkretnych urządzeń.

Omówione w poprzednim punkcie pojęcie eksploatacji urządzeń zostało ujęte z punktu widzenia eksploatacji ogólnej, tzn. w sposób uogólniony na wszystkie rodzaje urządzeń. Z punktu widzenia wspomnianej wyżej eksploatacji szczegółowej, dla urządzeń telekomunikacyjnych, pojęcie eksploatacji definiuje się w następujący sposób [1]:

"eksploatacja techniczna telekomunikacji jest to działalność techniczna i organizacyjna polegająca na wykonywaniu w najbardziej racjonalny sposób zabiegów koniecznych do utrzymania linii i urządzeń telekomunikacyjnych w stanie zapewniającym ich pełną sprawność usługową; do należytego wykonania tego zadania konieczne są:

- 1/ kadry techniczne w dostatecznej liczbie i o odpowiednich kwalifikacjach zawodowych;
- 2/ system płac zawierający bodźce ekonomiczne do wydajnej pracy tych kadr;
- 3/ instrukcje pomiarowe, konserwacyjne i remontowe;
- 4/ systematyczne doskonalenie metod eksploatacji;
- 5/ normatywy zatrudnienia w służbach technicznych poszczególnych gałęzi telekomunikacji;
- 6/ normatywy zużycia materiałów i części zamiennych;
- 7/ niezbędne środki finansowe;
- 8/ konieczne materiały i części zamienne;

9/ okresowa kontrola służb technicznych bezpośrednia i poprzez analizy kosztów własnych".

Z tego określenia eksploatacji urządzeń telekomunikacyjnych widać wyraźnie, że pojęcie eksploatacji jest pojęciem obejmującym wiele różnorodnych zagadnień i w związku z tym procesy eksploatacji są bardzo złożone. Opieranie się tylko na doświadczeniu i intuicji przy rozwiązywaniu problemów eksploatacji byłoby poważnym błędem, gdyż rozwiązania te mogą być opóźnione i mało efektywne. Dlatego należy wykorzystać wszystkie dostępne środki teoretyczne do rozwiązywania tych problemów. Przyspieszy to rozwiązywanie poszczególnych zagadnień i umożliwi wybranie rozwiązań optymalnych tak z punktu widzenia technicznego, jak i organizacyjnego oraz ekonomicznego.

Schemat ogólnej koncepcji eksploatacji z podaniem zasadniczych zakresów działania i powiązań między nimi podano na rys. 1<sup>x/</sup>.

## EKSPLOATACYJNE ŁAŃCUCHY DZIAŁANIA

Związek między eksploatacją urządzenia technicznego i zapleczem naukowym można przedstawić w sposób zilustrowany na rys. 2. Na rysunku tym urządzenie eksploatowane U, "zanurzone" w pewnym środowisku S, jest powiązane z zapleczem badawczym B za pomocą powiązań informacyjnych Z i P. Problemy powstające w czasie eksploatacji urządzenia U, na przykład wynikające z wpływu środowiska S na urządzenie, są przekazywane przez po-

---

<sup>x/</sup> Wszystkie rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

wiązanie informacyjne P do zaplecza naukowo-badawczego B. Tutaj problemy te są badane za pomocą modeli badawczych i decyzyjnych, a wyniki badań w postaci nowych zasad eksploatacyjnych są przekazywane poprzez powiązanie informacyjne Z do urządzenia U. W ten sposób powstaje sprzężenie zwrotne, które umożliwia systematyczne doskonalenie metod eksploatacji.

Należy zaznaczyć, że podobne sprzężenia zwrotne istnieją również między eksploatacją a produkcją oraz między eksploatacją a zapleczem przygotowującym produkcję nowych urządzeń. Informacje z eksploatacji umożliwiają poprawienie już produkowanych urządzeń oraz opracowanie lepszych nowych urządzeń. W pracy tej jednak będą omawiane tylko zagadnienia związane z eksploatacją, natomiast nie będą omawiane zagadnienia związane z produkcją i z przygotowaniem produkcji.

W dowolnym procesie współdziałania człowieka z urządzeniem występują trzy elementy tworzące tak zwany łańcuch działania [2], [3]. Każdy łańcuch działania składa się z podmiotu działania, który w określonym celu podejmuje działanie, z pośrednika działania, który przekazuje działanie, i przedmiotu działania, na którym jest zlokalizowany cel działania. Na przykład w przypadku badania urządzeń telefonicznych łańcuch działania tworzą: człowiek lub automatyczne urządzenie sterujące jako podmiot, aparatura kontrolno-badaniowa jako pośrednik oraz urządzenia centrali telefonicznej lub łącza telefoniczne jako przedmiot działania. Na rys. 3 podano elementarny łańcuch działania.

Jak wspomniano poprzednio, proces eksploatacji dzieli się na dwie zasadnicze grupy działań:

- działania mające na celu wykorzystanie urządzenia,
- działania mające na celu utrzymanie sprawności technicznej urządzenia.

Dla każdej z tych grup działań można utworzyć odpowiedni łańcuch działania.

Działania mające na celu wykorzystanie urządzenia są w teorii eksploatacji łącznie nazywane użytkiem urządzenia lub procesem użytku urządzenia. Natomiast użytkowanie urządzenia jest to realizacja procesu użytku urządzenia. Działania mające na celu utrzymanie sprawności technicznej urządzenia są nazywane w teorii eksploatacji obsługą urządzenia lub procesem obsługi urządzenia. Natomiast obsługiwanie urządzenia jest realizacją procesu obsługi urządzenia.

Łańcuch działania w procesie użytku, zwany łańcuchem użytkowania, składa się z podmiotu, którym może być człowiek lub urządzenie sterujące procesem użytkowania, z pośrednika, którym jest eksploatowane /użytkowane/ urządzenie, oraz z przedmiotu, na którym jest zlokalizowane działanie. Na przykład w przypadku obrabiarki podmiotem jest człowiek "sterujący" obrabiarką, pośrednikiem jest obrabiarka, a przedmiotem jest obrabiany obiekt.

Łańcuch działania w procesie obsługi, zwany łańcuchem obsługi, składa się podobnie jak poprzednio z podmiotu, którym jest zwykle człowiek, z pośrednika, którym jest aparatura kontrolna, badaniowa, pomiarowa i narzędzia, oraz z przedmiotu, którym tutaj jest eksploatowane urządzenie. A więc oba omawiane łańcuchy różnią się w zasadniczy sposób, gdyż w przypadku użytkowania eksploatowane urządzenie odgrywa rolę pośrednika, a w przy-

padku obsługiwanego urządzenie jest przedmiotem działania. Oba omówione łańcuchy działania zilustrowano na rys. 4.

Na podstawie pojęcia łańcucha działania, teoria eksploatacji podaje następujące ścisłe definicje związane z eksploatacją, użytkowaniem i obsługiwaniem.

Urządzenie jest eksploatowane wtedy i tylko wtedy, gdy jest użytkowane lub obsługiwane.

Urządzenie jest użytkowane wtedy i tylko wtedy, gdy istnieje taki łańcuch działania, w którym to urządzenie jest pośrednikiem lub elementem pośrednika działania.

Urządzenie jest obsługiwane wtedy i tylko wtedy, gdy istnieje taki łańcuch działania, w którym to urządzenie jest przedmiotem lub elementem przedmiotu działania.

#### ELEMENTARNY UKŁAD EKSPLOATACJI URZĄDZENIA

Łącząc oba łańcuchy działania można utworzyć bardziej zbliżony do rzeczywistości model eksploatacji, który przedstawiono na rys. 4.

W teorii eksploatacji model ten został nazwany elementarnym układem eksploatacji urządzenia. W modelu tym występują już w zasadzie wszystkie elementy, które występują w rzeczywistych układach eksploatacji. Jednak rozważany układ stanowi oczywiście tylko wycinek rzeczywistości i dlatego uważa się, że jest to układ względnie odosobniony. Badania eksploatacyjne mogą dotyczyć elementarnego układu eksploatacji urządzenia lub zbioru układów elementarnych, tworzących system eksploatacji. Badania mogą obejmować zagadnienia związane z użytkowaniem lub związane z obsłu-

giwaniem. Oprócz tego badania systemów eksploatacji mogą obejmować zagadnienia organizacyjne i ekonomiczne.

Podany na rys. 5 elementarny układ eksploatacji urządzenia zawiera oba określone poprzednio łańcuchy działania: łańcuch użytkownika  $U\dot{z} - EU - P$  i łańcuch obsługi  $Ob - So - EU$ . Oczywiście punktem wspólnym obu łańcuchów jest eksploatowane urządzenie  $EU$ . Łańcuch użytkownika składa się z użytkownika  $U\dot{z}$  /z personelu użytkującego urządzenie/, który steruje eksploatowanym urządzeniem  $EU$  w ten sposób, aby otrzymać produkt  $P$ . Na przykład w przypadku, gdy eksploatowanym urządzeniem  $EU$  jest centrala telefoniczna, wówczas produktem  $P$  będą połączenia telefoniczne. Łańcuch obsługi składa się z personelu obsługującego urządzenie oznaczonego symbolem  $Ob$ , który za pomocą środków obsługi  $So$  obsługuje urządzenie  $EU$ . Cały proces eksploatacji odbywa się w pewnym otoczeniu /środowisku/, które na rysunku oznaczono cyfrą /4/. Para  $U\dot{z} - P$  tworzy stanowisko użytkownika urządzenia oznaczone na rysunku cyfrą /1/. Można więc powiedzieć, że stanowisko użytkownika urządzenia jest to układ złożony z użytkownika  $U\dot{z}$ , przedmiotu będącego celem działania /produktu/  $P$  i otoczenia łańcucha użytkownika urządzenia, służący do realizowania procesu użytkownika urządzenia. Podobnie para  $Ob - So$  tworzy stanowisko obsługi urządzenia, oznaczone na rysunku cyfrą /2/, które składa się z personelu obsługującego  $Ob$ , środków obsługi  $So$ , otoczenia łańcucha obsługi i służy do realizowania procesu obsługi urządzenia.

Dalsze nowe elementy rysunku to załoga urządzenia oznaczona na rysunku cyfrą /3/, składająca się z personelu  $U\dot{z}$  użytkującego urządzenie i z personelu  $Ob$  obsługującego urządzenie. Oprócz



tego na rysunku podano kierownictwo eksploatacji urządzenia oznaczone cyfrą /5/, składające się z kierownika eksploatacji Ke, któremu podlegają kierownik użytku urządzenia Ku i kierownik obsługi urządzenia Ko. W związku z tymi nowymi pojęciami możemy jeszcze wprowadzić pojęcia eksploatacji pośredniej i bezpośredniej. Tak więc personel użytkujący Uż i obsługujący Ob nazywamy eksploatorami bezpośrednimi, a personel kierowniczy Ku i Ko nazywamy eksploatorami pośrednimi.

Reasumując powyższe rozważania, elementarnym układem eksploatacji urządzenia będziemy nazywać układ złożony z czterech elementów:

- stanowiska użytkownika urządzenia,
- stanowiska obsługiwania urządzenia,
- samego urządzenia oraz
- kierownictwa eksploatacji urządzenia.

Elementarny układ jest określony, jeżeli są znane wszystkie cztery jego elementy i stanowi najmniejszą, już dalej niepodzielną całość, w której odbywa się proces eksploatacji urządzenia.

## SYSTEM EKSPLOATACJI

Zwykle urządzenia eksploatowane tworzą systemy złożone z wielu części składowych, które mogą być rozważane jako oddzielne urządzenia. Dla każdej takiej części można utworzyć elementarny układ eksploatacji, a zbiór tych układów tworzy system eksploatacji. W systemie eksploatacji bardzo ważną rolę odgrywają zagadnienia organizacyjne.

Na rysunku 6 przedstawiono strukturę informacyjną systemu eksploatacji urządzeń, w którym wyróżniono dwa podstawowe podsystemy: system realizowania eksploatacji i system sterowania eksploatacją. W skład systemu realizowania eksploatacji urządzeń wchodzi: system użytkowania urządzeń, który jest systemem podstawowym /roboczym/ oraz system obsługiwanania urządzeń, który jest systemem pomocniczym /zabezpieczającym/. W skład systemu sterowania eksploatacją urządzeń wchodzi: system ewidencyjno-sprawozdawczy oraz system decyzyjno-planistyczny. Obydwa te podsystemy służą przede wszystkim decydentowi /pracownikowi podejmującemu decyzję/ eksploatacji danego poziomu.

W modelach systemów i podsystemów eksploatacji bardzo ważną rolę odgrywają sprzężenia informacyjne. Dzięki tym sprzężeniom decydenci wyższych poziomów mogą przekazywać swoje decyzje poziomom niższym i odwrotnie - decydenci niższych poziomów mogą przekazywać meldunki poziomom wyższym. A więc na potrzeby sterowania musi istnieć system zbierania i przetwarzania informacji eksploatacyjnych, nazwany na rys. 6 systemem sterowania eksploatacją. W systemie tym krążą dokumenty ewidencyjne, sprawozdawcze i planistyczne. Informacje zawarte w tych dokumentach są odpowiednio przetwarzane na poszczególnych poziomach sterowania i na ich podstawie powstają decyzje sterujące. Decyzje takie mogą występować w postaci instrukcji centralnej ustalającej zasady postępowania decydentów niższych stopni na dość długi okres czasu. Mogą to być decyzje operatywne przekazywane na bieżąco technicznymi środkami łączności. A ponieważ meldunków i rozmaitych decyzji jest w systemie wytwarzanych bardzo dużo, występuje więc

zagadnienie optymalnej organizacji systemu zbierania i przetwarzania informacji eksploatacyjnych.

W rzeczywistości system eksploatacji powiązany jest z dwoma innymi systemami, a mianowicie systemem operacyjnym i systemem zaopatrzenia. Systemy te dostarczają do systemu eksploatacji to, czego wewnątrz jest mu brak. Będą to odpowiednie informacje w postaci zadań do wykonania i innych decyzji zewnętrznych oraz zasilenia w postaci energii i materiałów eksploatacyjnych. Sprzężenia systemu eksploatacji z wymienionymi wyżej systemami zostały zaznaczone na rys. 6.

### BADANIE ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU EKSPLOATACJI

Zgodnie z podanym poprzednio wymaganiem, funkcjonujący system eksploatacji powinien być systematycznie doskonalony. W tym celu należy mieć do dyspozycji metodę badania istniejących systemów eksploatacji.

Aby poprawnie eksploatować urządzenia, należy się stosować do pewnych określonych zasad eksploatacji. Zasady eksploatacji obejmują cały zakres działalności eksploatacyjnej. Pojęcie "zasada eksploatacji" ma zwykle trzy różne znaczenia: dyrektywne, postulatywne i kryterialne.

Zasada eksploatacji w znaczeniu dyrektywnym, to dyrektywa /reguła, norma, wymaganie/ ustanowiona przez szczebel wyższy zarządzania eksploatacją dla szczebli niższych w systemie eksploatacji urządzeń. W znaczeniu dyrektywnym zasada eksploatacji będzie zwykle podawana w postaci zarządzeń lub instrukcji. Za nieprzestrzeganie tych zasad personel ponosi odpowiedzialność przewidzianą przepisami.

Zasada eksploatacji w znaczeniu postulatywnym, to postulat / rada praktyczna, wskazówka/ przyjęty zwykle w wyniku długich doświadczeń praktycznych. W znaczeniu postulatywnym zasady eksploatacji są najczęściej ustanawiane intuicyjnie przez personel eksploatacyjny i nie są przekazywane na piśmie. Oczywiście zasady te nie są obowiązujące i personel eksploatacyjny nie ponosi odpowiedzialności za ich nieprzestrzeżenie.

Zasada eksploatacji w znaczeniu kryterialnym, to kryterium oceny co najmniej dwóch działań eksploatacyjnych. Taką zasadę stosujemy do oceny jednych działań jako lepsze, a innych jako gorsze. Przykładem tutaj może być zasada porównywania wskaźników eksploatacyjnych normatywnych z wskaźnikami faktycznie uzyskanymi.

Określone powyżej podstawowe znaczenia pojęcia "zasada eksploatacji urządzeń" pozwalają na formalną analizę zasad tego rodzaju. Ze względu na ograniczony zakres tej pracy, nie będziemy omawiać formalnego zapisu zasad eksploatacji. Celem analizy istniejących zasad eksploatacji jest podanie odpowiedzi na następujące pytania:

- jakiego urządzenia zasada dotyczy,
- jakiego działania eksploatacyjnego z urządzeniem zasada dotyczy,
- jakiej fazy działania eksploatacyjnego z urządzeniem zasada dotyczy,
- kto zasadę ustanowił,
- kogo zasada obowiązuje,
- kiedy zasadę ustanowiono i jak długo ma obowiązywać.

W praktyce spotykamy bardzo liczny zbiór stosowanych zasad eksploatacji. Wcale nie jest łatwo zasady te zidentyfikować i tworzyć przeanalizować.

Zasady eksploatacji można podzielić na grupę zasad dotyczących użytkowania i grupę zasad dotyczących obsługi. Grupę zasad użytkowania można dalej dzielić na przykład według liczby użytkowanych urządzeń /zasady użytkowania urządzeń pojedynczych oraz zasady użytkowania większej liczby urządzeń/. Również grupę zasad obsługi można podzielić na szereg dalszych grup, takich jak na przykład zasady:

- wprowadzania urządzeń do eksploatacji, ]
- obsługi technicznej urządzeń, ]
- remontu urządzeń, ]
- kontroli stanu technicznego urządzeń, ]
- zaopatrzenia materiałowo-technicznego,
- przechowywania urządzeń,
- transportu urządzeń,
- wycofywania urządzeń z eksploatacji. ]

Oprócz tego można wyróżnić grupy zasad odnoszące się do systemów eksploatacji urządzeń, w postaci zasad projektowania, wdrażania i realizowania systemów eksploatacji urządzeń.

Dla istniejących systemów eksploatacji zasady te powinny objąć takie zagadnienia, jak:

- planowanie eksploatacji urządzeń,
- kontrola i ocena jakości eksploatacji urządzeń,
- zbieranie i przetwarzanie informacji eksploatacyjnych,
- usprawnianie istniejących systemów eksploatacji urządzeń. ]

Zasady eksploatacji spełniają ważną rolę w procesie sterowania systemem eksploatacji urządzeń. Zbiór takich zasad dotyczących konkretnego systemu stanowi jakby pewien program sterowania eksploatacją. W praktyce zasady eksploatacji powstają zwykle metodą prób i błędów. Jest to proces uczenia się eksploatacji danych urządzeń. Ponieważ zasady takie powstają na każdym szczeblu zarządzania eksploatacją, więc w tym sensie każdy szczebel przechodzi przez swoisty proces uczenia się i adaptacji.

Niezależnie od tego, czy omówione wyżej zasady na odpowiednich szczeblach zarządzania eksploatacją są wytwarzane świadomie czy podświadomie, społeczne skutki ich wprowadzenia do eksploatacji dają się zawsze określić w złotówkach i w pracy ludzkiej.

Należy więc popierać wszelkie próby zmierzające do świadomego ustalania nowych lepszych zasad i weryfikowania już istniejących. W tym celu należy jednak mieć bardzo dokładne rozeznanie odnośnie zasad już funkcjonujących. Istnieje wiele sposobów zdobycia informacji o zasadach już funkcjonujących. Niektóre z nich to np. studiowanie dokumentów normatywnych /instrukcji i przepisów/, studiowanie syntetycznych opracowań, w których ocenia się eksploatację za miniony okres, studiowanie wytycznych dla inspektorów, badanie opinii osób pracujących w eksploatacji, ankietyzacja itp.

Na rysunku 7 przedstawiono podstawowe etapy badań istniejących zasad eksploatacji urządzeń.

Zasady eksploatacji grupuje się umownie w następujące grupy klas:

- zasady sterowania eksploatacją urządzeń,
- zasady realizowania eksploatacji urządzeń.

Zasady sterowania dzieli się następująco na klasy:

- zasady organizacji systemu eksploatacji urządzeń,
- zasady planowania eksploatacji urządzeń,
- zasady oceny jakości eksploatacji urządzeń,
- zasady zbierania i przetwarzania informacji eksploatacyjnych.

Zasady realizowania dzieli się również na klasy:

- zasady eksploataowania urządzeń,
- zasady użytkowania urządzeń,
- zasady obsługiwanania urządzeń,
- zasady zaopatrzenia materiałowo-technicznego urządzeń.

Dla przykładu podamy szczegółowo dwie klasy zasad. Klasa zasad zbierania i przetwarzania informacji eksploatacyjnej obejmuje zasady:

- zasada podziału dokumentów eksploatacyjnych na dokumenty planistyczne, ewidencyjne i sprawozdawcze;
- zasada gromadzenia doświadczeń; dotyczy ciągłego rejestrowania ważnych wydarzeń eksploatacyjnych;
- zasada rejestrowania tylko zmian; przydatna w koncepcji automatycznego przetwarzania informacji eksploatacyjnych;
- zasada ścisłej rejestracji parametrów urządzeń mało stabilnych w czasie; zasada dotyczy głównie urządzeń elektronicznych, w których prognozowanie stanu niezawodnościowego odgrywa bardzo ważną rolę;
- zasada zbierania i przechowywania informacji o uszkodzeniach urządzeń; informacje te są niezbędne do prognozowania niezawod-

ności urządzenia oraz doboru zakresu i częstotliwości czynności obsługi tego urządzenia;

- zasada przekazywania urządzeń między jego użytkownikami wraz z niezbędną dokumentacją;
- zasada prowadzenia indywidualnej książki sprzętu na każde urządzenie eksploatowane, a czasem nawet na każdy zespół tego urządzenia.

Jako drugi przykład podamy szczegółowo klasę zasad obsługiwan-  
nia urządzeń:

- zasada planowania czynności obsługi; zgodnie z tą zasadą obsługa urządzenia /łącznie z remontem/ powinna być wykonywana zgodnie z planem, bez względu na bieżący stan urządzenia;
- zasada cyklu remontowego; zgodnie z tą zasadą każde urządzenie powinno mieć ustaloną kolejność poszczególnych czynności obsługi;
- zasada rozkładu czynności obsługi w bazie obsługi; zgodnie z tą zasadą ustala się dla danego rodzaju urządzenia, jakie czynności obsługi będą wykonywane na poszczególnych stanowiskach bazy obsługi;
- zasada powtarzania czynności obsługi o mniejszym zakresie przy wykonywaniu czynności obsługi o większym zakresie;
- zasada cykliczności czynności obsługi; zgodnie z tą zasadą okresy między czynnościami obsługi dla różnych zakresów czynności obsługi są współmierne;



- zasada najkrótszego przestoju urządzenia na skutek obsługi; zgodnie z tą zasadą system obsługi - remontu powinien być tak zorganizowany, aby zapewnić minimalny czas przestoju urządzenia w obsłudze;
- zasada ograniczonego postoju urządzenia w stanie nieużytkowania; zgodnie z tą zasadą, jeżeli czas postoju urządzenia w stanie nieużytkowania przekracza zadany przedział dopuszczalny, to urządzenie należy zakonserwować;
- zasada nierównoczesnej obsługi zbyt licznej grupy urządzeń; zgodnie z tą zasadą w równoczesnej obsłudze nie powinno się znajdować więcej niż określona liczba urządzeń znajdujących się w danym systemie eksploatacji;
- zasada systematycznej kontroli technicznej urządzenia;
- zasada wykonywania kontroli funkcjonowania przed i po każdym użyciu urządzenia;
- zasada wnikliwej analizy uszkodzeń urządzenia i wyciągania wniosków wobec winnych osób;
- zasada numerowania narzędzi obsługi; zgodnie z tą zasadą zwykle narzędzia są ponumerowane liczbami oznaczającymi przynależność do odpowiednich grup obsługi i specjalności;
- zasada legalizacji aparatury pomiarowej; zgodnie z tą zasadą w procesach diagnostycznych nie wolno stosować urządzeń pomiarowych nielegalizowanych;
- zasada odpowiednich kwalifikacji personelu obsługi;

- zasada przestrzegania technologii obsługi; z zasadą powyższą wiąże się zasada ograniczania asortymentu części zamiennych;
- zasada ochrony urządzeń przed szkodliwym działaniem otoczenia;
- zasada wykorzystywania tylko zdalnych środków obsługi;
- zasada prognozowania stanu niezawodnościowego urządzenia; zasada ta dotyczy zwłaszcza urządzeń elektronicznych;
- zasada znajomości struktury niezawodnościowej i obsługowej urządzenia przez personel eksploatacyjny; przestrzeganie tej zasady ułatwia lokalizację i usuwanie uszkodzeń;
- zasada ciągłości czynności obsługi; zgodnie z tą zasadą należy nieustannie dbać o stan techniczny urządzenia.

Oczywiście może się okazać w przyszłości, że podana klasyfikacja i podane jako przykłady dwie kompletne klasy zasad będą wymagać modyfikacji i uzupełnień.

## BADANIE ODSTĘPU MIĘDZY CZYNNOŚCIAMI OBSŁUGI

Jednym z najważniejszych elementów procesu obsługiwanego jest odstęp między kolejnymi czynnościami obsługi lub sprawdzeniami jednego rodzaju. Znajduje to wyraz w zasadach eksploatacji dotyczących procesu obsługi, omówionych powyżej. Z praktyki wiadomo, że zbyt częste czynności obsługi z różnych względów nie są korzystne. Z jednej strony przy każdej czynności obsługi urządzenie obsługiwane jest wyłączone z normalnej pracy, z drugiej strony często po każdej czynności obsługi występuje okres zwiększo-

nej intensywności uszkodzeń. To ostatnie zjawisko występuje szczególnie wyraźnie w telekomutacji w zespołach przekaźnikowych i wybierakach systemów biegowych. Dlatego jest bardzo ważne zagadnienie ustalenia właściwego odstępu czasu pomiędzy kolejnymi czynnościami obsługi. W telekomutacji, biorąc pod uwagę podane wyżej fakty, stosuje się obecnie tzw. korekcyjną metodę konserwacji, która polega na tym, że czynności obsługi wykonuje się tylko w przypadku pojawienia się uszkodzenia. Ścisła definicja konserwacji korekcyjnej /wg CCITT/, [4] jest następująca: konserwacja korekcyjna - są to badania, pomiary i regulacje na wartości przepięsowe, które wykonuje się w następstwie uszkodzenia.

Strategią konserwacji będziemy nazywać program realizacji w czasie wybranego zestawu badań, pomiarów i regulacji. Przez optymalną strategię konserwacji rozumiemy realizację celu strategii przy możliwie najniższych kosztach względnie dającą najlepsze wyniki z innego punktu widzenia.

Podczas weryfikacji stosowanego odstępu czasu między czynnościami obsługi możemy korzystać z opracowanych i będących do dyspozycji modeli matematycznych różnych strategii konserwacji,

Z teoretycznego punktu widzenia strategię konserwacji zostały podzielone na pewne rodzaje strategii, przy czym każdy rodzaj grupuje strategię o podobnej organizacji konserwacji względnie o podobnych ograniczeniach zakresu danych wyjściowych. Dla przykładu z wielu opracowanych strategii [5] w teorii można wybrać dwie, które mogą być bezpośrednio zastosowane do konserwacji central telefonicznych. Są to: okresowa strategia konserwacji zapobiegawczej i okresowa strategia konserwacji inspekcyjnej. Słowo "okresowa" oznacza tutaj, że podejmowane czynności wy-

miany czy kontroli /inspekcji/ są wykonywane w jednakowych odstępach czasu.

W celu wyjaśnienia bliżej obu wymienionych wyżej strategii, należy wprowadzić pojęcie intensywności uszkodzeń. Pojęcie to określa skłonność danego elementu lub zespołu do uszkodzenia, wyrażoną liczbowo i odniesioną do jednostki czasu względnie wyrażonej jako funkcja czasu. Funkcją intensywności uszkodzeń może być w czasie stała, rosnąca lub malejąca. Funkcja intensywności uszkodzeń rosnąca jest najbardziej naturalna, gdyż w miarę zużycia dany element jest coraz bardziej narażony na uszkodzenia i ta jego właściwość jest zdeterminowana.

Wartość intensywności uszkodzeń jest stała, gdy badany element ma zawsze jednakowe właściwości eksploatacyjne. A więc element taki jakby nie ulegał zużyciu i prawdopodobieństwo jego uszkodzenia jest zawsze jednakowe. W rzeczywistości takie warunki mogą być spełnione tylko w ograniczonym przedziale czasu. Uszkodzenie takiego elementu traktujemy jako zjawisko przypadkowe /losowe/.

Definicja okresowej strategii konserwacji zapobiegawczej jest następująca: okresowa strategia konserwacji zapobiegawczej polega na wymianach danego obiektu, niezależnie od jego stanu, na nowy, realizowanych w jednakowych odstępach czasu przed pojawieniem się uszkodzenia; w przypadku wystąpienia uszkodzenia wymiana dokonuje się natychmiast.

Jeżeli dany obiekt /urządzenie/ wykazuje wzrastającą intensywność uszkodzeń i uszkodzenie w czasie normalnej pracy obiektu przynosi większe straty niż wymiana przed uszkodzeniem, wówczas celowe będzie wymienić ten obiekt przed uszkodzeniem, niezależnie od jego zużycia, po przepracowaniu przez niego ustalonego o-

kresu czasu. Jeżeli intensywność uszkodzeń jest stała, wówczas stosowanie konserwacji zapobiegawczej nie ma sensu, gdyż po zapobiegawczej wymianie zdatnego elementu wstawiony nowy element ma identyczną intensywność uszkodzeń i może ulec uszkodzeniu w najbliższym czasie. Optymalną strategię zapobiegawczą mamy wówczas, gdy odstępy czasu między kolejnymi wymianami są dobrane w ten sposób, by koszty konserwacji były najmniejsze, przy utrzymaniu wymaganej jakości pracy obiektu.

Zakładamy, że w czasie stosowania okresowej strategii konserwacji zapobiegawczej postępuje się w następujący sposób. Wykonuje się zaplanowaną konserwację zapobiegawczą po przepracowaniu przez obiekt czasu  $t$ , niezależnie od liczby uszkodzeń, które wystąpiły w obiekcie w czasie  $t$ ; natomiast po każdym uszkodzeniu jest wykonywana tylko niezbędna naprawa, tzn. zostaje naprawiony lub wymieniony tylko element uszkodzony; po każdej konserwacji zapobiegawczej obiekt wraca do stanu pełnej zdatności. Wartość chwilowa rosnącej intensywności uszkodzeń po wykonaniu niezbędnej z powodu uszkodzenia naprawy nie zmienia się, a po wykonaniu konserwacji zapobiegawczej jej wartość zmienia się do wartości początkowej. Można tutaj dodatkowo wyjaśnić, że jeżeli w obiekcie złożonym z dużej liczby elementów w czasie niezbędnej naprawy na skutek uszkodzenia wymienimy jeden element na nowy, pozostawiając pozostałe bez zmiany, to intensywność obiektu jako całości prawie się nie zmieni.

Omawiana strategia teoretyczna dobrze odpowiada praktycznym czynnościom stosowanym w czasie konserwacji zespołów central systemów biegowych, gdyż w centralach tego systemu systematyczne badania są realizowane w jednakowych odstępach czasu, a w wy-

niku uszkodzenia usuwa się tylko bezpośrednią przyczynę złej jakości pracy zespołu. Wobec tego można powiedzieć, że zależności analityczne opracowane dla przypadku tej strategii w teorii strategii konserwacji mogą mieć tutaj bezpośrednie zastosowanie. Korzystając z tych zależności analitycznych można stwierdzić, że dla określenia optymalnego okresu omawianej strategii należy rozwiązać następujące równanie względem  $T$ :

$$T_p = T_a \int_0^T \lambda'/s/ ds$$

gdzie:

$T_p$  - wartość oczekiwana czasu trwania wymiany zapobiegawczej,

$T_a$  - wartość oczekiwana czasu trwania wykonania niezbędnej naprawy,

$\lambda'/s/$  - funkcja intensywności uszkodzeń.

To, że ta strategia nie może być stosowana w przypadku, gdy intensywność uszkodzeń jest stała, o czym poprzednio wspomniano, wynika bezpośrednio z podanego wzoru, gdyż wówczas  $\lambda'/s/ = 0$ .

Druga z wymienionych na początku tego punktu strategii, określona strategia konserwacji inspekcyjnej, może być stosowana w przypadku występowania stałego współczynnika intensywności uszkodzeń. Tę strategię możemy więc stosować do obiektów ulegających uszkodzeniom w sposób przypadkowy, a więc na przykład w centalach systemu krzyżowego lub wszędzie tam, gdzie stosujemy konserwację korekcyjną. Strategię tę stosujemy, gdy nie mamy

bieżącej informacji o aktualnym stanie nadzorowanych obiektów. Tutaj co pewien określony czas dokonuje się sprawdzenia, czyli inspekcji, czy obiekt jest zdalny, czy uszkodzony. Można więc podać następującą definicję tej strategii: okresowa strategia konserwacji inspekcyjnej polega na sprawdzaniu danego obiektu w jednakowych odstępach czasu w celu stwierdzenia, czy dany obiekt jest zdalny do pracy, czy niezdalny; zespoły niezdalne natychmiast wymieniana się lub przez naprawę doprowadza do stanu pełnej zdalności.

Optymalną strategię otrzymamy, gdy odstęp czasu są dobrane w ten sposób, by koszty konserwacji były najmniejsze przy określonych wskaźnikach jakości pracy obiektu.

Porównując podane wyżej teoretyczne określenie okresowej strategii konserwacji inspekcyjnej z podaną poprzednio definicją konserwacji korekcyjnej wg CCITT, widać wyraźne związki. Ponieważ podane w definicji konserwacji korekcyjnej czynności realizuje się w następstwie zaistniałego uszkodzenia, mamy więc ścisły związek z omawianą strategią. W podanym przez CCITT określeniu konserwacji korekcyjnej nie jest wyjaśnione, w jaki sposób są wskazywane uszkodzone zespoły. Aby wskazać uszkodzony zespół, należy albo nadzorować wszystkie zespoły w sposób ciągły - co jest bardzo kosztowne, albo można sprawdzać /przeprowadzać inspekcję/ każdy zespół co pewien czas i wówczas mamy do czynienia z okresową strategią konserwacji inspekcyjnej.

Podobnie jak poprzednio, można również podać przykład zastosowania zależności matematycznych, opracowanych w teorii strategii konserwacji dla okresowej strategii konserwacji inspekcyjnej. Przy założeniu, że rozkład czasów pracy do pierwszego uszko-

dzenia jest wykładniczy, wyjściowe równanie ma postać:

$$G/T / \{T + T_s + [1 - \sigma \exp / -\lambda T /] T_0\} = \int_0^{\pi} \exp / -\lambda t / dt$$

gdzie:

$G/T/$  - stosunek czasu, w którym zespół pracował poprawnie do całkowitego rozważanego czasu;

$T$  - przedział czasu pomiędzy końcem jednej naprawy a początkiem drugiej, czyli czas poprawnej pracy zespołu;

$T_0$  - czas użyty na naprawę lub czas potrzebny na wymianę;

$\lambda$  - stała intensywność uszkodzeń;

$T_s$  - czas potrzebny na sprawdzenie danego zespołu;

$\sigma$  - prawdopodobieństwo, że zespół nie ulegnie uszkodzeniu w czasie sprawdzania, jeżeli był zdalny przy rozpoczęciu sprawdzania.

Chcąc określić optymalny okres między kolejnymi czynnościami obsługi, a w tym przypadku odstęp między kolejnymi inspekcjami, należy obliczyć maksimum tej funkcji względem  $T$ . Różniczkuje się więc dwa razy równanie wyjściowe i po wprowadzeniu kwadratowego przybliżenia ma miejsce  $\exp / -\lambda T /$ , ostatecznie otrzymuje się następujący wzór na optymalny odstęp inspekcji /kontroli/:

$$T = \sqrt{\frac{2 [T_s + /1 - \sigma / T_0]}{\lambda}}$$



Podane przykłady ilustrują możliwość i konieczność stosowania zależności analitycznych przy badaniu praw rządzących procesami eksploatacji. Badanie odstępu między czynnościami obsługi w celu optymalizacji tego odstępu jest możliwe, wymaga jednak obszernego aparatu matematycznego oraz danych zebranych w eksploatacji konkretnych urządzeń. Tutaj współpraca teorii i praktyki powinna przynieść oczekiwane wyniki w postaci określenia optymalnych odstępów między czynnościami obsługi w danych warunkach.

## PROJEKTOWANIE SYSTEMU EKSPLOATACJI URZĄDZEN

Projektowanie systemu eksploatacji urządzeń przy wykorzystaniu współczesnych środków dostępnych do tego celu polega na modelowaniu matematycznym systemu eksploatacji. Pomocne mogą być również inne rodzaje modeli, jak na przykład modele fizyczne i modele logiczne. Ograniczymy się tutaj do ogólnego omówienia zasad matematycznego modelowania systemu eksploatacji.

Model matematyczny systemu eksploatacji /lub procesu eksploatacji/ jest narzędziem, które umożliwia badanie systemu eksploatacji w sposób bardzo wszechstronny. Można bowiem za pomocą zmian poszczególnych elementów /parametrów/ modelu wykryć podstawowe prawa, które rządzą procesami eksploatacyjnymi. Prawa te można następnie wykorzystać do kierowania eksploatacją rzeczywistych urządzeń.

Należy jednak podkreślić, że opracowanie modeli dobrze symulujących rzeczywistość eksploatacyjną jest bardzo trudne. Wynika to stąd, że model matematyczny wymaga precyzyjnego określenia wszystkich jego elementów. Tymczasem wiele z tych elementów ist-

nieje bardzo często w podświadomości i oddziałuje na proces decyzyjny. Dopiero opracowanie poprawnego modelu matematycznego pozwala na uświadomienie sobie prawdziwego mechanizmu badanego procesu eksploatacji.

Dzięki wdrożeniu do praktyki eksploatacyjnej na różnych szczeblach zarządzania wyników uzyskanych na podstawie modeli można znacznie oszczędzić czas oraz środki finansowe i materiałowe. Dobry model matematyczny pozwala kierownikowi eksploatacji danego szczebla przewidywać wystąpienie pewnych zdarzeń w przyszłości, których nie można byłoby przewidzieć intuicyjnie bez modelu i znajomości jego parametrów. Ogólnie można powiedzieć, że modelowanie służy do projektowania i usprawniania nowoczesnych systemów eksploatacji urządzeń.

Na rysunku 8 przedstawiono przebieg modelowania systemu eksploatacji. W procesie modelowania biorą udział, oprócz przedstawicieli eksploatacji, odpowiedni specjaliści z różnych dziedzin teorii. Będą to problemista, algorytmista, programista i statystyk.

Przedstawiciele eksploatacji powinni inicjować zagadnienia eksploatacyjne i służyć pomocą konsultacyjną pozostałym uczestnikom procesu modelowania systemu eksploatacji. Problemista powinien opracować opis identyfikacyjny systemu, opis problemowy systemu oraz matematyczny model decyzyjny systemu. Konsultantami problemisty są przedstawiciele eksploatacji.

Zadanie algorytmisty polega na przygotowaniu algorytmów / przepisów postępowania/ wyznaczania charakterystyk systemu w pewnym zadanym zakresie parametrów oraz miar jakości dla zadanych charakterystyk. Konsultantami algorytmisty są problemista, programista i statystyk.

Następnie programista powinien opracować odpowiednie programy potrzebne do sterowania modelu systemu. Jego konsultantami mogą być wszyscy pozostali uczestnicy modelowania. Ostatni uczestnik, statystyk, powinien dostarczyć dane ilościowe w potrzebnym zakresie o modelowanym systemie eksploatacji. Najważniejsze zadanie statystyka to zbieranie i przetwarzanie informacji o systemie.

Nieco szerzej zostaną omówione ważniejsze etapy modelowania systemu eksploatacji zgodnie z kolejnością ich występowania w rzeczywistości.

Najważniejszym celem etapu nazwanego na rys. 8 "opis identyfikacyjny systemu" jest zapoznanie się z istniejącym systemem eksploatacji, który ma podlegać modelowaniu. Bardzo skutecznym narzędziem takiego opisu może być ankieta o odpowiednio dobranym zestawie pytań.

Ankieta powinna być opracowana w ten sposób, aby mógł ją wypełnić każdy, kto zna system rzeczywisty oraz opis ogólny systemu eksploatacji. W wyniku tego otrzymamy wstępny opis zbioru obiektów, których model dotyczy, oraz zbioru podstawowych związków między obiektami podlegającymi modelowaniu. W przypadku gdy modelowaniu podlega system eksploatacji urządzeń, które jeszcze nie zostały wyprodukowane, opis identyfikacyjny systemu jest wykonywany na podstawie dokumentacji urządzenia, które będzie eksploatowane względnie jego prototypu.

Etap zawierający opis problemowy systemu jest etapem bardzo ważnym. Należy tutaj ściśle sformułować wszystkie problemy i dokładnie określić pytania dotyczące usprawnienia istniejącego systemu.

Celem modelowania jest znalezienie odpowiedzi na te pytania w dalszych jego etapach. Problemy są formułowane tak przez przedstawicieli eksploatacji, jak i przez problemistów i wzajemnie konsultowane. Ze względu na możliwe różnice zdań należy ostatecznie ustalić ogólnie hierarchię problemów.

Etap budowy modelu matematycznego zakłada, że rozważane problemy eksploatacyjne zostały wstępnie określone i opisane niematematycznie przez problemistę. Problemy w tej postaci są przedmiotem pracy matematyków, którzy formułując je matematycznie, wprowadzają odpowiednie ograniczenia i określają odpowiednią funkcję kryterium. Zwykle na matematyczne formułowanie problemów ma wpływ przewidywana postać algorytmu jego rozwiązania oraz stosowana technika obliczania.

Następny etap to algorytmizacja modelu systemu. Do opracowanego na poprzednim etapie modelu matematycznego przygotowuje się obecnie algorytm. Algorytm podaje, w jakiej kolejności i jakie operacje należy wykonać, aby uzyskać odpowiedzi na postawione na początku pytania. Za rozwiązanie problemu należy uznać tylko i wyłącznie algorytm decyzyjny. Od algorytmu tego żądamy, aby składał się ze skończonej liczby kroków i aby otrzymane rozwiązanie było optymalne lub przynajmniej dopuszczalne. Jedną z ważniejszych metod, którą stosuje się przy algorytmizacji matematycznego modelu systemu eksploatacji, jest modelowanie statystyczne metodą Monte Carlo. Metoda ta jest bardzo wydajna w przypadku posługiwania się elektronicznymi maszynami liczącymi. Za pomocą tej metody można symulować rzeczywisty proces eksploatacji, aby określić doświadczalnie szukane charakterystyki badanego procesu eksploatacji.

Opracowane algorytmy w etapie programowania są podstawą do przygotowania programów i przeprowadzenia potrzebnych obliczeń.

Opracowanie pragmatyczne modelu systemu jest etapem, w którym wyniki poprzednich etapów modelowania zostają przekształcone do postaci użytecznej bezpośrednio w celu praktycznego zastosowania w eksploatacji. Dopiero na tym etapie można opracować instrukcje i zarządzenia dla bezpośrednich użytkowników w takiej postaci, która powinna być dla nich całkowicie zrozumiała. Można tutaj dodatkowo wyjaśnić, że przy pragmatycznym opracowywaniu modelu systemu będą na pewno potrzebne różne informacje o istniejącym systemie. Mogą to być na przykład informacje o intensywności uszkodzeń, o intensywności napraw itp. Aby jednak wiedzieć, jakie informacje należy zbierać i jakie parametry statystyczne obliczać, niezbędny jest decyzyjny model matematyczny systemu oraz algorytm jego rozwiązania, które opracowano w tym celu w poprzednich etapach. Przydatność modelu w istniejących warunkach zostaje sprawdzona po zastosowaniu w praktyce wyników modelowania.

Podstawową rolę w procesie modelowania systemu eksploatacji powinno spełniać zaplecze naukowo-badawcze /instytut naukowo-badawczy/ danego resortu. Kierownictwo eksploatacji powinno inspirować badania procesów eksploatacyjnych, konsultować jego głównych wykonawców oraz opracować pragmatycznie wyniki badań systemu eksploatacji.

## MIARY JAKOŚCI SYSTEMU EKSPLOATACJI

System eksploatacji jakiegokolwiek urządzenia dysponuje bardzo dużą liczbą parametrów. Z matematycznego punktu widzenia

parametrami nazywamy wielkości, które charakteryzują związki między poszczególnymi elementami systemu eksploatacji. Parametry systemu można klasyfikować według różnych kryteriów. Jedną z propozycji podziału parametrów [3] dzieli je na:

- parametry urządzenia /urządzeń/;
  - parametry elementarnego układu eksploatacji;
  - parametry systemu użytku pojedynczego urządzenia lub grupy urządzeń;
  - parametry systemu obsługi pojedynczego urządzenia lub grupy urządzeń;
  - parametry systemu eksploatacji pojedynczego urządzenia lub grupy urządzeń jako zintegrowanej całości.
- Inna klasyfikacja to przyjęcie jako kryteria takich wielkości, jak koszt, czas itp. Przy stosowaniu tej klasyfikacji wyróżniono na razie cztery grupy parametrów:

- parametry dotyczące kosztów,
- parametry czasowe,
- parametry strukturalne,
- parametry różne.

Jako przykład podamy teraz pełną listę wyróżnionych obecnie parametrów czasowych, pierwotnych i pochodnych. Parametry te są następujące:

- żywotność /trwałość/ urządzenia mierzona w czasie kalendarzowym;
- długość okresu czasu między czynnościami obsługi danego typu mierzona w czasie kalendarzowym;

- żywotność /trwałość/ urządzenia mierzona w jednostkach miary użytkowania /np. liczba godzin pracy/;
- długość okresu czasu między czynnościami obsługi jednego rodzaju mierzona w jednostkach miary użytkowania;
- czas trwania pojedynczego okresu użytkowania jednego rodzaju /wartość średnia/;
- czas trwania pojedynczej czynności obsługi jednego rodzaju /wartość średnia/;
- czas oczekiwania na obsługę /wartość średnia/;
- czas transportu urządzenia /wartość średnia/;
- czas postoju zdatnego urządzenia /wartość średnia w rozważanym cyklu eksploatacyjnym/;
- czas realizacji zamówienia zaopatrzeniowego /wartość średnia dla danego szczebla eksploatacji/;
- okres czasu, na jaki sporządza się plan eksploatacji /określenie dokładne lub przybliżone/;
- okres czasu między kolejnymi sprawozdaniami o stanie systemu eksploatacji /dla danego szczebla eksploatacji/;
- okres czasu reakcji systemu /np. czas uzyskiwania różnych stopni gotowości/;
- intensywność użytkowania /np. liczba zdarzeń w jednostce czasu/;
- intensywność zgłoszeń do obsługi /zależy od liczby urządzeń eksploatowanych w danym systemie/;

- intensywność obsługi / pojedynczego stanowiska lub całego systemu/;
- wydajność użytkowania systemu;
- intensywność uszkodzeń urządzenia;
- przepustowość systemu obsługi;
- intensywność wprowadzania nowych urządzeń do eksploatacji;
- intensywność wycofywania starych urządzeń z eksploatacji.

Wiele z podanych powyżej parametrów systemu eksploatacji nie było dotychczas stosowanych w eksploatacji do oceny jej skuteczności. Ich ocena na podstawie danych dostarczanych przez obecny system zbierania i przetwarzania informacji eksploatacyjnych jest często bardzo trudna. Mimo tego parametry te należy badać w modelach matematycznych systemu eksploatacji. Może się również zdarzyć przypadek, że pewne parametry są już obecnie stosowane, lecz są inaczej nazywane.

Drugą grupą wielkości charakteryzujących system eksploatacji oprócz parametrów są charakterystyki eksploatacyjne. Aby określić charakterystykę, należy podać funkcję wiążącą określone parametry systemu w danej chwili lub w pewnym okresie czasu. Najczęściej stosowane charakterystyki eksploatacyjne są następujące:

- sumaryczny czas użytkowania urządzenia;
- sumaryczny czas obsługiwanania urządzenia;
- sumaryczny czas postoju urządzenia;
- wartości średnie /przeciętne/ czasów użytkowania, obsługiwanania i postoju urządzenia;



- współczynnik gotowości technicznej;
- współczynnik gotowości operacyjnej;
- roczny koszt eksploatacji;
- średni zapas ресурсu pojedynczego urządzenia / ресурс - średni czas użytkowania urządzenia aż do całkowitego zużycia/;
- roczne zużycie ресурсu urządzenia /grupy urządzeń/;
- roczne zużycie materiałów eksploatacyjnych i części zamiennych;
- liczba urządzeń objętych czynnościami obsługi jednego rodzaju;
- współczynnik strat eksploatacyjnych;
- współczynnik odtworzenia zapasu ресурсu urządzeń.

Jeżeli znane są odpowiednie parametry i charakterystyki eksploatacyjne systemu, to powinna być możliwa ocena jakości systemu eksploatacji. W tym celu decydent eksploatacji musi mieć określone pewne miary jakości systemu eksploatacji. Zwykle miarą jakości systemu jest pewna funkcja jego charakterystyk. Na przykład miarą jakości systemu mogą być:

- gotowość;
- gotowość i koszt utrzymania systemu;
- gotowość i stopień równomierności obciążenia systemu obsługi itp.

Jako przykład zostanie teraz omówiona gotowość jako miara jakości systemu eksploatacji.

## WYKRESY IZOGOTOWOŚCI

Gotowość jest nazywana jakościową cechą niezawodności obiektu, charakteryzującą możliwość znajdowania się obiektu w stanie zdatnym do pracy w określonej chwili. Ilościową miarą gotowości w warunkach stacjonarnych pracy obiektu jest współczynnik gotowości, określony ogólnie /dla przypadku, gdy czas obserwacji jest dostatecznie długi / jako

$$k_g = \frac{t_p}{t_p + t_n}$$

gdzie:

$t_p$  - łączny czas poprawnej pracy obiektu w okresie obserwacji,

$t_n$  - łączny czas odnowy obiektu w okresie obserwacji.

Czas odnowy obiektu obejmuje tutaj czasy wszystkich czynności, które należy wykonać od momentu uszkodzenia obiektu aż do momentu ponownego włączenia do pracy obiektu po naprawie. Do czasu tego zaliczamy również czasy pomocnicze, takie jak czas organizacyjny i czas oczekiwania na części zamienne.

Zostało udowodnione, że oczekiwana wartość współczynnika gotowości /graniczna wartość dla długiego okresu obserwacji/ wyraża się zależnością

$$k_g = \frac{E/t_p}{E/t_p + E/t_n} = \frac{T_p}{T_p + T_n}$$

gdzie:

$E/x/$  - wartość przeciętna zmiennej losowej,

$T_p$  - przeciętny czas znajdowania się obiektu w stanie zdatnym do pracy,

$T_n$  - przeciętny czas odnowy obiektu,

$t_p$  - czas poprawnej pracy obiektu /zwykle zmienna losowa/ ,

$t_n$  - czas odnowy obiektu /zwykle zmienna losowa/.

Wyrażenie to jest prawdziwe dla dowolnych rozkładów czasu odnowy i czasu znajdowania się obiektu w stanie zdatnym do pracy.

Aby obliczyć wartość współczynnika gotowości dla pewnego urządzenia, w praktycznej ocenie analitycznej określamy estymatory /oszacowania/ czasów  $T_p$  i  $T_n$ , które oznaczymy tutaj jako  $\bar{T}_p$  i  $\bar{T}_n$ . A więc dla pojedynczego urządzenia  $\bar{T}_p$  obliczamy z zależności:

$$\bar{T}_p = \sum_{i=1}^r \frac{t_{pi}}{r}$$

a  $\bar{T}_n$  z zależności

$$\bar{T}_n = \sum_{i=1}^m \frac{t_{ni}}{m}$$

gdzie:

$t_{pi}$  - czas poprawnego działania obiektu pomiędzy /i-1/-szym i i-tym uszkodzeniem,

$r$  - liczba uszkodzeń w przedziale czasu objętym obserwacją,

$t_{ni}$  - czas odnowy obiektu dla  $i$ -tego uszkodzenia,

$m$  - liczba odnów w przedziale czasu objętym obserwacją.

Jak wynika z podanych wyżej wyjaśnień, współczynnik gotowości /lub w skróceniu gotowość/ jest funkcją przeciętnego czasu odnowy obiektu i przeciętnego czasu znajdowania się obiektu w stanie zdatności do pracy, czyli  $k_g = f/T_p \cdot T_n$ . Można to przedstawić w postaci wykresu /rys. 9/, na którym  $U = f/T_n$ .  $U$  oznacza na przykład nakłady na utrzymanie sprawności technicznej urządzenia i jest taką funkcją  $T_n$ , że jeżeli  $T_n$  maleje, to  $U$  rośnie. Jeżeli  $T_n$  maleje /tzn. przeciętny czas trwania odnowy maleje/, to dzieje się to na skutek powiększenia środków na utrzymanie obiektu, na przykład przeznaczonych na zwiększenie częstości inspekcji zespołów urządzenia.

Krzywe podane na wykresie są to tzw. krzywe izogotowości, czyli krzywe jednakowej gotowości. Z wykresu widzimy, że taką samą gotowość można uzyskać dla różnych par wartości  $/T_p, U/$ . Na przykład  $k_{g2} = f/T_{p2}$ ,  $U_3/ = f/T_{p3}$ ,  $U_2/$ ,  $k_{g1} = f/T_{p1}$ ,  $U_3/ = f/T_{p3}$ ,  $U_1/$  itd.

Z drugiej strony, jeżeli założymy, że wartość  $T_p$  jest stała i równa na przykład  $T_{p3}$  oraz nie zależy od czynności utrzymania, to dla różnych wartości  $U$  /różne czasy odnowy/ np.  $U_1, U_2, U_3$ , otrzymamy różne gotowości obiektu  $k_{g1}, k_{g2}, k_{g3}$ . W takiej sytuacji im większa wartość  $U$ , a więc im mniejsza wartość  $T_n$ , tym większa gotowość obiektu.

Z powyższych rozważań wynika, że aby uzyskać maksymalną gotowość w czasie eksploatacji obiektu, należy dążyć do zmniejszenia  $T_n$  o tyle, o ile jest to możliwe. Oczywiście gdy  $T_n = 0$ , to

$k_g = 1$ , ale w praktyce taki wynik jest niemożliwy do osiągnięcia.

Można dodatkowo wyjaśnić, że przy opracowywaniu nowego urządzenia istnieje problem takiego dobrania wartości  $T_p$  i  $T_n$ , aby dla wymaganego poziomu gotowości uzyskać najniższy koszt.

W takiej sytuacji bierze się pod uwagę wszystkie koszty, a więc koszty opracowania, produkcji i eksploatacji. Natomiast w sytuacji, gdy urządzenie jest już gotowe i  $T_p$  jest określone, należy optymalizować  $T_n$  dla wymaganego poziomu gotowości / tzn. należy minimalizować  $U$ /. Oczywiście  $T_n$  nie może być zbyt duże, gdyż wówczas gotowość będzie mniejsza od wymaganej.

Jako przykład można rozważyć problem gotowości zespołów central telefonicznych, dla których czas odnowy składa się z dwóch zasadniczych odcinków czasu:

- czasu od momentu uszkodzenia zespołu do momentu stwierdzenia, że dany zespół jest uszkodzony,
- czasu od momentu stwierdzenia, że dany zespół jest uszkodzony do momentu ponownego włączenia do pracy zespołu po naprawie.

Czasy powyższe można dalej dzielić na drobniejsze czynności, ale tutaj dalszy podział nie jest istotny.

Pierwszy z podanych wyżej czasów zależy od zastosowanej metody wskazywania uszkodzonego zespołu lub grupy zespołów, w której znajduje się uszkodzony zespół. Mogą to być metody nadzoru statystycznego, wykorzystujące aparaturę do nadzoru ciągłego, na przykład tak zwany alarm usług stosowany w centralach systemu krzyżowego firmy L. M. Ericsson. Inna metoda polega na systematycznym badaniu wszystkich zespołów, wykonywanym w określonych odstępach czasu w sposób ręczny lub automatyczny, niezbęd-

na na przykład w centralach systemów biegowych w celu uzyskania właściwej jakości usług. Im większa jest częstość badań systematycznych, tym pierwszy z podanych wyżej czasów będzie mniejszy. W stosowanych u nas centralach biegowych, ze względu na brak odpowiedniej aparatury badaniowej, czas ten jest jeszcze zbyt długi i tutaj tkwią poważne możliwości zwiększenia jakości usług.

Drugi z podanych wyżej czasów zależy od kwalifikacji personelu technicznego oraz od posiadanej aparatury diagnostycznej, narzędzi oraz części zamiennych. Czas ten może być ewentualnie zmniejszony przez odpowiednie szkolenie personelu i wyposażenie we właściwą aparaturę diagnostyczną, narzędzia i części zamienne.

Z podanych rozważań wynika, że współczynnik gotowości może być miarą jakości systemu eksploatacji, gdyż jest funkcją dwóch ważnych charakterystyk systemu. Z punktu widzenia systemu eksploatacji, szczególnie istotny jest wpływ wartości  $T_n$  na współczynnik gotowości.

Współczynnik gotowości określa jakość działania urządzeń i systemów eksploatacji na podstawie badań samych urządzeń. Jest to tzw. metoda bezpośrednia. Istnieją również metody oceny urządzeń i systemów eksploatacji sposobem pośrednim, na podstawie badania produktu wytwarzanego przez te urządzenia. Są to tzw. metody pośrednie. Na przykład w telefonii produktem są połączenia telefoniczne, a więc jakość działania urządzeń i systemów eksploatacji można tutaj oceniać za pomocą odpowiednich badań połączeń telefonicznych.

## MIARY JAKOŚCI EKSPLOATACJI W TELEKOMUTACJI

Jako drugi przykład miar jakości stosowanych do oceny systemu eksploatacji zostaną omówione miary jakości stosowane w telekomutacji. Jest to przykład stosowania równocześnie kilku miar jakości do oceny systemu eksploatacji.

Konieczność optymalnego wykorzystania środków przeznaczonych na eksploatację wynika ze znanego powszechnie faktu, że koszty eksploatacji urządzeń są wielokrotnie większe od kosztów poniesionych w momencie zakupu i instalacji urządzenia /koszty inwestycji/. Szacunkowo podaje się, że koszty eksploatacji urządzenia, zależnie od jego rodzaju i jakości, w całym okresie jego pracy są od 10 do 100-krotnie większe od kosztu samego urządzenia. Wobec tego w każdej dziedzinie gospodarki narodowej, a więc i w telekomunikacji, jest niezwykle istotne zagadnienie wypracowania właściwych /optymalnych/ metod eksploatacji urządzeń, pozwalających na utrzymanie wskaźników niezawodności i jakości usług urządzeń telekomunikacyjnych na wymaganym poziomie przy najniższych kosztach. Dlatego w procesie eksploatacji muszą być wyznaczane parametry i wskaźniki określające jakość pracy urządzeń i jakość usług, które są następnie wykorzystywane do kierowania utrzymaniem urządzeń sieci telekomunikacyjnej i do szacowania skuteczności zastosowanego systemu /strategii/ eksploatacji.

Z podanych poprzednio rozważań wynika, że jako miary skuteczności /jakości/ eksploatacji przyjmuje się zwykle wartości średnie wielkości losowych podających korzyść lub stratę na skutek zastosowanej metody eksploatacji. Mogą to być również pewne

funkcje tych wartości. Celem optymalnego działania eksploatacyjnego jest uzyskanie maksymalnej lub minimalnej wartości określonych miar skuteczności eksploatacji.

Jakościowe cechy skuteczności eksploatacji, które można zalecać do stosowania w telekomunikacji, są następujące:

- jakość załatwiania ruchu, dawniej zwana jakością /w Polsce - sprawnością/ usługową;
  - jakość użytkowa;
  - jakość techniczna;
  - jakość usług;
  - gotowość techniczna.
- Z tych cech najistotniejsze są trzy pierwsze, które bezpośrednio określają poprawność realizowania połączeń telefonicznych. Należy zwrócić uwagę na zupełnie różne znaczenie pojęć "jakość usługowa" i "jakość usług". Dlatego dla uniknięcia nieporozumień, zamiast jakości usługowej lepiej stosować dokładniejsze określenie "jakość załatwiania ruchu".

Gotowość techniczna jest pojęciem stosowanym w teorii niezawodności i wykorzystanie tego pojęcia jako miary jakości systemu eksploatacji zostało omówione w poprzednim punkcie. Współczynnik gotowości określa jakość systemu eksploatacji i jakość działania urządzeń na podstawie badań samych urządzeń. Taki sposób postępowania charakteryzuje metody badania jakości systemu eksploatacji, które można nazwać metodami bezpośrednimi.

Inna grupa metod badania jakości systemu eksploatacji oparta jest na badaniu jakości produktu wytwarzanego przez eksploatowane urządzenia. Takie metody można nazwać metodami pośrednimi.



W przypadku central telefonicznych produktem są połączenia telefoniczne.

Pozostałe /oprócz gotowości/ wymienione wyżej jakościowe cechy skuteczności eksploatacji można badać za pomocą metod pośrednich.

Jakościowe cechy są mierzone za pomocą pewnych miar, które można określić w następujący sposób:

- miarą jakości załatwiania ruchu jest współczynnik jakości załatwiania ruchu, zwany sprawnością załatwiania ruchu /dawniej nazywany sprawnością usługową/;
- miarą jakości użytkowej jest współczynnik jakości użytkowej, zwany sprawnością użytkową;
- miarą jakości technicznej jest współczynnik jakości technicznej, zwany sprawnością techniczną;
- miarą jakości usług jest współczynnik jakości usług, zwany sprawnością usług;
- miarą gotowości technicznej jest współczynnik gotowości technicznej, nazywany w skróceniu współczynnikiem gotowości;

W telekomutacji celem generalnym eksploatacji będzie utrzymanie wartości sprawności załatwiania ruchu, użytkowej i technicznej na poziomie równym lub nieco większym od wymaganego. Optymalna eksploatacja to osiągnięcie tego celu przy najmniejszych kosztach.

Pojęcia sprawności załatwiania ruchu i użytkowej są ogólnie znane i od dawna stosowane [6]. Sprawność załatwiania ruchu może być określona metodą pośrednią jako stosunek liczby połączeń za-

łatwionych do liczby wszystkich wykonanych połączeń. Połączenia nie załatwione są to tzw. połączenia stracone na skutek braku wolnych zespołów połączeniowych. Zakładamy, że nie ma strat z innych przyczyn, na przykład z powodu uszkodzeń zespołów. Sprawność użytkowa określana jest również metodą pośrednią jako stosunek liczby połączeń zakończonych rozmową do liczby wszystkich wykonanych połączeń.

Sprawność techniczna ma charakteryzować urządzenia realizujące połączenia telefoniczne z punktu widzenia podatności na uszkodzenia i skuteczności podejmowanych napraw urządzeń, a więc jest pewnym wskaźnikiem niezawodności urządzenia. Sprawność techniczna jest również współczynnikiem wykorzystywanym do bieżącej eksploatacji urządzeń, a więc czas potrzebny do określenia tego współczynnika powinien być jak najmniejszy. Zasadniczym celem pomiarów sprawności technicznej jest kierowanie eksploatacją urządzeń sieci telekomunikacyjnej w taki sposób, aby:

- utrzymać sprawność techniczną na poziomie równym lub nieco większym od wymaganego;
- wykrywać uszkodzenia w urządzeniach wcześniej niż odczują i zgłoszą je abonenci;
- skrócić do minimalnej wartości czas od momentu uszkodzenia zespołu do momentu ponownego włączenia do pracy tego zespołu po naprawie;
- jak najlepiej /w sposób optymalny/ wykorzystać środki na utrzymanie sprawności technicznej i inne prace eksploatacyjne.

Sprawność techniczna jako miara jakości technicznej matematycz-

nie może być określona prawdopodobieństwem realizacji połączenia telefonicznego przez urządzenia sieci telekomunikacyjnej /centrale i łącza/. Sprawność techniczna  $S_t$  wyrażana jest w postaci zależności:

$$S_t = \left(1 - \frac{C_u}{C}\right) \cdot 100\% = \frac{C - C_u}{C} \cdot 100\% = \frac{C_d}{C} \cdot 100\%$$

gdzie:

$C$  - liczba wszystkich wykonanych połączeń,

$C_d$  - liczba połączeń, które zostały zrealizowane bez usterek,

$C_u$  - liczba połączeń, które nie zostały zrealizowane z powodu usterek technicznych,

$\frac{C_u}{C}$  - wskaźnik sprawności technicznej.

Z powyższych zależności wynika, że sprawność techniczna określana jest również za pomocą metody pośredniej. Aby uzyskana z pomiaru wartość sprawności technicznej miała wymaganą dokładność, należy wykonać /podać obserwacji/ określoną liczbę połączeń, zgodnie z zasadami statystyki matematycznej.

Omówione wyżej trzy miary jakości eksploatacji oceniają trzy fragmenty rzeczywistości eksploatacyjnej, tworząc kompleksowy zestaw miar jakości eksploatacji urządzeń komutacyjnych. Pozostałe dwie miary, sprawność usług i gotowość, tworzą pewne użyteczne miary dodatkowe.

Sprawność usług jest współczynnikiem oceniającym jakość eksploatacji centrali telefonicznej z punktu widzenia abonenta, dla któ-

rego jest w zasadzie obojętne, z jakiego powodu połączenie nie zostało zrealizowane, chociaż usterki techniczne w czasie zestawiania połączenia są bardziej dokuczliwe. Ponieważ połączenia nie są realizowane z dwóch przyczyn, a mianowicie z powodu braku wolnych zespołów połączeniowych /sprawność załatwiania ruchu/ oraz z powodu uszkodzeń zespołów /sprawność techniczna/, wobec tego sprawność usług jest funkcją sprawności załatwiania ruchu i sprawności technicznej. Sprawność usług można wyrazić w postaci zależności:

$$S_u = \left[ 1 - \frac{C_s + C_u}{C} \right] / 100\% = \left[ 1 - \frac{C_s}{C} - \frac{C_u}{C} \right] / 100\%$$

gdzie:

$C_s$  - liczba połączeń, które nie zostały zrealizowane z powodu braku wolnych zespołów połączeniowych.

Pozostałe oznaczenia są takie same jak we wzorze na sprawność techniczną. Zależność

$$\frac{C_s + C_u}{C}$$

można nazwać wskaźnikiem sprawności usług. Stosunek  $\frac{C_s}{C}$  nazywamy wskaźnikiem sprawności załatwiania ruchu lub współczynnikiem strat ruchu.

Pomiary omówionych wyżej miar jakości wykonywane są za pomocą metod statystycznych. Jako przykład zostaną omówione krótko metody, które można wykorzystać do oceny sprawności technicznej.

Do oceny sprawności technicznej centrali telefonicznej lub wiązki łączny można zastosować szereg metod statystycznej kontroli ja-

kości produkcji, gdyż sieć telefoniczną można uważać za "fabrykę" wytwarzającą połączenia telefoniczne. Można również wykorzystać do tego celu statystyczne metody szacowania /estymacji/ parametrów [7].

Wszystkie metody statystycznej kontroli jakości, takie jak test z pojedynczym pobieraniem próby, test z wielokrotnym pobieraniem próby lub test sekwencyjny, oparte są na metodzie reprezentacyjnej, czyli polegają na pobraniu próby z partii badanego produktu i ocenie całej partii na podstawie tej próby. W centrali telefonicznej próbą będzie pewna liczba połączeń telefonicznych pobranych z wszystkich połączeń istniejących w centrali w danym przedziale czasu. Zbiór wszystkich połączeń stanowi populację generalną, natomiast pobrana próba stanowi populację próbną. O próbie, która dobrze charakteryzuje wszystkie interesujące nas własności populacji generalnej powiemy, że jest próbą reprezentacyjną.

W centrali telefonicznej pobieranie populacji próbnej polega na losowym tworzeniu dróg połączeniowych przez centralę, czyli opiera się na schemacie losowania ze zwracaniem, gdyż utworzona droga połączeniowa po rozłączeniu może być w sposób losowy utworzona powtórnie. Przy takim schemacie losowania ten sam element /w naszym przypadku zespół łączeniowy lub sterujący/ może pojawić się w próbie wielokrotnie. Otrzymaną w ten sposób próbę nazywamy próbą z powtórzeniami. Istnieje tutaj niebezpieczeństwo, że przy tendencyjnym pobraniu próby z powtórzeniami, wynik nie będzie reprezentacyjny.

Tendencyjne pobranie próby ma miejsce wówczas, gdy zaliczenie elementu populacji do próby jest zależne od wartości pewnej

cechy tego elementu, mającej wpływ na cechę badaną. Na przykład w centralach systemu biegowego może tu mieć wpływ struktura układu w postaci dołączenia zespołów łączeniowych do różnych pozycji pola wybieraka. Aby uniknąć tendencyjności, dla każdego systemu central telefonicznych należy opracować szczegółowy plan pobierania próby, uwzględniający strukturę układu i warunki ruchu.

Przy stosowaniu statystycznych metod kontroli jakości otrzymujemy informację, czy rzeczywista sprawność techniczna jest lepsza czy gorsza od wymaganej. Przy stosowaniu statystycznych metod szacowania parametrów otrzymujemy w wyniku konkretną wartość sprawności technicznej oraz ocenę dokładności określenia tej wartości /przedziały ufności i poziom ufności/. Jednak liczba potrzebnych połączeń próbnych jest zwykle tutaj znacznie większa, niż dla metod stosowanych w kontroli jakości.

Do stosowania w telekomutacji można zalecić dwie metody określenia sprawności technicznej. Pierwsza z nich polega na szacowaniu /estymacji/ wartości sprawności technicznej za pomocą próbki jednokrotnej połączeń telefonicznych rzeczywistych lub badaniowych /próbnych/. Druga, do określania sprawności technicznej wykorzystuje test sekwencyjny, przy stosowaniu którego pobieranie próbki trwa aż do podjęcia decyzji.

W pierwszej metodzie liczba potrzebnych połączeń próbnych jest z góry określona i zależy od wymaganej dokładności pomiaru. W drugiej metodzie liczba potrzebnych połączeń próbnych nie jest z góry określona i jest zależna od tego, jak dużo rzeczywista sprawność techniczna różni się od sprawności wymaganej.

Zalecane wyżej dwie metody mają następujące cechy charakterystyczne:

- dokładność metody może być dobrana do wymagań stawianych centralom telefonicznym i grupom łączą;
- liczba potrzebnych połączeń próbnych nie jest zbyt duża i jest mniejsza przy metodzie sekwencyjnej;
- opracowywanie wyników z pobranej populacji próbnej jest proste i szybkie;
- opracowane wyniki są zrozumiałe dla personelu technicznego.

Omówione miary jakości eksploatacji, zalecane do stosowania w telekomutacji, pozwalają na skuteczne sterowanie systemem eksploatacji.

### PRZYKŁADY STEROWANIA JAKOŚCIĄ EKSPLOATACJI

Sterowanie jakością istniejących systemów eksploatacji polega na wprowadzaniu do systemu eksploatacji takich zmian jego parametrów, aby uzyskać wymagany poziom miar jakości systemu. System eksploatacji można podzielić umownie na systemy użytkownika i obsługiwanego. System obsługiwanego można dalej podzielić na podsystemy obsługiwanego, w których wykonywana jest jedna czynność /i/ obsługi o pewnym czasie trwania  $T_i$ . Najczęściej dąży się do skracania czasu  $T_i$ , gdyż jest to czas przestoju urządzeń. Czas  $T_i$  nazywany jest czasem przebywania urządzenia w określonym podsystemie obsługiwanego.

Jeżeli personel obsługujący urządzenie jest obciążony równomiernie, to zachodzi prosta zależność

$$T_{ir} = \frac{T_{is}}{n_i}$$

gdzie:

$T_{ir}$  - czas przebywania urządzenia w  $i$ -tym podsystemie obsługiwanym przy obciążeniu równomiernym wszystkich pracowników obsługi oraz przy stosowaniu obsługi równoległej;

$T_{is}$  - suma czasów czynności obsługi w  $i$ -tym podsystemie obsługiwanym;

$n_i$  - liczebność personelu

jeżeli stosowana jest obsługa równoległa, tzn. że wszystkie wymagane czynności obsługi są wykonywane równocześnie.

Jeżeli personel obsługujący urządzenie nie jest obciążony równomiernie, oznacza to zmniejszenie efektywnej liczebności personelu do wartości

$$n_e = n_i w_i$$

gdzie:

$n_i$  - liczebność etatowa personelu,

$w_i$  - współczynnik jakości organizacji pracy.

Wówczas czas przebywania urządzenia w  $i$ -tym podsystemie obsługi jest funkcją co najmniej trzech argumentów

$$T_i = f_i / T_s, n_i, w_i /$$

i czas  $T_i$  przebywania w  $i$ -tym podsystemie obsługi odpowiednio się zwiększa zgodnie z zależnością



$$T_i = \frac{T_s}{n_i w_i}$$

A więc czas ten zależy od ogólnej czasochłonności  $T_s$  realizowanych czynności obsługi, od liczebności personelu i od wykorzystania poszczególnych pracowników.

Jeżeli miarą jakości systemu eksploatacji jest gotowość, wystarczy podczas sterowania systemu wpływać tylko na podsystemy obsługi. Wówczas w podanym poprzednio wzorze na współczynnik gotowości, sterowaniu i zmianom ulega składnik  $T_n$ , oznaczający przeciętny czas odnowy urządzenia. Na rys. 10 przedstawiono schemat sterowania procesu obsługi urządzeń, którego celem jest utrzymanie współczynnika gotowości  $k_g$  na poziomie równym lub większym od wymaganego.

Do sterowania systemu potrzebny jest dodatkowy układ S/K/, zwany podsystemem sterowania systemu. Układ ten /zob. rys. 10/ przekazuje wartości poszczególnych czasów obsługi  $T_i$  do układu sumującego, który oblicza  $T_n$ . Następnie zostaje obliczony współczynnik gotowości  $k_g$  /całkowity czas obserwacji T zostaje podany do bloku obliczającego  $k_g$  / i zostaje sprawdzony warunek, czy  $k_g$  jest mniejszy od  $k_g$  wymaganego. Jeżeli otrzymano odpowiedź "tak", należy przystąpić do skorygowania systemu obsługi, gdyż czasy obsługi są dłuższe od dopuszczalnych.

Następuje więc sprawdzenie wszystkich czasów realizacji poszczególnych czynności obsługi  $T_1, T_2 \dots T_i$  i każdy z niewłaściwych czasów jest poprawiany poprzez bloki decyzyjne "zmniejszyć  $T_i$ " i układ sterujący S/K/. Gdy wszystkie niewłaściwe czasy zostaną poprawione, w bloku sprawdzającym  $k_g$  otrzymamy odpowiedź "nie", co oznacza, że  $k_g$  osiągnął wymaganą wartość. Następnie

dochodzimy do bloku, który sprawdza czy wartość  $k_g$  nie jest zbyt duża w stosunku do wartości wymaganej. Jeżeli  $k_g = k_g^{\text{wymagane}}$ , to działanie systemu nie wymaga dalszej interwencji. Jeżeli natomiast  $k_g$  jest większe od  $k_g^{\text{wymagane}}$ , wówczas przechodzimy do bloku, który poleca zbadać możliwość zmian  $k_g$  przez zmianę struktury systemu eksploatacji w celu osiągnięcia zależności  $k_g = k_g^{\text{wymagane}}$ . Do tego samego bloku dochodzimy również w przypadku, gdy badając wszystkie poszczególne czasy  $T_1, T_2, \dots, T_n$  w stosunku do czasów dopuszczalnych, nie stwierdzimy odchylenia. W takiej sytuacji nie możemy uzyskać potrzebnych zmian  $k_g$  przez zmianę czasów  $T_i$ , a jedynie przez zmianę struktury systemu eksploatacji.

Występujące na rys. 10 bloki  $S_i / K/$  można rozrysować szczegółowo z układami współpracującymi. Bloki  $S_i / K/$  służą do sterowania czasem przebywania urządzenia w  $i$ -tym podsystemie eksploatacji. Jeden z takich bloków rozrysowany szczegółowo przedstawiono na rys. 11. Na tym rysunku  $S_i / K/$  oznacza blok, w którym na podstawie wartości  $T_s, n_i$  i  $w_i$  obliczana jest chwilowa wartość  $T_i$ . Następnie układ sprawdza, czy wartość  $T_i$  mieści się w dopuszczalnych granicach. W przypadku przekroczenia tych granic koryguje się jedną z wartości  $T_s, n, w$ , odpowiednio o wartości  $\Delta T_s, \Delta n, \Delta w$ , lub bada się wpływ innych parametrów układu na wartość  $T_i$ . Korygowanie parametrów układu trwa tak długo, aż zostanie osiągnięty blok "działanie układu nie wymaga interwencji".

Podczas matematycznego modelowania systemów eksploatacji schematy sterowania przedstawione na rys. 10 i rys. 11 mogą służyć jako algorytmy przy opracowywaniu programów sterowania elektronicznych maszyn cyfrowych.

## ZBIERANIE I PRZETWARZANIE INFORMACJI W SYSTEMIE EKSPLOATACJI

System eksploatacji jest obiektem sterowanym. Aby sprawować stałą kontrolę nad działalnością obiektu sterowanego, należy stale nadzorować i korygować jego stan poprzez oddziaływanie na wejścia sterowane obiektu. Oddziaływanie to odbywa się na podstawie odpowiednich decyzji podjętych po analizie danych sprawozdawczych. Model informacyjny dowolnego szczebla zarządzania eksploatacją urządzeń składa się z następujących układów:

- z zespołu układów nadzorujących proces eksploatacji /receptory/ i z zespołu układów oddziaływujących na proces eksploatacji /efektory/;
- z układu przetwarzania informacji;
- z układu podejmującego decyzje, którym może być człowiek /decydent/;

W rozważanym modelu informacyjnym układ przetwarzania informacji wraz z decydentem tworzą regulator strumienia materiałowoinformacyjno-zasileniowego /zob. rys. 6/ w danym procesie eksploatacji. Regulator taki otrzymuje zadania i wysyła sprawozdania do regulatora nadrzędnego oraz daje polecenia wykonawcze do regulatorów podrzędnych i przyjmuje od nich sprawozdania. Najniższym szczeblem regulacji jest zespół receptorów i efektorów, nadzorujący i oddziaływujący bezpośrednio na przebieg danego procesu eksploatacji.

Ponieważ omawiane procesy są rozłożone w czasie, decydent

więc danego szczebla zna stan obiektu kierowanego z pewnym opóźnieniem. Natomiast decyzje, które może podjąć, będą miały wpływ na obiekt również z pewnym opóźnieniem dopiero w przyszłości. Można tutaj mówić o tzw. czasie reakcji systemu eksploatacji. Im wyższy jest szczebel zarządzenia, który podejmuje decyzję, tym dłuższy jest odstęp w czasie między znajomością stanu obiektu kierowanego a chwilą, w której podjęte decyzje zaczną wpływać na ten stan. Dlatego technika przetwarzania informacji powinna być dostatecznie szybka i gwarantować minimalne starzenie się informacji poddawanych przetwarzaniu.

W zasadzie każda decyzja podejmowana w procesie kierowania jest decyzją przy niepełnej informacji. Wynika to z:

- wpływu wejść niesterowalnych na stan obiektu kierowanego;
- nieznanomości aktualnego stanu obiektu kierowanego;
- niedoskonałości modelu obiektu kierowanego, na podstawie którego podejmowane są decyzje;
- zakłóceń w strumieniu informacji.

Dlatego zasadniczym celem analizy istniejącego modelu informacyjnego będzie eliminowanie wpływu czynników pogarszających efektywność sterowania.

Znając zdolność przerobową układu przetwarzania informacji oraz częstość i wielkość zmian parametrów obiektu sterowanego, należy dobrać pewien optymalny przedział czasowy między kolejnymi decyzjami. W tym przedziale czasowym realizowane są kolejno następujące czynności:

- zbieranie informacji,
- opracowywanie informacji,

- opracowanie zbioru decyzji dopuszczalnych,
- podjęcie decyzji,
- opracowanie poleceń wykonawczych.

Wprowadzony poprzednio podział systemu eksploatacji na dwa podstawowe podsystemy użytku i obsługi narzuca jednocześnie podział informacji krążących w systemie na:

- informacje dotyczące podsystemu użytku i
- informacje dotyczące podsystemu obsługi.

Podział ten nie wyklucza możliwości wykorzystania pewnych informacji krążących w podsystemie użytku dla potrzeb podsystemu obsługi i odwrotnie. Jedną z zasadniczych wielkości różniących obydwie z tych rodzajów informacji obok różnej treści jest dopuszczalny czas zestarzenia się krążących informacji. W obu podsystemach czasy te będą różne, chociaż należy dążyć do tego, aby w obu przypadkach były minimalne.

Aby przejść od tradycyjnego systemu do systemu automatycznego przetwarzania danych /SAPI/, należy kolejno wykonać następujące prace:

- wykonać opis i przeprowadzić analizę tradycyjnego systemu przetwarzania informacji,
- opracować założenia i projekt wstępny SAPI,
- opracować szczegółowy projekt SAPI,
- uruchomić produkcję i wdrożyć SAPI.

Wymagania dotyczące zbierania i przetwarzania informacji w systemach użytku i obsługi wynikają bezpośrednio z zadań tych systemów i specyfiki ich funkcjonowania. Od informacji krążących w tych

systemach wymaga się przede wszystkim maksymalnej wiarygodności i maksymalnej aktualności. Możliwość spełnienia tych wymagań jest ograniczona jakością środków zbierania, przekazywania i przetwarzania informacji. Dopiero pełna automatyzacja procesów zbierania i przetwarzania informacji przy niezawodnych łączach pozwala spełnić wymagania stawiane systemom eksploatacji.

Docelowo należy przewidywać jako wariant najbardziej realny opracowanie i wdrożenie centralnego systemu maszynowego /EMS/ przetwarzania informacji eksploatacyjnych sieci telekomunikacyjnej w resorcie łączności. W wariancie tym należy przewidywać stworzenie jednego centralnego ośrodka na szczeblu ministerstwa sprzężonego łączami transmisji danych z poszczególnymi jednostkami w terenie.

W takim ośrodku byłyby wykonywane wszystkie potrzebne operacje na zbiorze informacji eksploatacyjnych, niezbędnych do sterowania eksploatacją w skali całego kraju.

## DIAGNOSTYKA TECHNICZNA

W procesie eksploatacji urządzeń ważną rolę odgrywa proces obsługi. Jednym z elementów procesu obsługi jest badanie stanu urządzenia. Jeżeli badanie dotyczy stanu aktualnego, to nazywamy je badaniem diagnostycznym. Określenie stanu, w jakim znajduje się urządzenie, jest podstawą podjęcia decyzji odnośnie dalszego postępowania z urządzeniem.

Ogólnie diagnozowanie polega na przeprowadzeniu określonych badań diagnostycznych urządzenia oraz na analizie otrzymanych wyników w celu określenia jego stanu. W przypadku prostych urządzeń

wystarczają stosunkowo proste metody badawcze i proste przyrządy. Z biegiem czasu, w miarę wzrostu złożoności urządzeń, dotychczasowe metody stały się niewystarczające. Zostały opracowane metody bardziej obiektywne, lepiej uzasadnione i zmierzające do zastąpienia człowieka przez układ automatyczny. W związku z tym został zapoczątkowany rozwój nowego kierunku naukowego nazywanego diagnostyką techniczną. Można zaliczyć do niej trzy główne zagadnienia:

- opracowywanie wymagań dla urządzeń aktualnie projektowanych ze względu na potrzeby diagnostyki,
- opracowywanie metod wyznaczania optymalnych programów badań diagnostycznych,
- opracowywanie metod syntezy automatycznych urządzeń diagnostycznych i oceny ich opłacalności.

Pierwsze z wyżej wymienionych zagadnień dotyczy tzw. "przystosowania diagnostycznego" obiektu, co powinno być realizowane już w czasie projektowania urządzenia, gdyż przystosowanie już gotowych obiektów może napotkać duże trudności. W tym zakresie w oparciu o dokładną znajomość zasad funkcjonowania rozpatrywanego obiektu i analizę jego struktury określa się parametry podlegające badaniu, dokonuje się takich uzupełnień i zmian struktury, które zapewniają dogodne badanie tych parametrów. Na przykład wykonuje się odpowiednie połączenia i rozmieszczenie wejść i wyjść kontrolnych, przewiduje się miejsca rozmieszczenia układów nadzorujących, przetworników itp.

Reasumując można powiedzieć, że na tym etapie ustala się "co badać" w urządzeniu.

Drugie z podanych wyżej zagadnień dotyczy metodologii badania, tzn. metod i sposobów planowania badania, metod opracowywania uzyskanej informacji o obiekcie oraz metod wnioskowania o stanie obiektu. W zakres tego zagadnienia wchodzi opracowanie matematycznych modeli obiektów i procesów fizycznych w nich zachodzących, modeli matematycznych badań, metod optymalnego planowania badań oraz sposobów badań. A więc na tym etapie ustala się "jak badać".

Trzecie zagadnienie dotyczy doskonalenia badań za pomocą syntezy odpowiedniej aparatury badawczej. W najprostszych przypadkach będzie to polegało na wyborze odpowiedniego zestawu przyrządów pomiarowych. Nowsze rozwiązania polegają na zastosowaniu w coraz szerszym zakresie automatyzacji badań. Wymaga to opracowania aparatury, która częściowo lub całkowicie zastępuje człowieka w zakresie realizacji pomiarów, oceny wyników oraz ustalenia diagnozy. Są to często układy bardzo złożone, oparte coraz częściej na technice cyfrowej aż do wykorzystania maszyn cyfrowych włącznie. A więc na tym etapie uzyskuje się odpowiedź na pytanie "czym badać".

Najczęściej stosuje się następujące trzy podstawowe sposoby badania stanu obiektu.

Sposób obserwacji objawów zewnętrznych polega na obejrzeniu wyglądu zewnętrznego oporników, kondensatorów, lamp, przekładników, przewodów i innych elementów urządzenia, na obejrzeniu stanu połączeń, na stwierdzeniu przez dotyk stopnia nagrzania elementów, na słuchowym sprawdzeniu elementów wytwarzających szumy, na wykrywaniu iskrzeń, zapachów itp. Zaletą tego sposobu jest prostota i łatwość realizacji, wadą ograniczona skuteczność.



Sposób zamiany elementów polega na zastąpieniu elementów podejrzewanych o niezdatność elementami na pewno zdatnymi do pracy. Sposób ten jest szczególnie skuteczny, gdy obiekt jest skonstruowany techniką modułową. Zaletą tego sposobu jest stosunkowo szybka lokalizacja uszkodzeń oraz to, że równocześnie z procesem diagnostyki następuje naprawa. Wadą jest to, że w przypadku uszkodzeń zależnych zamiana elementu może spowodować uszkodzenie dobrego elementu wstawionego.

Sposób kontroli parametrów polega na kontroli wielkości charakteryzujących normalne funkcjonowanie obiektu za pomocą tak aparatury pomiarowej wbudowanej, jak i zewnętrznej. Wymaga to dokładnej znajomości działania obiektu i odpowiednio przygotowanej dokumentacji diagnostycznej, jak np. programy diagnostyczne, tabele charakterystycznych uszkodzeń itp.

W praktyce często można spotkać również inne odmiany sposobów badań lub ich kombinacje. Wyboru sposobu dokonuje się w zależności od konstrukcji urządzenia, wyposażenia w aparaturę pomiarową i badaniową oraz kwalifikacji operatora. Odnośnie wspomnianego wyżej programu diagnostycznego można podać jako przykład, że często w programach takich ustala się kolejność sprawdzania elementów według malejącego prawdopodobieństwa uszkodzenia. A więc przy opracowywaniu takiego programu należy korzystać z odpowiednich informacji wynikających z badań niezawodności elementów urządzenia.

## SZKOLENIE KADR DLA EKSPLOATACJI

Personel eksploatacyjny urządzenia składa się z załogi urządzenia oraz z kierownictwa eksploatacji urządzenia /zob. rys. 5/.

Na przykładzie sylwetki nowoczesnego inżyniera eksploatacji zostaną omówione istotne cechy specjalisty z tego zakresu działalności ludzkiej.

Dowolne urządzenie techniczne przechodzi w czasie swego istnienia przez trzy kolejne fazy:

- konstrukcji,
- technologii i
- eksploatacji.

Należy więc wyróżnić:

- inżyniera konstruktora, który działa z urządzeniem w fazie projektowania,
- inżyniera technologa, który działa z urządzeniem w fazie wytwarzania,
- inżyniera eksploatacji, który działa z urządzeniem w fazie użytkowania i obsługi.

Okazuje się, że w gospodarce narodowej najbardziej liczni są inżynierowie eksploatacji. Tymczasem kształcenie inżynierów o takiej specjalności zostało zupełnie zaniedbane.

W przypadku inżyniera eksploatacji można wyróżnić role, jakie on spełnia w praktyce eksploatacyjnej, a mianowicie:

- rola eksploatatora bezpośredniego,
- rola organizatora - kierownika,
- rola pedagoga eksploatacji,
- rola wychowawcy ludzi,
- rola racjonalizatora eksploatacji.

W roli eksploatatora bezpośredniego inżynier eksploatacji obej-

muje swoją działalnością zagadnienia z zakresu:

- użytkowania,
- obsługiwanania technicznego,
- remontowania,
- przechowywania i przewożenia,
- wdrażania urządzeń do eksploatacji i wycofywania urządzeń z eksploatacji.

W roli organizatora - kierownika obejmuje swą działalnością zagadnienia z zakresu:

- planowania eksploatacji,
- kierowania eksploatacją,
- kontrolowania eksploatacji,
- przestrzegania bezpieczeństwa i higieny pracy w eksploatacji.

Aby prawidłowo wykonać na każdym stanowisku w eksploatacji powierzone mu zadania, inżynier eksploatacji powinien być odpowiednio wykształcony. Można przewidywać, że program nauczania eksploatacji powinien obejmować przedmioty ogólne niezbędne w normalnym wykształceniu inżyniera, przedmioty specjalistyczne ogólne i szczegółowe, przedmioty eksploatacyjne oraz praktyki niezbędne dla społeczno-zawodowej adaptacji.

Omawiając niżej przedmioty nauczania eksploatacji, zostaną pominięte przedmioty wspólne dla każdego inżyniera, niezależnie od specjalności /konstruktor, technolog, eksploatacator/.

Nauczanie eksploatacji powinno się rozpocząć od wstępu do teorii eksploatacji obejmującego:

- podstawowe wiadomości o teorii eksploatacji urządzeń,

- podstawowe pojęcia eksploatacyjne w zakresie użytkowania i obsługi urządzeń,
- zasady eksploatacji urządzeń,
- matematyczne modelowanie systemu eksploatacji,
- sterowanie eksploatacją,
- zbieranie i przetwarzanie informacji eksploatacyjnych,
- organizację eksploatacji urządzeń,
- dydaktykę eksploatacji urządzeń.

Po wysłuchaniu tego przedmiotu słuchacze powinni:

- nauczyć się myśleć eksploatacyjnie,
- przyswoić sobie podstawowe wiadomości z teorii eksploatacji,
- rozbudzić ciekawość eksploatacyjną,
- rozbudzić zamiłowanie zawodu.

Następnie program nauczania eksploatacji powinien objąć dalsze podstawowe przedmioty nauczania:

- fizykę eksploatacji,
- niezawodność,
- diagnostykę techniczną,
- organizację i ekonomikę eksploatacji.

W ramowym programie fizyki eksploatacji powinny się znaleźć zagadnienia:

- fizycznego modelu procesu eksploatacji urządzenia,
- procesów zużycia urządzeń i ich klasyfikacja,
- fizyki warstwy wierzchniej,
- charakterystyki mechanicznych, cieplnych i chemicznych procesów zużycia,

- metod fizycznych wyznaczania trwałości urządzeń,
- wpływu klimatu i otoczenia na własności eksploatacyjne urządzenia,
- eksperymentalnych badań procesów zużycia urządzenia,
- konstrukcyjnych i technologicznych możliwości kształtowania właściwości użytkowych urządzenia,
- wpływu warunków eksploatacji na właściwości użytkowe urządzenia.

Niezawodność i diagnostyka techniczna mogą być potraktowane łącznie. Przedmiot ten powinien utrwalić przekonanie, że proces eksploatacji jest procesem losowym i powinien nauczyć myślenia stochastycznego. Powinien również nauczyć metodyki postępowania w sytuacji problemowej wywołanej uszkodzeniami urządzenia. Program ramowy tego przedmiotu powinien obejmować takie zagadnienia, jak:

- podstawowe pojęcia teorii niezawodności i diagnostyki technicznej,
- wskaźniki niezawodności urządzeń,
- czynniki wpływające na niezawodność urządzeń,
- niezawodność elementów typowych,
- ocena niezawodności urządzeń,
- doświadczalne wyznaczanie wskaźników niezawodności,
- metody poprawiania niezawodności,
- rezerwowanie elementów i urządzeń,
- wpływ napraw na niezawodność urządzeń,
- wpływ obsługiwanie na niezawodność,
- diagnozowanie stanu urządzeń,

- optymalne programy kontroli i lokalizacji uszkodzeń,
- optymalizacja niezawodności urządzeń,
- zbieranie i przetwarzanie informacji dotyczącej niezawodności urządzeń,
- ocena efektywności działania systemów z uwzględnieniem ich niezawodności.

Ostatni przedmiot nauczania, organizacja i ekonomika eksploatacji obejmuje szeroki program, który na uczelni technicznej może być wyłożony w ogólnym zarysie. Celem przedmiotu jest nauczenie słuchaczy metod racjonalnej gospodarki eksploatacyjnej. W ramowym zestawie powinny się znaleźć następujące zagadnienia:

- metodyka analizy systemu eksploatacji,
- planowanie użytkowania urządzeń,
- optymalizacja systemu użytkowania urządzeń,
- sterowanie użytkowaniem urządzeń,
- planowanie obsługiwaniania urządzeń,
- optymalizacja systemu obsługiwaniania urządzeń,
- sterowanie obsługiwaniem urządzeń,
- planowanie eksploatacji urządzeń,
- optymalizacja systemu eksploatacji urządzeń,
- sterowanie eksploatacją urządzeń,
- ocena gotowości systemu eksploatacji urządzeń,
- zbieranie i przetwarzanie informacji eksploatacyjnych,
- optymalizacja systemu zaopatrzenia materiałowo-technicznego,
- eksploatacyjna ocena urządzenia,
- odnawianie urządzeń,
- zasady i normy eksploatacyjne,

- system zarządzania eksploatacją w gospodarce narodowej.

W programie nauczania eksploatacji można również wyróżnić szereg przedmiotów szczegółowych, które dotyczyć będą eksploatacji urządzeń konkretnych określonych rodzajów.

Podany wyżej szkicowo program nauczania określa zakres niezbędnej wiedzy inżyniera eksploatacji. Należy również przewidywać zorganizowanie systemu doskonalenia zawodowego, obejmującego kadry z wyższym i średnim wykształceniem oraz kadrę robotniczą, w postaci odpowiednich kursów doszkalających w zakresie najnowszych osiągnięć teorii i praktyki eksploatacji.

## BEZPIECZEŃSTWO I HIGIENA PRACY W PROCESIE EKSPLOATACJI

Bezpieczeństwo i higiena pracy w procesie eksploatacji wymaga szczególnego potraktowania z uwagi na to, że dotyczy ludzi będących elementami łańcucha działania. W procesie eksploatacji istnieje zagrożenie urządzeń przez ludzi, powodujące powstawanie usterek w wyniku celowego bądź nieumiejętnego lub zawodnego działania. Istnieje również nie mniej groźne dla łańcucha działania zagrożenie człowieka przez innych ludzi i urządzenia. W obu zagrożeniach istotne jest zagadnienie niezawodności człowieka.

Niezawodność człowieka zależy zarówno od jego predyspozycji fizycznych, jak i psychicznych. Te ostatnie są szczególnie ważne, gdyż nawet przy najlepszych kwalifikacjach człowiek mający na przykład niski stopień przystosowania do norm współżycia społecznego może zawieść w czasie działania eksploatacyjnego. Zagadnienie komplikuje się jeszcze z tego względu, że podczas rzeczywistej

działalności przejawianie funkcji psychicznych nie zachodzi w sposób izolowany i jest wynikiem dynamicznego współdziałania wielu funkcji.

Dotychczas zagadnienie niezawodności działania człowieka jest o wiele mniej zbadane, niż wiele innych jego właściwości. W związku z zagadnieniem niezawodności człowieka należy wskazać na znaczną zmianę charakterystyk reakcji ruchowych i jego funkcji psychicznych w czasie długotrwałego działania eksploatacyjnego. Zmniejsza się wówczas dokładność ruchów, występują paradoksalne reakcje, jak np. reakcje słabe na bardzo silne pobudzenia i przeciwnie. Pod wpływem zmęczenia człowiek wykonuje niektóre ruchy ze zbędną starannością, inne z większym lub mniejszym opóźnieniem. Interesujący jest fakt, że w przypadku gdy człowiek ma możliwość kontroli swoich działań, jego niezawodność znacznie wzrasta. Z tych względów zaleca się ostatnio takie rozwiązania łańcucha działania, w którym uwaga człowieka steruje urządzeniem. Pozwala to uzyskać większą stabilność uwagi człowieka w procesie eksploatacji.

Do bardzo ważnych zagadnień należy zaliczyć zagadnienia pracy i odporności człowieka w warunkach istnienia zakłóceń, zagadnienia regeneracji jego sił i niezawodności ruchowej czy psychicznej przez właściwe dobieranie form i czasu odpoczynku, zagadnienia warunków bytu. Istnieje zależność niezawodności człowieka od tzw. "samopoczucia ogólnego", czyli subiektywnego zapasu aktywności, od okresu wdrażania się do działania i od metod kształtowania silnych systemów nerwowych o znacznej dynamice, zależnej od potrzeb dopasowywania się do zmieniającego się obciążenia.

Zagrożenie człowieka jest przyczyną wypadków powodujących urazy, tj. uszkodzenia człowieka jako elementu łańcucha działania.



Pomocą w ograniczaniu wypadków jest diagnostyka bezpieczeństwa i higieny pracy w eksploatacji. Zmniejszenie zagrożeń człowieka osiąga się również przez automatyzację czynności eksploatacji. Należy jednak podkreślić, że pomimo wykonywania przez urządzenia techniczne coraz bardziej złożonych funkcji, działać świadomie będzie zawsze tylko człowiek. Jemu to właśnie pozostawione będą główne funkcje programowania, kierowania i kontroli eksploatacji urządzenia. Natomiast pozostałe funkcje mogą być przekazane urządzeniom coraz bardziej zautomatyzowanym.

## ZAKOŃCZENIE

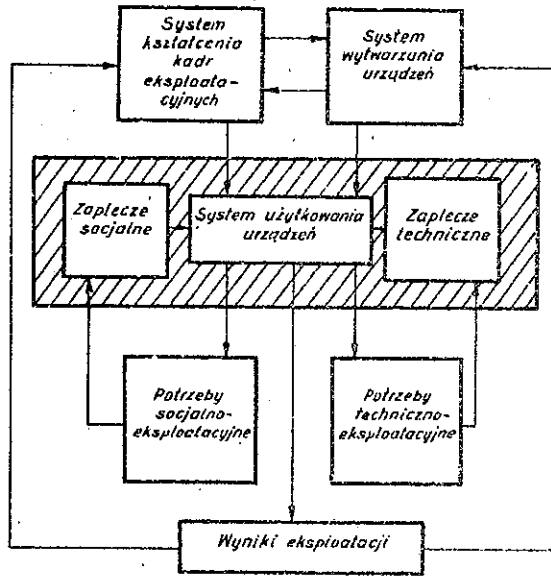
Zagadnienia eksploatacji urządzeń omówione w tej pracy w sposób jakościowy zostały wybrane w ten sposób, aby chociaż w sposób pobieżny wspomnieć o większości podstawowych kierunków badań eksploatacyjnych, które można jeszcze raz na koniec wymienić:

- zagadnienia ogólne,
- fizyko-chemiczne procesy eksploatacyjne,
- użytkowanie urządzeń,
- obsługiwane urządzeń,
- eksploataowanie urządzeń,
- niezawodność,
- diagnostyka techniczna,
- zaopatrzenie materiałowo-techniczne,
- organizacja i zarządzanie eksploatacją urządzeń,
- kadry i bhp.

Na podstawie omówionych zagadnień można powiedzieć, że problematyka eksploatacji urządzeń jest bardzo bogata. Wynika stąd też, że świadoma działalność eksploatacyjna wymaga dokładnego i wielostronnego przygotowania. Przy coraz bardziej rosnącej złożoności urządzeń technicznych, teoretyczne i praktyczne opisanie nowoczesnych metod i środków eksploatacji jest niezbędne do prawidłowego korzystania z tych urządzeń. Szybkie wprowadzenie tych metod i środków do eksploatacji urządzeń telekomunikacyjnych na pewno poprawi jakość usług i niezawodność działania urządzeń.

#### WYKAZ LITERATURY

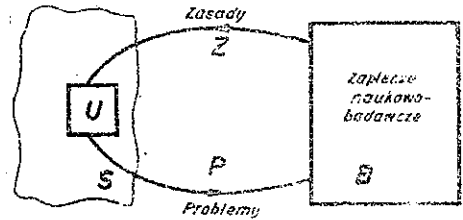
1. Encyklopedia Techniki. Teleelektryka. Warszawa, WNT 1967.
2. Konieczny J., Olearczuk E., Żelazowski W.: Elementy nauki o eksploatacji. Warszawa, WNT 1969.
3. Konieczny J.: Wstęp do teorii eksploatacji urządzeń. Warszawa, WNT 1971.
4. CCITT Księga Błękitna, tom VI. Sygnalizacja i komutacja telefoniczna. Międzynarodowa Unia Telekomunikacyjna. Genewa, 1966. Tłumaczenie polskie: Warszawa, WKŁ, 1969.
5. Barlow R.E.: Mathematical Theory of Reliability. John Wiley and Sons. New York 1965.
6. Przepisy gospodarki ruchowej w automatycznych centralach telefonicznych. Instrukcja Techniczna Nr TS-128. Instytut Łączności 1962.
7. Sadowski W.: Statystyka matematyczna. Warszawa, PWE 1965.



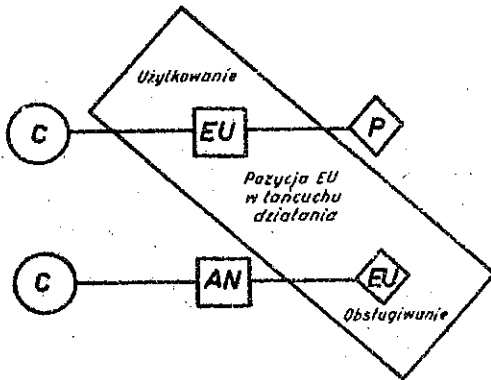
Rys. 1. Schemat ogólnej koncepcji eksploatacji

Rys. 2. Związek nauki i praktyki eksploatacji

U - urządzenie eksploatacyjne; S - środowisko, w którym znajduje się urządzenie U; B - zaplecze naukowo-badawcze opracowujące modele badawcze i decyzyjne; Z, P - powiązania informacyjne

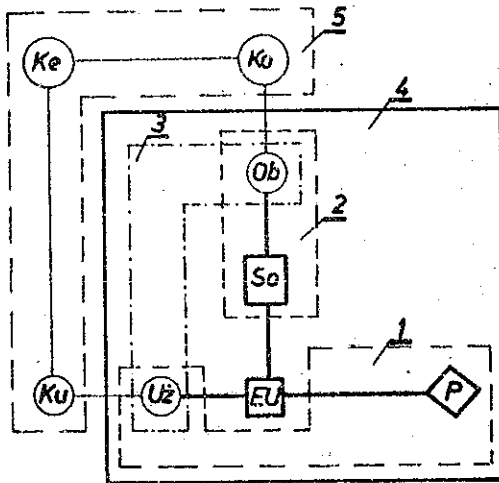


Rys. 3. Elementarny łańcuch działania



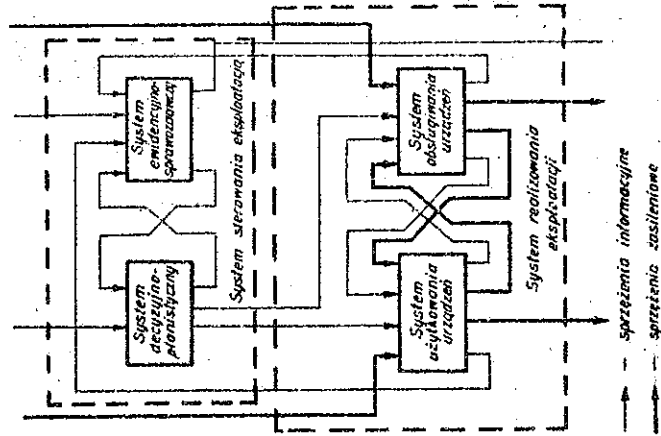
Rys. 4. Łańcuchy użytkowania i obsługi w procesie eksploatacji

C - podmiot działania, na przykład człowiek; EU - eksploatowane urządzenie; P - przedmiot działania w procesie użytkowania; AN - pośrednik działania w procesie obsługi, na przykład aparatura i narzędzia

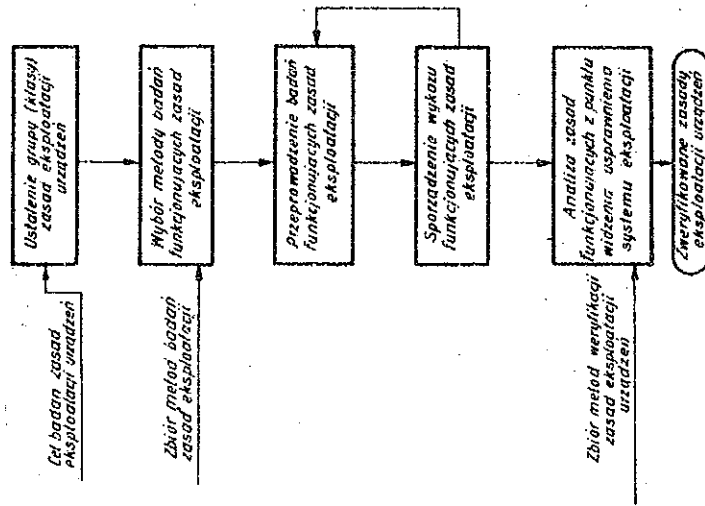


Rys. 5. Elementarny układ eksploatacji urządzenia

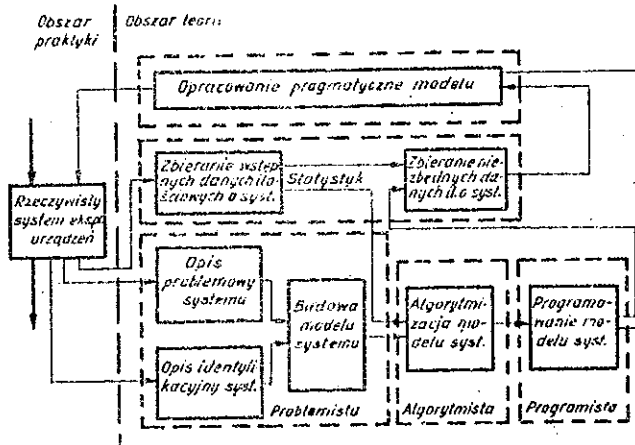
EU - eksploatowane urządzenie; P - produkt; Uż - użytkownik; So - środki obsługi; Ob - personel obsługujący urządzenie; Ku - kierownik użytku urządzenia; Ko - kierownik obsługi urządzenia; Ke - kierownik eksploatacji urządzenia; 1 - stanowisko użytku urządzenia; 2 - stanowisko obsługi urządzenia; 3 - załoga urządzenia; 4 - otoczenie; 5 - kierownictwo eksploatacji urządzenia



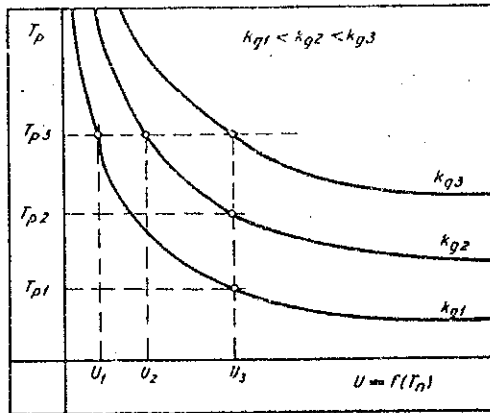
Rys. 6. Struktura informacyjna systemu eksploatacji urządzeń



Rys. 7. Etapy badań zasad eksploatacji



Rys. 8. Etapy modelowania systemu eksploatacji



Rys. 9. Wykresy izotowości



