

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

**PRACE
INSTYTUTU ŁĄCZNOŚCI**

ROK V

ZESZYT 1(10)

KWARTALNIK

W A R S Z A W A 1 9 5 8

I N S T Y T U T Ł Ą C Z N O Ś C I

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

PRACE
INSTYTUTU ŁĄCZNOŚCI

ROK V

ZESZYT 1(10)

W A R S Z A W A 1 9 5 8
I N S T Y T U T Ł Ą C Z N O Ś C I

Komitet Redakcyjny
 Redaktor naczelny — prof. mgr inż. Józef Wójcikiewicz
 Redaktorzy działów: inż. Aleksy Brodowski
 doc. mgr inż. Sylwester Jarkowski, doc. mgr inż. Lesław Kędziński
 Sekretarz Redakcji — Zygmunt Grela
 Adres Redakcji: Instytut Łączności, Warszawa 4, ul. Targowa 74

SPIS TREŚCI

1. Zakład Telewizji IŁ — Wytyczne do wyboru najkorzystniejszego w warunkach polskich standardu telewizji monochromatycznej	3
2. Stefan Jasiński — Obecny stan przewidywania burz jonosferycznych i zakłóceń radiokomunikacyjnych	47

СОДЕРЖАНИЕ

1. Телевизионное Отделение Института Связи — Указания относительно выбора наиболее выгодного в польских условиях стандарта для системы монохроматического телевидения	3
2. С. Ф. Ясинский — Обзор современного состояния прогноза ионосферных бурь и нарушений радиосвязи	47

CONTENTS

1. Television Department of the Institute of Telecommunications — Guiding principles for establishing the most suitable standard of monochromatic television for Poland	3
2. St. Jasiński — Actual state of the prediction of ionospheric storms and of disturbances in radiocommunications	47

SOMMAIRE

1. Section de Télévision de l'Institut de Télécommunications — Directives relatives au choix des normes de télévision monochromatique les plus favorables pour la Pologne	3
2. St. Jasiński — L'état actuel des prévisions des orages ionosphériques et des brouillages des radiocommunications	47

INHALTSVERZEICHNIS

1. Fernsehensabteilung des Fernmeldeweseninstituts — Richtlinien für die Auswahl des für die polnischen Verhältnisse günstigsten Standardes des Schwarz-Weiss-Fernsehens	3
2. St. Jasiński — Der gegenwärtige Stand der Vorhersehung der jonosphärischen Stürme und der Funkverkehr-Störungen	47

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

Printed in Poland

Instytut Łączności, Warszawa 1958 r. Wydanie I. Nakład 550 egz. Ark. wyd. 8,—. Ark. druk. 7,76/A. Format B5. Papier druk sat. kl. V, 70 g, 70 × 100/16. Rękopis oddano do składania 5.III.58 r. Podpisano do druku 25.IV.1958 r. Druk ukończono w kwietniu 1958 r. Cena zł 35.—

Drukarnia im. Rewolucji Październikowej. Warszawa, Zam. 410/58. A-60

ZAKŁAD TELEWIZJI IŁ

621.397

WYTYCZNE DO WYBORU NAJKORZYSTNIEJSZEGO W WARUNKACH POLSKICH STANDARDU TELEWIZJI MONOCHROMATYCZNEJ

Rękopis dostarczono do IŁ 4.11.1957

Po ustaleniu parametrów określających standard telewizyjny oraz określeniu ich stopnia ważności został dokonany przegląd użytkowanych obecnie w świecie standardów telewizji monochromatycznej. Na podstawie przeprowadzonego porównania ustalono te parametry, które powodują powstawanie istotnych różnic pomiędzy poszczególnymi standardami. Jako kryterium istotnej różnicy standardów przyjęto konieczność wprowadzania zmian konstrukcyjnych w odbiorniku telewizyjnym, w przypadku zmiany standardu. Następnie, zostały omówione czynniki techniczno-ekonomiczne, które wpływają na wybór podstawowych parametrów standardu.

Autor dochodzi ostatecznie do następujących wniosków dotyczących wyboru standardu telewizyjnego najbardziej korzystnego dla Polski:

1. Nie jest celowe opracowywanie standardu różniącego się tylko w szczegółach od standardów obecnie użytkowanych w innych krajach.
2. Należy wybrać jeden z dwóch wariantów standardu 625-liniowego, a mianowicie bądź standard o szerokości kanału w. cz. 7 MHz, bądź też o szerokości kanału w. cz. 8 MHz.

Decyzja co do ostatecznego wyboru powinna zależeć od wyników obliczeń sieci stacji telewizyjnych w Polsce dla obu powyższych wariantów, przy czym należałoby wybrać ten wariant, przy którym uzyska się większy ogólny współczynnik pokrycia terytorium kraju zasięgiem niezakłóconego odbioru telewizyjnego.

1. WSTĘP

Pod nazwą „standard telewizyjny” rozumiemy zbiór norm jednoznacznie określających dany system telewizyjny. Ze względu na skomplikowaną technikę telewizji, w jej dzisiejszych rozwiązaniach, ilość parametrów określająca system jest stosunkowo duża i wielokrotnie większa niż np. w radiofonii. Normalizacja systemów radiofonicznych, w szczególności jeśli chodzi o podstawowe parametry tych systemów, została od dawna dokonana w skali międzynarodowej i np. typowy odbiornik radiofoniczny dla modulacji amplitudy może w zasadzie odbierać każdą z istniejących w świecie stacji nadawczych pod warunkiem, że znajduje

się on w zasięgu tej stacji i że może być dostrojony do długości fali, na której ona pracuje.

W telewizji wymienione wyżej warunki są całkowicie niewystarczające do odbioru i należy spełnić jeszcze wiele innych dodatkowych warunków, aby móc prawidłowo odebrać stację telewizyjną, w zasięgu której znajduje się odbiornik.

W związku z tym, przy istniejących różnicach w parametrach systemów obecnie eksploatowanych, odbiorniki telewizyjne produkowane w jednym kraju przewiezione np. do innego kraju nie mogą, w wielu przypadkach, odbierać stacji tego kraju bez dokonania mniej lub bardziej trudnych i kosztownych przeróbek, co w pewnych przypadkach staje się nawet całkowicie nieopłacalne.

Znormalizowanie parametrów systemu telewizyjnego w skali ogólnokrajowej jest więc sprawą niezbędną, a w skali międzynarodowej wielce pożądaną. Głównym celem normalizacji w skali krajowej jest umożliwienie prawidłowego rozwoju telewizji przez ustalenie jednolitych parametrów systemu, pozwalających na podjęcie masowej produkcji jednolitego sprzętu telewizyjnego, a w szczególności odbiorników telewizyjnych. Podstawową zasadą, jaką należy się tu kierować, jest wybór takich parametrów systemu, które zapewniłyby trwałość wybranego standardu na długi okres czasu, gdyż zmiana nawet jednego z podstawowych parametrów może powodować konieczność wprowadzania zmian konstrukcyjnych w całym już istniejącym parku odbiornikowym. Jest to z reguły przedsięwzięcie technicznie bardzo skomplikowane, a w wielu przypadkach praktycznie niewykonalne lub nieopłacalne.

Zagadnienie trwałości standardu telewizyjnego jest na tyle ważne, że w wielu krajach zatwierdzanie standardu odbywa się przez ustawę parlamentu. Jako charakterystyczny przykład konsekwencji wynikających ze zmiany podstawowych cech standardu może być sytuacja, jaka wynikła w 1949 r. we Francji. Bezpośrednio po zakończeniu wojny telewizja francuska rozpoczęła eksploatację systemu 450/455-liniowego, a w 1949 r. postanowiono wprowadzić do eksploatacji system wysokiej jakości — 819-liniowy. Ze względu na kilkudziesięciotysięczny park odbiornikowy musiano zapewnić równoległą pracę obu systemów przez 10 lat, aby dotychczasowi abonenci mogli wyeksploatować posiadane odbiorniki telewizji 455-liniowej, nie nadające się w zasadzie do przeróbki na system 819-liniowy. Równoległa praca obu systemów po stronie nadawczej oczywiście podnosi koszty eksploatacji i nie jest uzasadniona technicznie.

Wybór podstawowych norm systemu musi być poza tym dokonany z całą ostrożnością, aby nie ograniczać możliwości postępu w dziedzinie

telewizji, która rozwija się w sposób dynamiczny. Parametry systemu telewizji monochromatycznej powinny więc być wybrane w taki sposób, aby umożliwiały stopniowe wprowadzanie nowych osiągnięć techniki telewizyjnej, a w szczególności telewizji kolorowej, która już zaczyna wchodzić do eksploatacji.

Normalizacja parametrów systemu telewizyjnego w skali międzynarodowej jest szczególnie pożądana zarówno ze względu na wymianę programów, jak i ze względu na trudności techniczne napotymane przy eksploataowaniu różnych systemów w krajach ze sobą sąsiadujących.

Wymiana programów oprócz znaczenia kulturalno-politycznego pozwala podnieść atrakcyjność programu, a jednocześnie poważnie obniża koszty przygotowania programów. Mimo że istnieją obecnie środki techniczne umożliwiające wymianę programów między krajami wykorzystującymi różne standardy, to jednak tego typu wymiana prowadzi nieuchronnie do obniżenia jakości obrazu. Z drugiej strony, o ile kraje sąsiadujące ze sobą wykorzystują różne standardy, to zachodzi zwykle poważne niebezpieczeństwo wzajemnych zakłóceń, przede wszystkim w częściach krajów leżących w pobliżu wzajemnej granicy.

Zagadnienie normalizacji w skali międzynarodowej jest jednak szczególnie trudne wobec istnienia obecnie sześciu różnych, znajdujących się w eksploatacji, standardów i poważnego stanu rozwoju sieci telewizyjnej w szeregu krajów. Usiłowania ujednoczenia standardu podejmowane przez organizacje międzynarodowe nie dały dotychczas rezultatów pozytywnych.

W warunkach polskich należy więc dążyć do ujednoczenia standardu chociaż z najbliższymi krajami sąsiedzkimi, co — oprócz korzyści wynikających z możliwości wymiany programów — pozwoli na bardziej prawidłowe zaplanowanie sieci stacji telewizyjnych w Polsce i ułatwi walkę z wzajemnymi zakłóceniami.

W tym aspekcie, przy wyborze poszczególnych norm standardu, należy więc poważnie liczyć się z koniecznością pewnych kompromisów pomiędzy pożądanymi własnościami jakościowymi systemu a warunkami narzuconymi przez normy przyjęte obecnie u naszych sąsiadów.

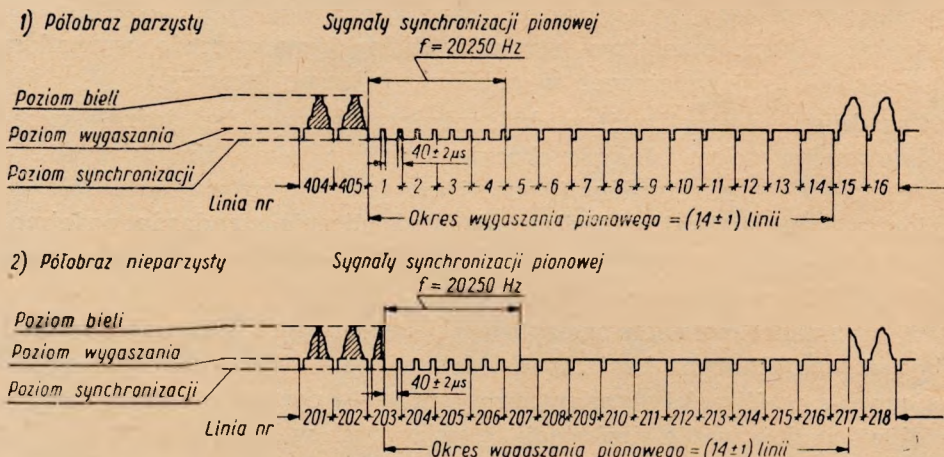
2. PARAMETRY STANDARDU WYMAGAJĄCE NORMALIZACJI

Ścisłe określenie wszystkich cech standardu wymaga ustalenia kilkudziesięciu parametrów. Szereg parametrów posiada jednak wpływ drugorzędny na pracę systemu i dlatego też w niniejszej pracy zostaną omówione jedynie te cechy, które posiadają zasadniczy wpływ na kon-

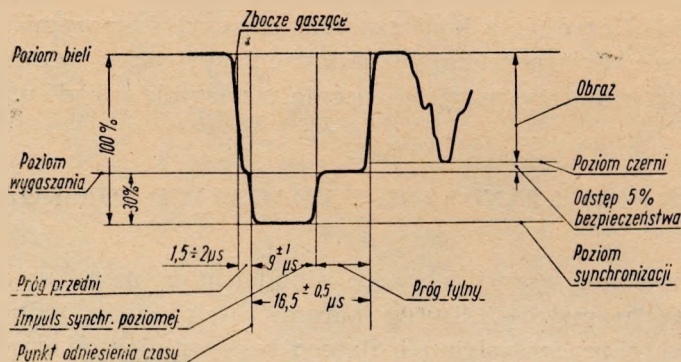
strukcję sprzętu, a w szczególności na konstrukcję masowo produkowanych odbiorników telewizyjnych.

W tym założeniu jako najistotniejsze mogą być wymienione następujące parametry, które wymagają ustalenia w procesie normalizacji:

- a) w odniesieniu do parametrów analizy i syntezy obrazu:
 - 1) ilość linii,
 - 2) ilość obrazów nadawanych w ciągu 1 sek, czyli częstotliwość obrazu,
 - 3) sposób wybierania,
 - 4) współczynnik międzyliniowości,
 - 5) kształt obrazu, czyli stosunek jego szerokości do wysokości,
 - 6) kształt i rodzaj sygnałów synchronizujących,
- b) w odniesieniu do parametrów modulacji nadajnika wizyjnego:
 - 7) typ modulacji,
 - 8) polaryzacja sygnału wizyjnego w obwiedni sygnału w. cz.,

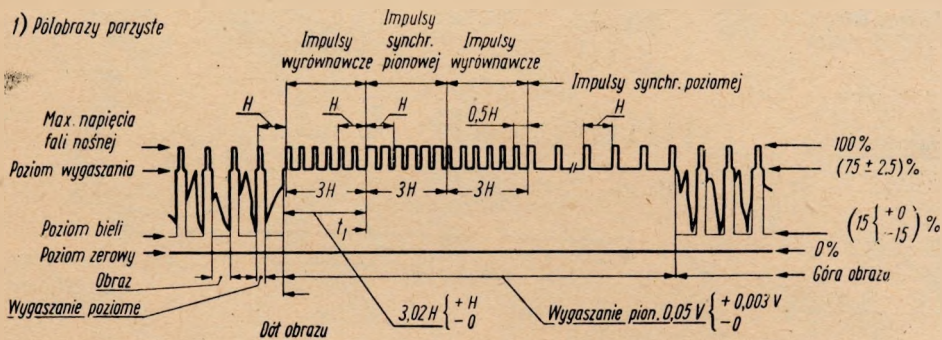


Rys. 1a. Sygnaly synchronizacji, system 405-liniowy

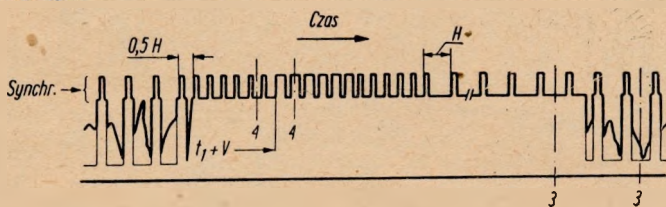


Rys. 1b. Szczegóły sygnału synchronizacji, system 405-liniowy

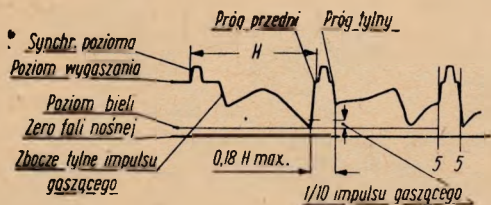
1) Półobrazy parzyste



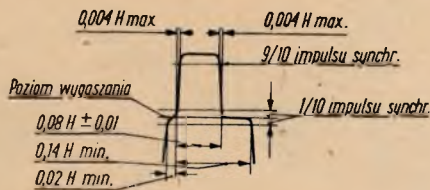
2) Półobrazy nieparzyste



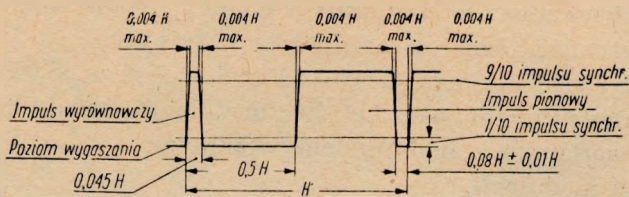
Rys. 2a. Sygnały synchronizacji, system 525-liniowy



3) Szczegóły pomiędzy 3-3w(2)

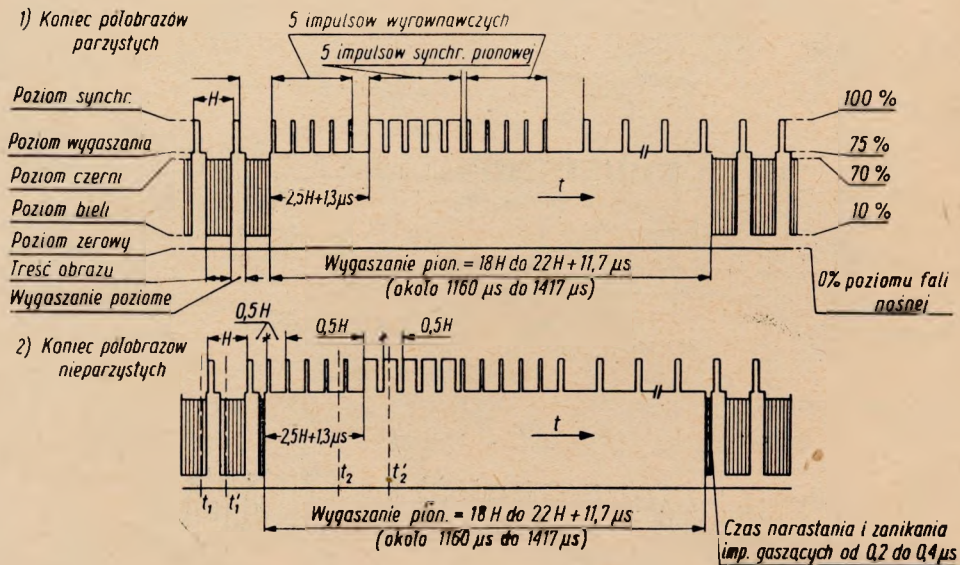


5) Szczegóły pomiędzy 5-5w(3)

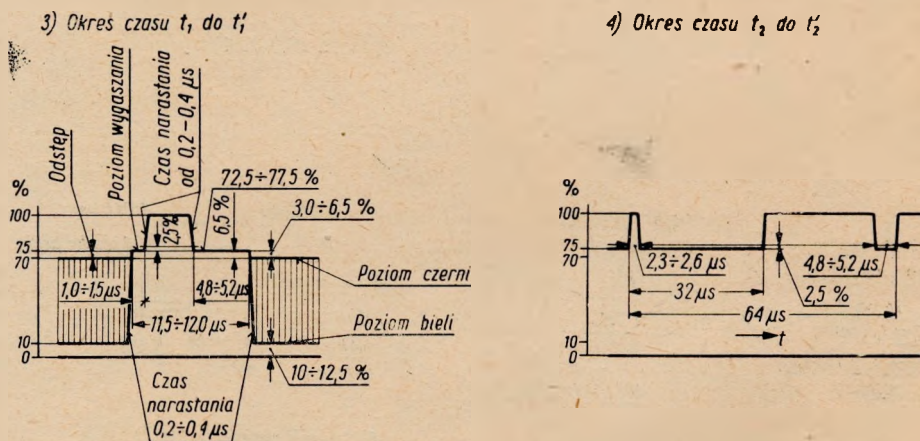


4) Szczegóły pomiędzy 4-4w(2a)

Rys. 2b. Szczegóły sygnałów synchronizacji, system 525-liniowy



Rys. 3a. Sygnały synchronizacji, system 625-liniowy, kanał 7 MHz



Rys. 3b. Szczegóły sygnałów synchronizacji, system 625-liniowy, kanał 7 MHz

- 9) maksymalna dopuszczalna głębokość modulacji,
- 10) szerokość pasma częstotliwości wizyjnych,
- 11) zależność poziomu czerni od treści obrazu;
- c) w odniesieniu do parametrów modulacji nadajnika fonicznego współpracującego z nadajnikiem wizyjnym:
 - 12) typ modulacji,
 - oraz w przypadku modulacji częstotliwościowej:
 - 13) stopień uwydatniania większych częstotliwości modulujących,
 - 14) maksymalna dewiacja częstotliwości;

Tablica 1
Parametry obecnie eksploatowanych standardów telewizyjnych

Lp.	Nazwa parametru	Standard						
		405 liniowy	525 liniowy (Gerbera)	625 liniowy (O.I.R.)	625 liniowy (belgijski)	819 liniowy (francuski)	819 liniowy (be gijski)	
1	Ilość linii w obrazie (całkowitym)	405	525	625	625	625	819	819
2	Częstotliwość obrazu (Hz)	25	30	25	25	25	25	25
3	Współczynnik międzyliniowości	2:1	2:1	2:1	2:1	2:1	2:1	2:1
4	Kształt obrazu	4:3	4:3	4:3	4:3	4:3	4:3	4:3
5	Kierunek wybierania	L→P, G→D	L→P, G→D	L→P, G→D	L→P, G→D	L→P, G→D	L→P, G→D	L→P, G→D
6	Kształt sygnałów synchronizujących	rys. 1	rys. 2	rys. 3	rys. 4	rys. 5	rys. 6	rys. 7
7	Typ modulacji	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM
8	Polaryzacja modulacji	pozytywny	negatywny	negatywny	negatywny	pozytywny	pozytywny	pozytywny
9	Maksymalna głębokość modulacji	100%	≥85%	90%	90%	97-100%	≥97%	97-100%
10	Zależność poziomu czerni od treści obrazu	niezależny	niezależny	niezależny	niezależny	niezależny	niezależny	niezależny
11	Czy system może pracować niezależnie od częstotliwości sieci energetycznej	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
12	Szerokość pasma wizyjnego (MHz)	3	4	5	6	5	10,4	5
13	Typ modulacji	AM	FM	FM	FM	AM	AM	AM
14	Stopień uwydatniania większych częstotliwości w „sek	—	75	50	50	50	—	50
15	Maksymalna dewiacja częstotliwości w KHz	—	±25	±50	±50	—	—	—
16	„Odległość“ w MHz częstotliwości nośnej sygnału fonicznego od częstotliwości nośnej sygnału wizyjnego	-3,5	+4,5	+5,5	+6,5	+5,5	-11,15	+5,5
17	Charakterystyka emisji sygnału wizyjnego	niesymetr.	niesymetr.	niesymetr.	niesymetr.	niesymetr.	niesymetr.	niesymetr.
18	Szerokość kanału (MHz)	5	6	7	8	7	14,13,15	7
19	„Odległość“ w MHz częstotliwości nośnej sygnału fonicznego od krawca kanału	+0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	+0,10	-0,25
20	Polaryzacja fal promieniowanych	pionowa	pozioma	pozioma	pozioma	—	pionowa	—
21	Idealizowana charakterystyka częstotliwości kanału w. cz.	rys. 8	rys. 8	rys. 8	rys. 8	rys. 8	rys. 8	rys. 8
22	Stosunek mocy promieniowanej nadajnika wizyjnego do mocy promieniowanej nadajnika fonicznego	od 2:1 do 2:3	od 2:1 do 2:3	od 2:1 do 2:3	od 2:1 do 2:3	od 2:1 do 2:3	od 2:1 do 2:3	od 2:1 do 2:3
23	Przybliżona wartość współczynnika γ sygnału promieniowanego	0,4 do 0,5	0,45	0,5	nile ustalona	0,5	0,6	0,5

Legenda: L→P — z lewa na prawo; G→D — z góry w dół; AM — modulacja amplitudowa; FM — modulacja częstotliwościowa

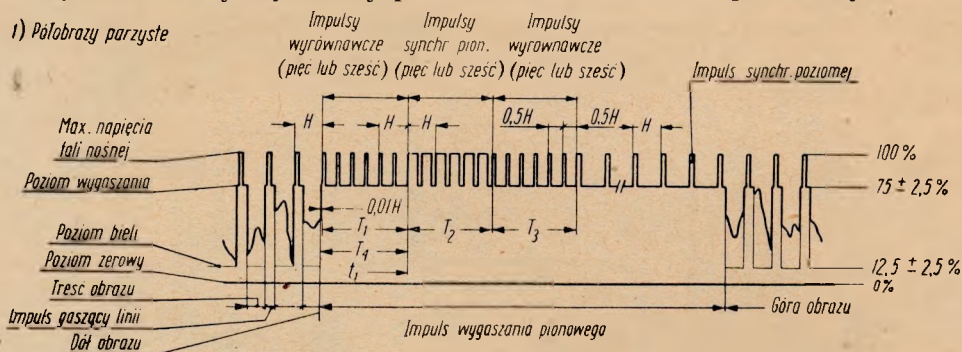
d) w odniesieniu do parametrów sygnałów promieniowanych przez stację telewizyjną:

- 15) „odległość” częstotliwości nośnej nadajnika fonicznego od częstotliwości nośnej nadajnika wizyjnego,
- 16) charakterystyka nadawania sygnału wizyjnego,
- 17) szerokość kanału zajmowanego przez stację,
- 18) „odległość” częstotliwości nośnej nadajnika fonicznego od krańca kanału,
- 19) polaryzacja sygnałów promieniowanych przez oba nadajniki stacji,
- 20) stosunek mocy promieniowanych nadajnika wizyjnego do nadajnika fonicznego.

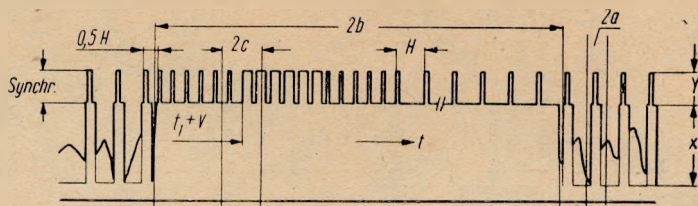
Szereg wyżej wyszczególnionych parametrów systemu jest wzajemnie ze sobą powiązanych, muszą więc być rozpatrywane łącznie. Wybierając np. określoną ilość linii systemu jednocześnie do pewnego stopnia określamy niezbędną szerokość pasma wizyjnego, a w konsekwencji minimalną szerokość kanału w. cz., jak również — w pewnych przypadkach — najmniejszą dopuszczalną „odległość” pomiędzy częstotliwościami nośnymi obu nadajników. Podobnie również sprawa przedstawia się z innymi parametrami.

W celu zorientowania się w parametrach systemów telewizji monochromatycznej znajdujących się obecnie w eksploatacji załączono tabelicę 1. W tablicy tej zostały porównawczo zestawione parametry sześciu

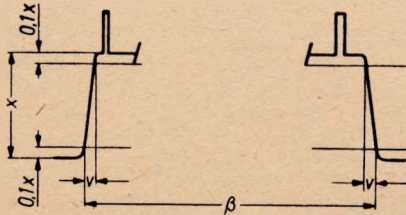
1) Półobrazy parzyste



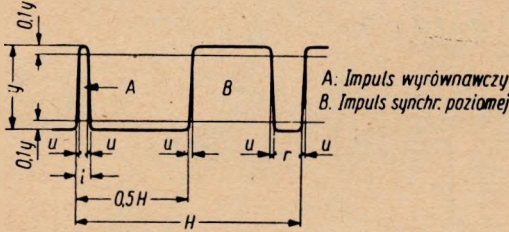
2) Półobrazy nieparzyste



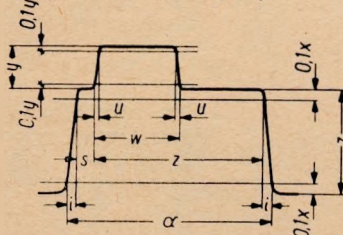
Rys. 4a. Sygnały synchronizacji, system 625-liniowy, kanał 8 MHz $H = 64 \mu\text{sek}$, $V = 20000 \mu\text{sek}$



Szczegóły impulsu gaszącego półobrazu (2b)



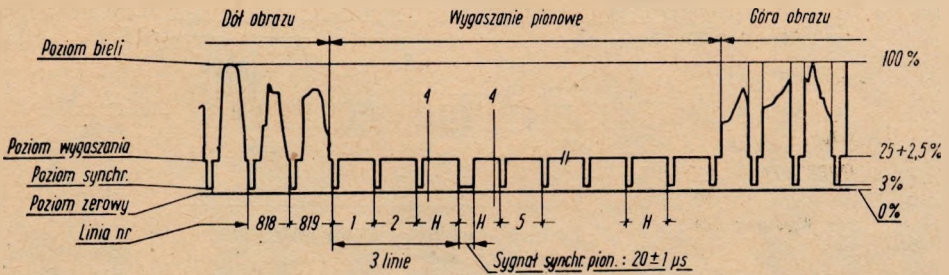
Szczegóły impulsów wyrównawczych oraz synchr. pionowej (2c)



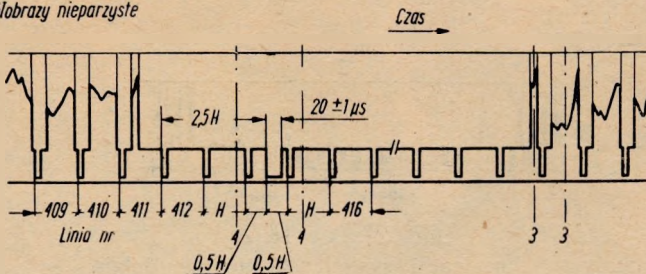
Szczegóły impulsu synchr. poziomej (2a)

Rys. 4b. Szczegóły sygnałów synchronizujących, system 625-liniowy, $i = 0,45 \mu\text{sek max}$, $u = 0,256 \mu\text{sek max}$, $v = 6,4 \mu\text{sek max}$, $w = \text{od } 4,46 \text{ do } 5,76 \mu\text{sek}$, $z = \text{od } 9,6 \text{ do } 10,88 \mu\text{sek}$, $s = \text{od } 0,64 \text{ do } 1,28 \mu\text{sek}$, $r = \text{od } 3,9 \text{ do } 5,1 \mu\text{sek}$, $l = 2,56 \mu\text{sek}$, $a = \text{od } 11,5 \text{ do } 12,8 \mu\text{sek}$, $\beta = \text{od } 1500 \text{ do } 2000 \mu\text{sek}$

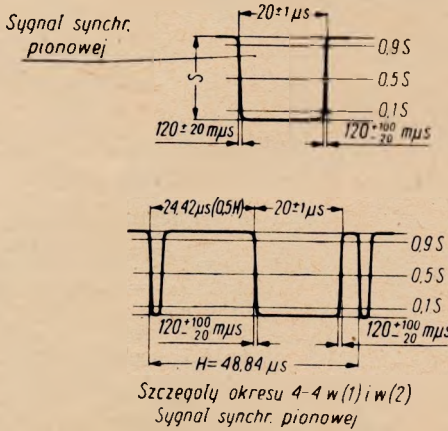
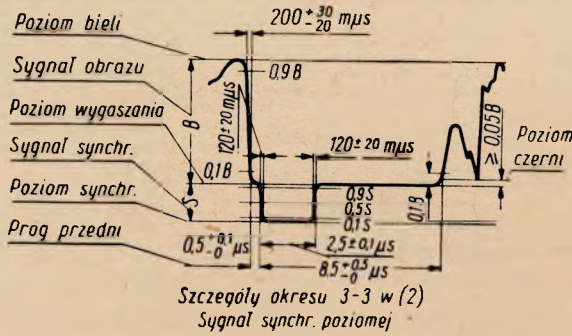
1) Półobrazy parzyste



2) Półobrazy nieparzyste

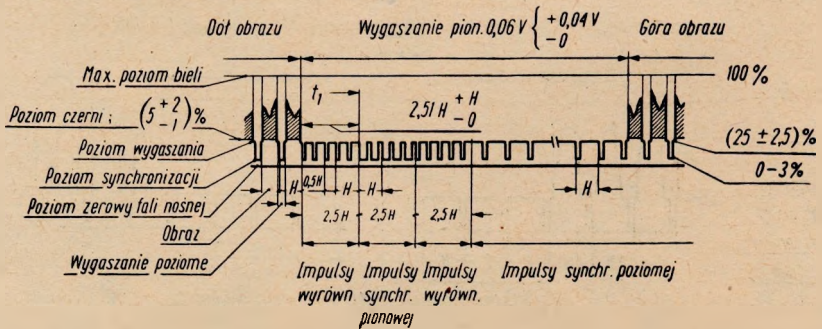


Rys. 5a. Sygnały synchronizacji, system 819-liniowy

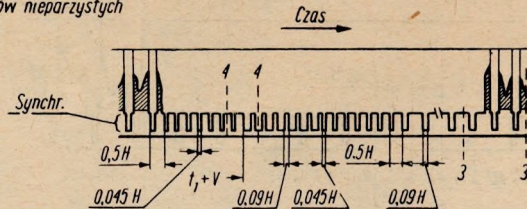


Rys. 15b. Szczegóły sygnałów synchronizujących, system 819-liniowy

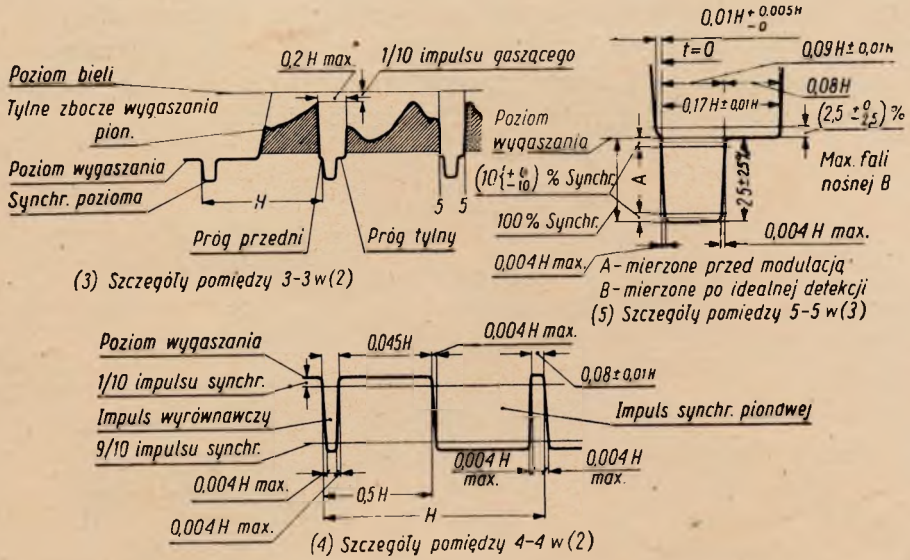
1) Koniec półobrazów parzystych



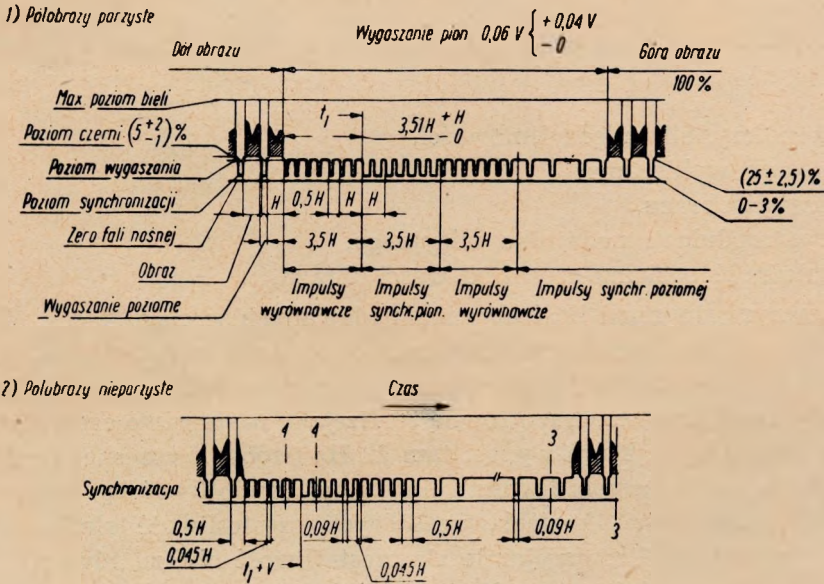
2) Koniec półobrazów nieparzystych



Rys. 6a. Sygnały synchronizacji, system 625-liniowy, Belgia



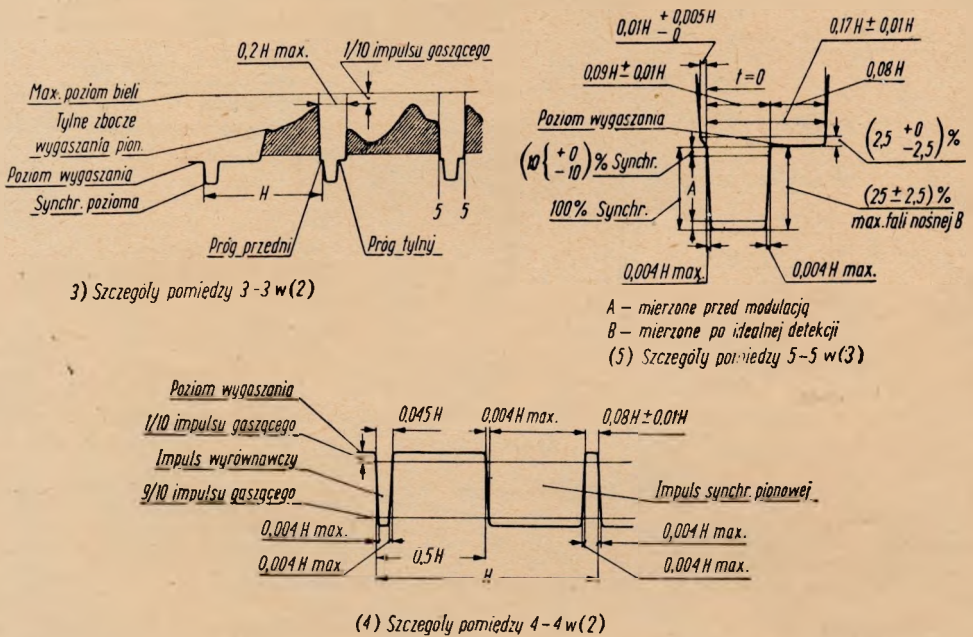
Rys. 6b. Szczegóły sygnałów synchronizacji, system 625-liniowy Belgia



Rys. 7a. Sygnały synchronizujące, system 819-liniowy, Belgia

różnych systemów telewizyjnych, a jednocześnie na rysunkach 1÷7 podano niektóre cechy charakterystyczne omawianych systemów.

Jak widać z tablicy 1, szereg parametrów systemu jest już właściwie znormalizowany w skali światowej. Należą do nich:



Rys. 7b. Szczegóły sygnałów synchronizujących, system 819-liniowy, Belgia

- 1) współczynnik międzyliniowości,
- 2) sposób wybierania,
- 3) kształt obrazu,
- 4) typ modulacji nadajnika wizyjnego,
- 5) zależność poziomu czerni od treści obrazu,

a w pewnym stopniu i ilość obrazów nadawanych w ciągu 1 sek. W odniesieniu do tego ostatniego parametru jedynym wyjątkiem są kraje wykorzystujące standard opracowany przez Stany Zjednoczone, które przyjęły częstotliwość obrazu równą 30 Hz jako następstwo częstotliwości sieci energetycznej, która wynosi tam 60 Hz (wobec ówczesnej tendencji synchronizowania częstotliwości obrazu z częstotliwością sieci). We wszystkich natomiast krajach, w których częstotliwość sieci energetycznej wynosi 50 Hz, przyjmuje się częstotliwość obrazu równą 25 Hz.

Również, jak widać z rysunków 2, 3 i 4, przyjęcie metody modulacji negatywnym obrazu narzuca do pewnego stopnia kształt całkowitego

Tablica 2

Wykaz krajów, które użytkują poszczególne standardy telewizji monochromatycznej

<p>A. Standard 405-liniowy szerokość kanału 5 MHz</p> <p>1. W. Brytania</p>	<p>7. Jugosławia</p> <p>8. Norwegia</p> <p>9. NRD</p> <p>10. NRF</p>
<p>B. Standard 525-liniowy szer. kanału 6 MHz</p> <p>1. Brazylia</p> <p>2. Chile</p> <p>3. Curacao</p> <p>4. Rep. Dominikańska</p> <p>5. Filipiny</p> <p>6. Guatemala</p> <p>7. Haiti</p> <p>8. Japonia</p> <p>9. Kanada</p> <p>10. Kolumbia</p> <p>11. Kuba</p> <p>12. Meksyk</p> <p>13. Salwador</p> <p>14. Stany Zjednoczone A.P.</p> <p>15. Urugwaj</p>	<p>11. Saara</p> <p>12. Szwajcaria</p> <p>13. Szwecja</p> <p>14. Taiwan</p> <p>15. Triest</p> <p>16. Tuncja</p> <p>17. Unia Południowo-Afrykańska</p> <p>18. Watykan</p> <p>19. Włochy</p>
<p>C. Standard 625-liniowy szer. kanału 6 MHz</p> <p>1. Argentyna</p> <p>2. Wenezuela</p>	<p>E. Standard 625-liniowy szer. kanału 8 MHz</p> <p>1. Czechosłowacja</p> <p>2. Polska</p> <p>3. Węgry</p> <p>4. ZSRR</p>
<p>D. Standard 625-liniowy szer. kanału 7 MHz</p> <p>1. Austria</p> <p>2. Australia</p> <p>3. Dania</p> <p>4. Finlandia</p> <p>5. Hiszpania</p> <p>6. Holandia</p>	<p>F. Standard 625/819-liniowy szer. kanału 7 MHz</p> <p>1. Belgia</p> <p>G. Standard 819-liniowy szer. kanału 14/13, 15 MHz</p> <p>1. Alger</p> <p>2. Francja</p> <p>3. Marokko</p> <p>4. Monako</p> <p>5. Tunis</p> <p>6. Watykan</p>

sygnału wizyjnego, który jest w zasadzie identyczny w krajach stosujących modulację negatywową.

W związku z tym w pracy niniejszej zostanie zwrócona szczególna uwaga głównie na te parametry systemu, co do których istnieje w skali światowej rozbieżność poglądów.

3. TECHNICZNO-EKONOMICZNE ASPEKTY WYBORU POSZCZEGÓLNYCH NORM STANDARDU

3.1. Wybór ilości linii

Ilość linii systemu telewizyjnego jest niewątpliwie najważniejszym parametrem standardu, gdyż określa nam maksymalną jakość obrazu, jaka może być uzyskana w danym systemie.

Z tego względu wybór możliwie największej ilości linii jest szczególnie korzystny, gdyż im większa jest ilość linii, tym większa ilość szczegółów obrazu o skomplikowanej strukturze może być odtworzona.

Narzucenie dużej ilości linii systemu jest więc warunkiem koniecznym uzyskania obrazów wysokiej jakości, aczkolwiek nie jest warunkiem wystarczającym. Możliwość uzyskiwania obrazów wysokiej jakości jest bowiem zależna również od szeregu innych czynników, z których szerokość pasma częstotliwości przewidzianego dla sygnałów wizyjnych oraz zmniejszenie zniekształceń liniowych do możliwego minimum grają rolę zasadniczą.

Powiększanie ilości szczegółów, jakie mogą być odtworzone w obrazie przez dany system telewizyjny, jest celowe oczywiście dotąd, dokąd oko ludzkie zdolne jest je rozróżnić. Ponieważ, jak wiadomo, oko ludzkie posiada ograniczoną zdolność rozdzielczą, a wygodna obserwacja całości obrazu zachodzi wówczas, gdy obserwator znajduje się w odległości 4÷5 razy większej od wysokości obrazu, więc przy normalnych warunkach obserwacji jesteśmy w stanie dostrzec określoną ilość elementów. Ponieważ jednak w telewizji operujemy ilością linii, należy więc określić, jaka zależność zachodzi między ilością elementów, które mogą być w obrazie odtworzone, a ilością linii systemu.

Ze względu na specyfikę przyjętego systemu wybierania tła, na którym pozostaje obraz, składa się jak wiadomo z szeregu poziomych linii równoległych. Odtworzony obraz jest więc ciągły w kierunku poziomym, natomiast nieciągły w kierunku pionowym. W kierunku pionowym można więc maksymalnie odtworzyć tylko tyle szczegółów (elementów obrazu), ile jest linii. W rzeczywistości, ponieważ szczegóły w obrazie nie są rozłożone w sposób regularny, tak jak linie tła, odtwarza się ich mniej. Wskutek tego można wprowadzić pojęcie zdolności rozdzielczej urządzeń w kierunku pionowym r_v , określające maksymalną ilość elementów, jaka może być odtwarzana przy wybranej ilości linii. Podobnie również można wprowadzić pojęcie zdolności rozdzielczej r_h , określające normalną ilość elementów, jaka może być odtworzona wzdłuż linii, na długości równej wysokości obrazu.

O ile w kierunku pionowym górną granicą zdolności rozdzielczej jest ilość linii, to w kierunku poziomym zależy ona głównie od parametrów elektrycznych systemu, a w szczególności od zdolności urządzeń do odtwarzania stanów przejściowych. Stosunek

$$R = \frac{r_h}{r_v}$$

może więc być zarówno większy, jak i mniejszy od jedności i na wielkość tę możemy wpływać przez narzucenie odpowiednich elektrycznych właściwości urządzeń.

Całkowita ilość elementów N , jaka może być odtworzona w obrazie, może być określona wzorem:

$$N = \text{const} \cdot Rn^2, \quad (1)$$

gdzie:

n — ilość linii,

const — stała zależna między innymi od stosunku wymiarów obrazu, okresów wygaszania i innych wielkości, a więc ilość odtwarzanych elementów rośnie z kwadratem ilości linii systemu (w założeniu spełnienia odpowiednich warunków elektrycznych). Powiększanie ilości linii daje więc bardzo szybki wzrost ilości odtwarzanych szczegółów, a więc i jakości obrazu.

Jednakże, uzyskiwanie obrazu wysokiej jakości przez powiększenie ilości linii powoduje niewspółmierny wzrost trudności technicznych, jakie należy pokonać przy opracowywaniu urządzeń, a więc jednocześnie powoduje wzrost kosztów urządzeń. Wiąże się to przede wszystkim ze wzrostem pasma częstotliwości, które powiększa się, gdy rośnie ilość linii. Maksymalna częstotliwość wizyjna wyraża się bowiem w przybliżeniu wzorem:

$$f_{max} \approx \text{const} \cdot Rn^2 f_r, \quad (2)$$

gdzie:

$R = \frac{r_h}{r_v}$ — stosunek zdolności rozdzielczej w obu kierunkach wybierania,

n — ilość linii systemu,

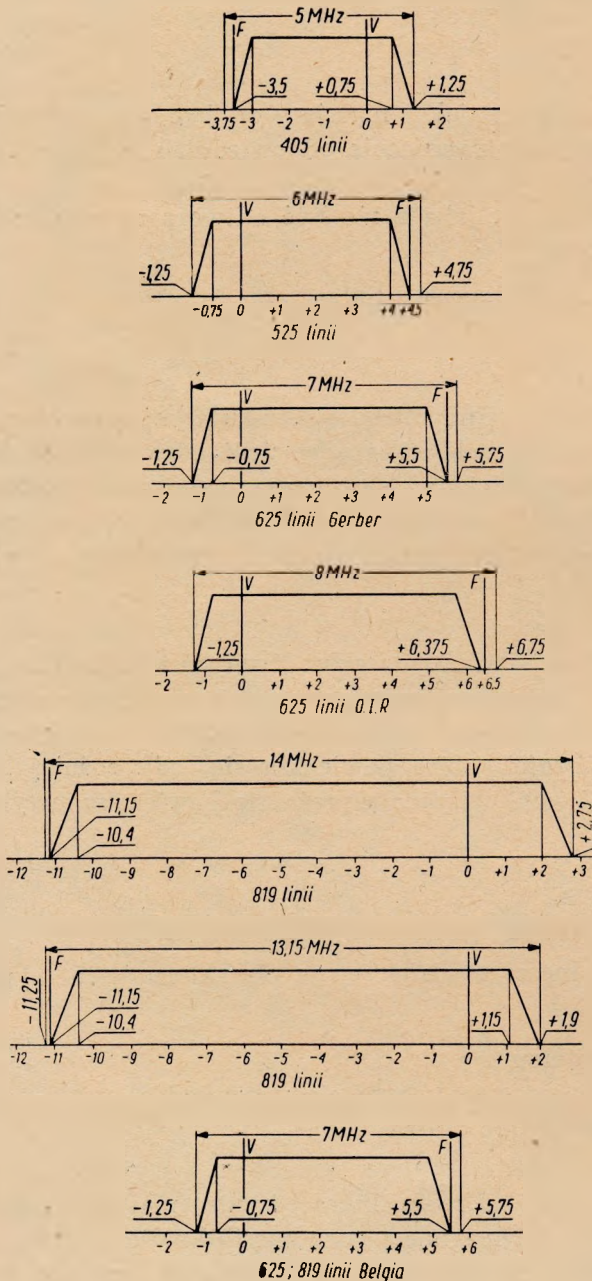
f_r — ilość obrazów nadawanych w ciągu sekundy,

const — stała analogiczna do poprzedniej.

Przy danej ilości linii systemu n urządzenia toru wizyjnego muszą przenosić pasmo częstotliwości od częstotliwości bardzo małych, bliskich zeru, do częstotliwości f_{max} . Wymagane pasmo częstotliwości wizyjnych, zgodnie z wzorem (2), rośnie więc z kwadratem ilości linii oraz jest pro-

proporcjonalne do przyjętego stosunku zdolności rozdzielczych w obu kierunkach wybierania.

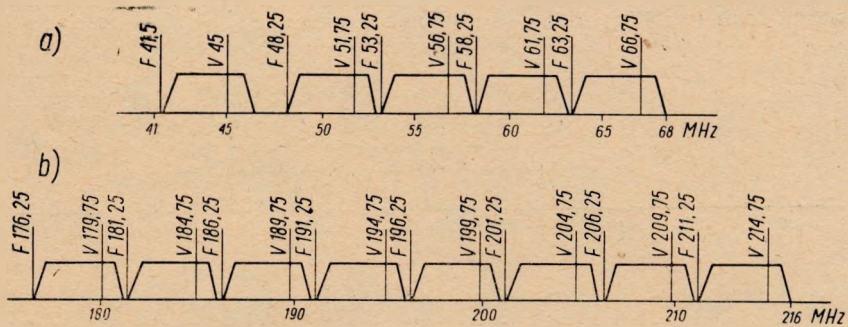
Znaczny wzrost szerokości pasma częstotliwości wizyjnych przy wzroście ilości linii oprócz wzrostu trudności technicznych i kosztów urzą-



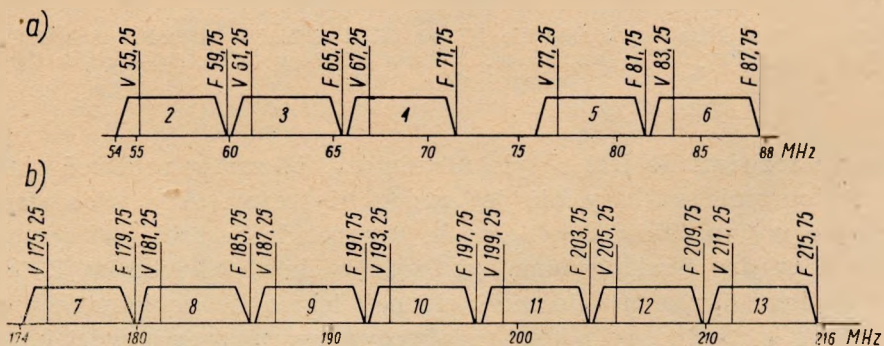
Rys. 8. Charakterystyki kanałów telewizyjnych. *V* — częstotliwość nośna wizji, *F* — częstotliwość nośna fonii. Przez wartości dodatnie oznaczono częstotliwości (w MHz) leżące powyżej częstotliwości nośnej nadajnika wizyjnego, przez wartości ujemne oznaczono częstotliwości (w MHz) leżące poniżej częstotliwości nośnej nadajnika wizyjnego

dzeń utrudnia jeszcze w poważnym stopniu rozplanowanie sieci stacji telewizyjnych na terenie kraju. W związku z tym utrudnione jest pokrycie terytorium kraju niezakłóconym zasięgiem odbioru telewizyjnego.

Ponieważ zakresy fal przewidziane dla pracy urządzeń telewizji programowej są ustalane konwencjami międzynarodowymi (U.I.T.) i nie zależą w zasadzie od wybranego standardu, więc przy poszerzaniu pasma częstotliwości wizyjnych, a stąd i jednoczesnym poszerzaniu kanału w.c.z., jaki każda stacja telewizyjna zajmuje w widmie częstotliwości, ilość kanałów, jaka jest do dyspozycji w danym zakresie fal, zmniejsza się. Na rys. 8 podano charakterystyki kanałów użytkowanych obecnie standardów telewizyjnych, natomiast na rysunkach 9-13 podano rozkłady tych kanałów w zakresach fal głównie obecnie wykorzystywanych w telewizji programowej, z których widzimy, że wybierając np. standard 405-liniowy można dysponować 13 kanałami dla sieci stacji, natomiast przy wyborze np. standardu 819-liniowego ilość kanałów zmniejsza się do 6. Ponieważ zasięg użyteczny stacji telewizyjnej jest, jak

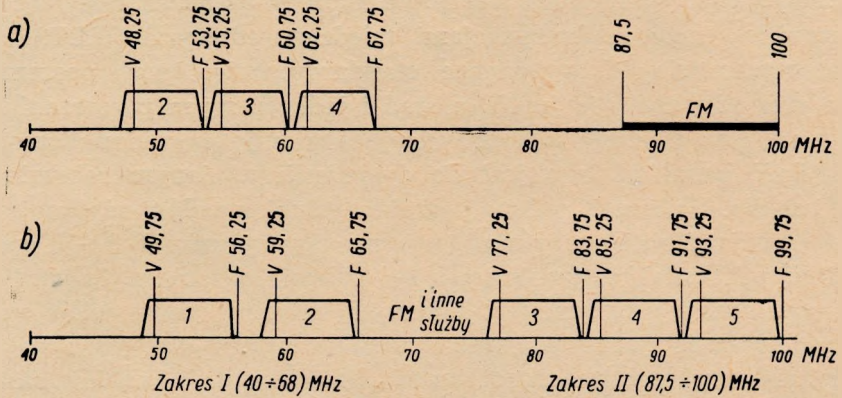


Rys. 9. Rozkład kanałów w zakresie I (a) i III (b) — Standard 405-liniowy. V — częstotliwość nośna wizji, F — częstotliwość nośna fonii

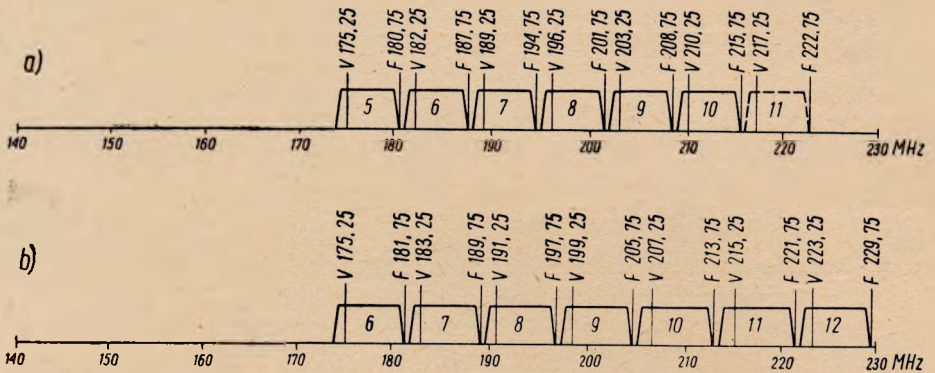


Rys. 10. Rozkład kanałów w zakresie I (a) i III (b) — Standard 525-liniowy

wiadomo, stosunkowo niewielki, dla pokrycia więc terytorium kraju zasięgiem odbioru telewizyjnego należy bądź posiadać dostatecznie dużą ilość kanałów, aby każda ze stacji mogła pracować na innej fali, bądź też przyznawać tę samą falę szeregu stacjom położonym z dala od siebie.



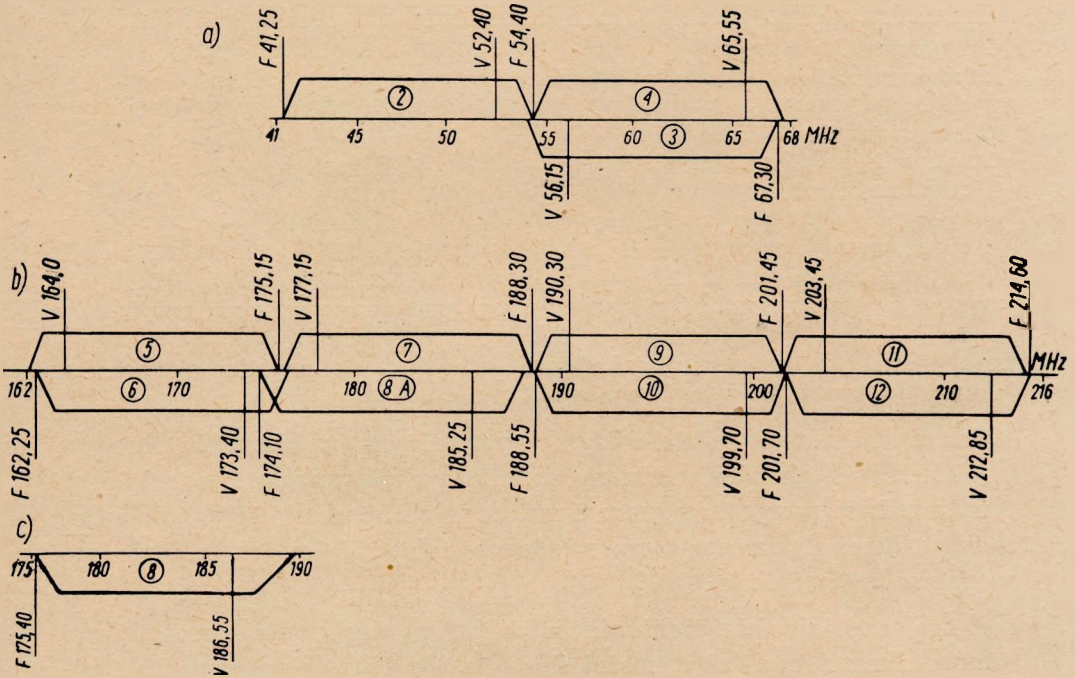
Rys. 11. Rozkład kanałów w zakresie I i II. a) CCIR (7 MHz); b) ZSRR (8 MHz). — Standard 625-liniowy. V — częstotliwość nośna wizji (w MHz), F — częstotliwość nośna fonii (w MHz), FM — radiofonia z modulacją częstotliwościową



Rys. 12. Rozkład kanałów w zakresie III. a) CCIR (7 MHz), b) ZSRR (8 MHz). — Standard 625-liniowy. V — częstotliwość nośna wizji (w MHz), F — częstotliwość nośna fonii (w MHz)

Drugie rozwiązanie jest o tyle utrudnione, że zasięg zakłóceń stacji jest wielokrotnie większy niż jej zasięg użyteczny. Aby więc stacje pracujące w tym samym kanale nie przeszkadzały sobie wzajemnie, odległość między nimi powinna być rzędu wieluset kilometrów. Z tego więc względu dysponowanie możliwie największą ilością kanałów jest wyjątkowo korzystne, co z kolei, w obecnych warunkach przydziału fal dla telewizji, wiąże się z wyborem małej ilości linii systemu.

Rozpatrzenie kilku zaledwie aspektów wyboru ilości linii systemu telewizyjnego już wyraźnie wskazuje na konieczność przyjęcia pewnego rozwiązania kompromisowego, które — zapewniając wystarczającą dla celów praktycznych jakość obrazu — umożliwiłyby jednocześnie rozwiązanie problemów technicznych w sposób prosty i ekonomicznie uzasadniony.



Rys. 13. Rozkład kanałów w zakresie I (a) i III (b) i (c). Standard 819-liniowy.
V — częstotliwość nośna wizji, F — częstotliwość nośna fonii

Podstawowym jednak kryterium wyboru ilości linii będzie nadal możliwość uzyskania obrazów o jakości pozwalającej zadowolić wymagania większości abonentów telewizyjnych.

Jako pierwsze przybliżenie można by założyć konieczność uzyskania jakości porównywalnej z przeciętną jakością filmów kinematograficznych. Ponieważ struktura taśmy filmowej posiada charakter ziarnisty, więc zarejestrowany na niej obraz jest nieciągły i jego jakość może być również określona w odpowiadającej ilości linii. Oczywiście uzyskane wyniki zależą tu od gatunku taśmy, sposobów obróbki fotochemicznej itp., mogą być więc traktowane jedynie orientacyjnie, pozwalając jednak określić rzędy wielkości. W tablicy 3 zostały ujęte wyniki takich badań, przy czym jednocześnie umieszczono w niej niezbędną szero-

Tablica 3

Równoważna jakość obrazu wyrażona w ilości linii oraz wymagane przy tym pasmo częstotliwości wizyjnych dla różnych rodzajów filmu

Rodzaj filmu	Równoważna jakość obrazu wyrażona w ilości linii	Wymagane pasmo częstotliwości wizyjnych w MHz
Amatorski film 8 mm	450 ÷ 500	2,5 ÷ 3
Produkcyjny film 16 mm zredukowany z filmu 35 mm	500 ÷ 800	3 ÷ 8
Film odwracalny 16 mm	900 ÷ 1000	10 ÷ 12,5
Pozytyw filmu 35 mm uzyskiwany z wtórnej kopii	900 ÷ 1100	10 ÷ 15
(Pozytyw filmu 35 mm uzyskiwany z negatywu	1500 ÷ 1800	28 ÷ 40
Negatyw filmu 35 mm	1800 ÷ 2000	40 ÷ 50

kość pasma częstotliwości, jaka jest potrzebna do uzyskania obrazów o jakości porównywalnej z określonym rodzajem filmu.

Obecny stan techniki telewizyjnej pozwala na uzyskiwanie obrazów o jakości dobrych filmów kinematograficznych; wymagana jednak przy tym szerokość pasma wizyjnego i związana z nią szerokość kanału w.c.z. są zbyt duże, aby masowe wprowadzenie telewizji tej jakości było gospodarczo uzasadnione¹⁾.

Nadmierne jednakże obniżenie ilości linii oprócz zmniejszonej jakości samego obrazu, czyli zbyt małej ilości szczegółów, jakie mogą być odtworzone, spowoduje również wyraźną widoczność struktury liniowej przy normalnej odległości obserwacji. Efekt ten jest wyjątkowo nieprzyjemny dla widza. Subiektywne badania widoczności struktury liniowej obrazu przy normalnej odległości obserwacji wykazują, że zanika ona przy ilości linii rzędu 600. Należy jednak zaznaczyć, że istnieją metody sztucznego zamaskowania struktury liniowej, np. przez nadanie plamce wybierającej szybkiego ruchu oscylacyjnego w kierunku poprzecznym do kierunku wybierania. Komplikuje to jednak układ odbiornika i nieco podnosi jego cenę.

Przeprowadzone rozważania, dotyczące różnych aspektów wyboru ilości linii systemu, nie dają więc dostatecznie jasnej odpowiedzi na zasadnicze pytanie: jaka ilość linii jest najbardziej korzystna?

¹⁾ W szczególności w najlepiej obecnie technicznie opanowanych I i III zakresach częstotliwości.

Ze względu na znaczną ilość wpływających tu czynników wybór zależy głównie od punktu widzenia, z jakiego rozpatrujemy to zagadnienie. Biorąc jednak pod uwagę zarówno przesłanki techniczne, jak i ekonomiczne można zagadnienie nieco uprościć przez wprowadzenie pojęcia tzw. ekonomicznej wydajności standardu [3], a ściślej — jego najważniejszego parametru, jakim jest ilość linii. Pod pojęciem ekonomicznej wydajności standardu rozumiemy umowny współczynnik będący stosunkiem uzyskiwanej jakości obrazu, określonej w pewien sposób, do „kosztu obciążeń”, jaki pociąga za sobą uzyskanie danej jakości, a więc:

$$\text{wydajność ekonomiczna standardu} = \frac{\text{procent uzyskiwanej jakości}}{\text{koszt obciążeń}} \quad (3)$$

Przez „koszt obciążeń” wybranego systemu nie należy oczywiście rozumieć jedynie nakładów finansowych w ścisłym tego słowa znaczeniu, lecz również oszacowanie trudności ekonomicznych, na jakie napotka rozwój telewizji wskutek technicznych konsekwencji wyboru danych norm standardu.

„Wydajność ekonomiczna” jest więc w tym rozumieniu niejako bilansem zysków i strat w sposób szacunkowy umożliwiającym wykazanie, że powyżej pewnej granicy wzrost jakości obrazu, wynikający z powiększania ilości linii, przestaje być opłacalny i może w danym okresie hamować rozwój telewizji. Uzyskiwane liczby mają oczywiście charakter czysto orientacyjny, gdyż zależą od sytuacji ekonomicznej kraju, a w szczególności od zdolności nabywczej społeczeństwa.

Obliczenie współczynników „wydajności ekonomicznej” poszczególnych standardów w warunkach polskich nie jest w obecnej chwili możliwe wobec braku szeroko rozwiniętego przemysłu telewizyjnego, a więc i ustalonych cen urządzeń, jednakże wydaje się celowe rozpatrzenie wyników obliczeń przeprowadzonych we Francji, które z pewnym przybliżeniem mogą dać obraz wzajemnych zależności zachodzących między czynnikami technicznymi, artystycznymi i ekonomicznymi.

W tabelicy 4 zgrupowano wyniki tych obliczeń, przy czym przyjęto tu jako górną granicę jakości systemu telewizji monochromatycznej jakość odpowiadającą telewizji 1000-liniowej, a jako 100% „kosztu obciążeń” konsekwencje techniczno-ekonomiczne wynikające z wprowadzenia telewizji niskiej jakości 450-liniowej.

Podobnie w tabelicy 5 zgrupowano dane dla telewizji kolorowej, przy czym obliczenia odniesiono do wyżej wymienionych współczynników telewizji monochromatycznej.

Tablica 4

Wydajność ekonomiczna standardu w zależności od ilości linii przyjętego systemu telewizji monochromatycznej

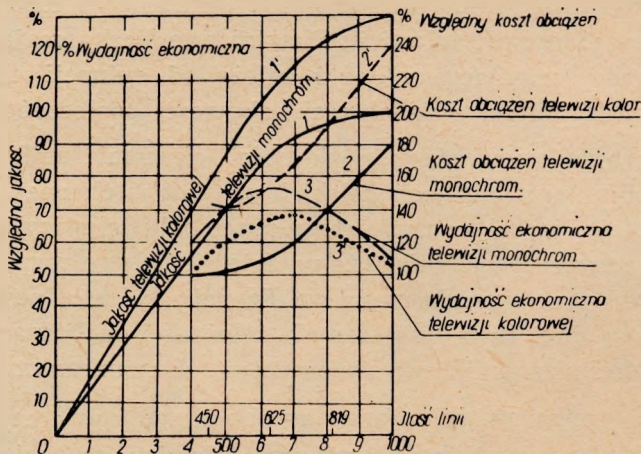
Ilość linii systemu (rzęd wielkości)	Uzyskiwana względna jakość w %	Koszt obciążeń w %	Wydajność ekonomiczna w %
450	65	100	65
550	78	104	75
625	86	111	77,5
675	90	118	76,5
700	92	122	75
750	94	130	72
819	96	141	68,5
1000	100	180	55

Tablica 5

Wydajność ekonomiczna standardu w zależności od ilości linii przyjętego systemu telewizji kolorowej

Ilość linii systemu	Uzyskiwana względna jakość w %	Koszt obciążeń w %	Wydajność ekonomiczna w %
450	77	140	55
550	94	146	64
625	105	157	67
675	111	165	67,5
700	114	170	67
750	118	180	66
819	123	195	63
900	127	214	59
1000	130	240	54

Na podstawie tablic 4 i 5 zestawiono wykresy podane na rys. 14. Z przedstawionych krzywych jasno wynika, że wprowadzenie np. telewizji kolorowej nawet o tej samej ilości linii co telewizja monochromatyczna może spowodować znaczne podniesienie subiektywnej jakości



Rys. 14. Zależność jakości obrazu oraz wydajności ekonomicznej systemów telewizyjnych od ilości linii systemu

obrazu, a więc i wrażeń artystycznych. I tak na przykład, gdy telewizja biało-czarna 625-liniowa umożliwia uzyskanie 86% względnej jakości telewizji monochromatycznej 1000-liniowej, to telewizja kolo-

rowa 625-liniowa może dać jakość wyższą (105%) niż 1000-liniowa telewizja monochromatyczna.

Krzywa wydajności ekonomicznej dla telewizji monochromatycznej wykazuje maksimum w zakresie 600–650 linii. Natomiast krzywa wydajności telewizji kolorowej posiada maksimum nieco przesunięte, 650–700 linii, jednakże jest ono praktycznie płaskie w zakresie 575–775 linii.

Reasumując powyższe uwagi o wyborze ilości linii systemu wydaje się, że system 625-liniowy przyjęty w szeregu krajów europejskich, a przede wszystkim w krajach z nami sąsiadującymi, może być również zalecony w Polsce¹). System ten charakteryzuje stosunkowo niezbyt duże obniżenie jakości w porównaniu z systemem 1000-liniowym, natomiast daje on poważne korzyści o charakterze ekonomiczno-technicznym ułatwiając rozwój telewizji w znaczeniu masowym. Nieco niższa jakość graniczna, jaką tu można uzyskać, posiada w tym przypadku nieco mniejsze znaczenie, gdyż wymiary obrazu u abonentów indywidualnych są na ogół niezbyt wielkie. Oczywiście należy się liczyć z tym, że jakość obrazów może się dość poważnie różnić od jakości obrazów kinematograficznych w przypadku projekcji obrazów telewizyjnych na wielki ekran (w tzw. teatrach telewizyjnych). Wydaje się jednak, że względnie ten posiada mniejsze znaczenie w rozwoju telewizji masowej.

Poza tym przyjęcie systemu 625-liniowego pozwala również na wprowadzenie telewizji kolorowej, spełniającej warunki odpowiedniości z systemem monochromatycznym²). System taki będzie miał również wysoką względną wydajność ekonomiczną i jednocześnie umożliwi uzyskanie stosunkowo znacznej jakości odbieranego obrazu.

3.2. Polaryzacja obwiedni fali nośnej sygnału wizyjnego

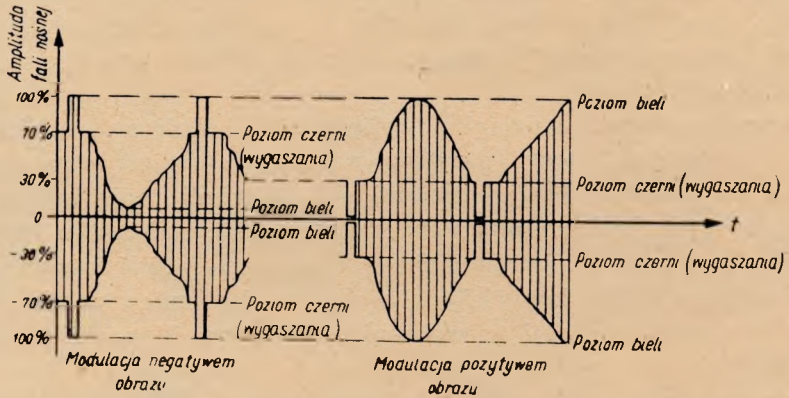
Drugim istotnym parametrem standardu, który wpływa na konstrukcję urządzeń, a szczególnie na konstrukcję odbiorników, jest polaryzacja obwiedni fali nośnej nadajnika wizyjnego.

Rozpatrując tablicę 1 widzimy, że część państw (Francja, Anglia, Belgia) przyjęły tzw. „modulację pozytywem obrazu”, pozostałe natomiast — tzw. „modulację negatywem obrazu”. Ponieważ całkowity sygnał wizyjny posiada charakter jednokierunkowy, więc istnieją dwie możliwości nałożenia go na falę nośną nadajnika wizyjnego (rys. 15).

¹) Uwzględniając również zagadnienia związane z planowaniem sieci stacji telewizyjnych omówione w rozdz. 3.3.

²) Istnieją tendencje powiązania parametrów przyszłego systemu telewizji kolorowej z istniejącym systemem telewizji monochromatycznej. Sprawa posiada zresztą jeszcze charakter dyskusyjny.

Jak widzimy, przy modulacji negatywnym obrazu wzrostowi mocy wyjściowej nadajnika, czyli wzrostowi amplitudy fali nośnej, odpowiada zmniejszanie się jaskrawości obrazu w odbiorniku, czyli ciemnienie



Rys. 15. Sposoby modulacji fali nośnej nadajnika

obrazu. Natomiast przy modulacji pozytywnym wzrostowi mocy nadajnika odpowiada wzrost jaskrawości obrazu.

Z wyborem jednej z powyższych możliwości modulowania fali nośnej nadajnika wiąże się szereg właściwości systemu telewizyjnego, należy więc rozpatrzyć, jakie konsekwencje techniczne i ewentualnie ekonomiczne pociągają za sobą wybór określonego systemu modulacji. Wśród czynników, jakie głównie mogłyby wpłynąć na wybór, należy wymienić:

- 1) stabilność synchronizacji w odbiorniku,
- 2) odporność odbiornika na zakłócenia,
- 3) możliwość stosowania automatycznej regulacji wzmocnienia w odbiorniku,
- 4) możliwość stosowania odbioru różnicowego,
- 5) średnią moc nadajnika.

3.2.1. Stabilność synchronizacji w odbiorniku

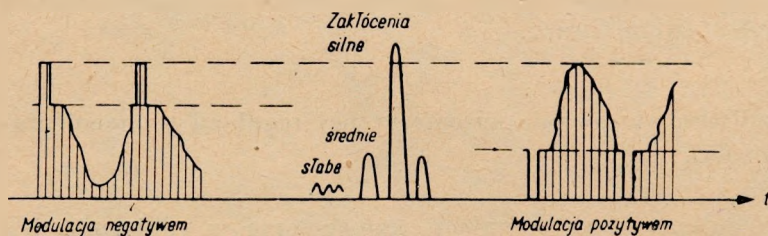
Jak wynika z rysunku 15, w przypadku modulacji negatywnym obrazu impulsy synchronizujące odpowiadają maksymalnej amplitudzie fali nośnej. Będąc zwrócone na zewnątrz obwiedni są bardziej narażone na zakłócenia niż w przypadku modulacji pozytywnym obrazu, gdzie impulsom synchronizującym odpowiada minimalny poziom amplitudy fali nośnej. Szczególnie szkodliwe dla synchronizacji będą zakłócenia typu

impulsowego, które wystąpią przed impulsem synchronizującym w jego pobliżu i, imitując właściwy impuls synchronizujący, spowodują zbyt wczesne zadziałanie układu synchronizującego w odbiorniku, naruszając prawidłowość działania synchronizacji. Dlatego też odbiorniki telewizyjne przeznaczone do odbioru modulacji negatywnym obrazu są z reguły zaopatrzone w dość mocno rozbudowane układy lampowe, mające na celu poprawę stabilności synchronizacji. Przy modulacji pozytywnym obrazu impulsy synchronizujące są zwrócone w głąb obwiedni fali nośnej. Po wydzieleniu synchronizacji z całkowitego sygnału wizyjnego impulsy zakłócające będą się mogły przedostać do toru synchronizacji tylko wówczas, o ile wystąpią w okresie trwania impulsu synchronizującego. Prawdopodobieństwo zakłócenia synchronizacji jest w tym przypadku znacznie mniejsze, tym bardziej, że dla prawidłowej synchronizacji na ogół wystarcza, aby przednie zbocze impulsu synchronizującego nie zostało zakłócone.

W rzeczywistości, w odbiornikach przeznaczonych do odbioru sygnałów z modulacją pozytywnym obrazu układy toru synchronizacji są przeważnie znacznie prostsze niż przy modulacji negatywnym obrazu. Z punktu widzenia stabilności pracy odbiornika i prostoty układu system modulacji pozytywnym obrazu posiada pewną przewagę nad systemem modulacji negatywnym.

3.2.2. Odporność odbiornika na zakłócenia

Wpływ zakłóceń przy określonym sposobie modulacji zależy tu od rodzaju zakłóceń i ich amplitudy. Specjalnie niekorzystne są zakłócenia



Rys. 16. Typy zakłóceń i ich wpływ na sygnał stacji wizyjnej

typu impulsowego. Zostanie więc rozpatrzony osobno wpływ zakłóceń dwukierunkowych o małej amplitudzie oraz jednokierunkowych o średniej amplitudzie i o amplitudach bardzo wielkich. Na rys. 16 przedstawiono schematycznie oba rodzaje modulacji oraz przykładowe amplitudy i charakter zakłóceń.

a. Wpływ zakłóceń o amplitudach małych

W tym przypadku, niezależnie od kierunku modulacji, zakłócenia objawiają się na obrazie jednakowo w postaci ciemniejszych i jaśniejszych niż tło plamek, a więc efekty ujemne praktycznie są jednakowe.

b. Wpływ zakłóceń o amplitudach średnich

Zakłócenia o amplitudach średnich pochodzą przede wszystkim od silników zapłonowych. Jak widać z nałożenia zakłócenia na obwódnie sygnału przy modulacji negatywnym, zakłócenia te powodują zjawienie się w obrazie czarnych punktów, natomiast przy modulacji pozytywnym pojawiają się białe punkty. Efekt zakłóceń zależy tu więc od tła, na którym one występują. W praktyce w obrazie bywa zresztą znacznie więcej części ciemnych i przy modulacji negatywnym zakłócenia tego typu są na ogół mniej widoczne.

c. Wpływ zakłóceń o amplitudach bardzo wielkich

Zakłócenia te objawiają się jako tzw. „ultra-czerń” lub jako tzw. „ultra-biel”, zależnie od charakteru modulacji. Przy występowaniu zakłócenia jako „ultra-biel” występuje dodatkowo dekoncentracja strumienia wybierającego i pogarsza się wskutek tego zdolność rozdzielcza obrazu. Badania subiektywne wykazują na ogół, że bardziej przykre dla widzów są zakłócenia w postaci białych błysków niż czarnych plamek. W związku z tym modulacja negatywnym obrazu jest w większości przypadków korzystniejsza, jeśli chodzi o widoczność zakłóceń niż modulacja pozytywnym obrazu.

3.2.3. Możliwość stosowania automatycznej regulacji wzmocnienia w odbiorniku

Układy automatycznej regulacji wzmocnienia w odbiornikach telewizyjnych wykorzystują najczęściej dla swej pracy poziom impulsów synchronizujących, które powtarzają się periodycznie i przy modulacji negatywnym obrazu mają maksymalną amplitudę. Podobne układy dla modulacji pozytywnym są trudniejsze do opracowania, gdyż istnieje tu jedynie możliwość wykorzystania do tego celu poziomu czerni znajdującego się, jak wiadomo, na poziomie $25 \div 30\%$ amplitudy szczytowej. Muszą więc być one dla skutecznego działania bardziej rozbudowane,

3.2.4. Możliwość stosowania odbioru różnicowego

Odbiór różnicowy dźwięku towarzyszącego pozwala na pewną ekonomię w konstrukcji odbiorników telewizyjnych o charakterze raczej popularnym. Dla umożliwienia tego typu odbioru konieczne jest istnienie obu fal nośnych sygnałów (wizyjnego i fonicznego) przez cały czas trwania transmisji, co jest z reguły spełnione przy modulacji negatywem, gdzie sygnały „czyste” bieli występują na ogół rzadko i gdzie we wszystkich standardach ogranicza się głębokość modulacji do $85 \div 90\%$. Zwolennicy modulacji pozytywem uważają jednak, że odbiór tego typu jest i tu możliwy, gdyż w praktyce nie osiąga się nigdy 100% głębokości modulacji i zresztą głębokość można tu również ograniczyć. Należy się jednak spodziewać, że skutki przypadkowego przemodulowania sygnałem wizyjnym przy modulacji pozytywem obrazu będą znacznie groźniejsze niż przy modulacji negatywem. W tym przypadku bowiem przy przekroczeniu dopuszczalnej głębokości modulacji na wyjściu toru fonicznego w odbiorniku pojawi się stały przydźwięk zakłócający o częstotliwościach odchylenia (szczególnie przykra częstotliwość odchylenia pionowego — terkot) i to niezależnie od treści nadawanego obrazu. Z tych prawdopodobnie względów odbiór różnicowy sygnału fonicznego przy stosowaniu modulacji pozytywem obrazu nie znalazł dotychczas zastosowania w eksploatacji.

3.2.5. Średnia moc nadajnika

Niezależnie od zastosowanego systemu modulacji nadajnik musi być tak zaprojektowany, aby móc pracować przy największej średniej mocy, jaka występuje przy nadawaniu pewnych szczególnych obrazów. Przy modulacji negatywem maksimum średniej mocy ma miejsce wówczas, gdy nadaje się obraz całkowicie czarny, a przy modulacji pozytywem odwrotnie, gdy nadaje się obraz całkowicie biały. W obu przypadkach stosunki mocy szczytowych do mocy średnich są różne i jeśli założyć, że największa dopuszczalna moc średnia (uwarunkowana dopuszczalnymi stratami w układzie) jest ta sama dla obu przypadków, to moc szczytowa nadajnika z modulacją negatywem obrazu będzie ok. 1,33 razy większa od mocy szczytowej nadajnika z modulacją pozytywem obrazu.

Jeśli można by więc założyć stałość sprawności wzmacniaczy końcowych przy zmianach treści obrazu nadawanego, to przy użyciu lamp tego samego typu można by uzyskać większą moc szczytową (a więc i nominalną) stosując modulację negatywem obrazu. Takie założenie byłoby jednak prawidłowe jedynie przy modulacji anodowej. Tymczasem w nadajnikach telewizyjnych z reguły stosuje się modulację siatkową,

w szczególności przy modulacji na dużym poziomie energetycznym. Sprawność wzmacniacza zmienia się wówczas wraz ze stopniem jegoysterowania, przy czym ze wzrostem mocy wyjściowej sprawność wzrasta.

Przy modulacji pozytywem obrazu można więc przy tej samej mocy strat w układzie uzyskać większą średnią moc wyjściową, a więc i odpowiednio większą moc szczytową, co w dużym stopniu kompensuje poprzednio podany zysk ze stosowania modulacji negatywem obrazu.

Również przy rozpatrywaniu sprawy zniekształceń nieliniowych występujących w nadajniku wskutek krzywoliniowości charakterystyk modulacyjnych nie można wykazać wyraźnej przewagi jednego sposobu modulacji nad drugim. Dolne zakrzywienie charakterystyki statycznej modulacji przypada przy modulacji pozytywem obrazu na impulsy synchronizujące, natomiast przy modulacji negatywem obrazu na sygnał wizyjny odpowiadający jasnym częściom obrazu. W pierwszym przypadku występuje więc jedynie łatwe do skompensowania zmniejszenie amplitudy impulsów synchronizujących, natomiast w drugim przypadku występuje kompresja kontrastów, znacznie trudniejsza do kompensacji. Jednakże w praktyce dążymy zwykle do możliwie dużego wykorzystania energetycznej mocy lamp zarówno w torze modulacyjnym, jak i w torze w.cz., wskutek czego dopuszczamy pracę na szerszych odcinkach charakterystyk, obejmujących zarówno dolne, jak i górne ich zakrzywienia. Dla obu więc sposobów modulacji zachodzi na ogół potrzeba korekcji zniekształceń wynikających z nieliniowości charakterystyk lampowych. Poza tym sprawa zniekształceń wywołanych dolnym zakrzywieniem charakterystyk nie jest specjalnie groźna, gdyż w obecnych systemach stosujących modulację negatywem obrazu ogranicza się głębokość modulacji do $85 \div 90\%$, aby umożliwić odbiór fonii systemem różnicowym (we wszystkich obecnych standardach stosujących modulację negatywem obrazu używa się jednocześnie częstotliwościowej modulacji dla sygnału fonicznego).

Jak więc wynika z powyższych rozważań, sposób modulacji nie posiada większego wpływu na zagadnienia energetyczne czy też prostotę układową nadajnika. Zresztą ze względów eksploatacyjnych i ekonomicznych sprawy powyższe mają mniejsze znaczenie, gdyż odnoszą się do pojedynczych urządzeń sieci telewizyjnej, a nie do urządzeń występujących masowo (np. odbiorników).

* * *

Streszczając przeprowadzone wyżej rozważania dotyczące właściwości obu sposobów modulacji fali nośnej sygnału wizyjnego należy stwier-

dzić, że żaden z omawianych sposobów modulacji nie posiada wyraźnej przewagi nad drugim. Przy wyborze określonego sposobu modulacji należy się więc kierować raczej tendencją do możliwie daleko idącego ujednoczenia standardu, co najmniej z krajami sąsiedzkimi. Ponieważ zarówno nasi bezpośredni sąsiedzi, jak również i większość krajów europejskich wybrała modulację negatywnym obrazem, wydaje się więc, że i dla Polski ten sposób modulacji będzie obecnie najbardziej odpowiedni.

3.3. „Odległość” pomiędzy częstotliwościami nośnymi sygnałów wizyjnego i fonicznego oraz szerokość kanału w.cz.

„Odległość” pomiędzy częstotliwościami nośnymi sygnałów wizyjnego i fonicznego warunkuje konstrukcję odbiornika. W odbiornikach, które posiadają organy dostrojenia do fal stacji telewizyjnej, jako regułę stosuje się jednoczesne dostrajanie (przy pomocy jednego organu regulacyjnego) do obu sygnałów stacji. Często przy tym kryterium właściwego dostrojenia się do sygnału wizyjnego (którego szerokie pasmo utrudnia jednoznaczne dostrojenie) jest najlepszy odbiór fonii. Również dla odbiorników z różnicowym systemem odbioru dźwięku stałość odstępu między obu częstotliwościami nośnymi jest koniecznym warunkiem pracy, gdyż wykorzystuje się tu dudnienia między obu częstotliwościami nośnymi, a obwód wydzielający jest z reguły nie strojony i posiada stosunkowo wąskie pasmo przenoszonych częstotliwości.

Ponieważ jako regułę stosuje się obecnie w telewizji częściowe tłumienie jednej ze wstęg bocznych nadajnika, częstotliwość nośna fonii może więc leżeć:

- 1) powyżej nie tłumionej wstęgi bocznej nadajnika sygnału wizyjnego (gdy w nadajniku jest tłumiona dolna wstęga boczna),
- 2) poniżej nie tłumionej wstęgi bocznej nadajnika sygnału wizyjnego (gdy w nadajniku jest tłumiona górna wstęga boczna),
- 3) poniżej tłumionej wstęgi bocznej nadajnika sygnału wizyjnego (gdy w nadajniku jest tłumiona dolna wstęga boczna),
- 4) powyżej tłumionej wstęgi bocznej nadajnika sygnału wizyjnego (gdy w nadajniku jest tłumiona górna wstęga boczna).

W dwu ostatnich przypadkach, gdy wystąpią dudnienia między obu częstotliwościami nośnymi, różnica tych częstotliwości znajdzie się w pasmie sygnałów wizyjnych. W związku z tym stosowanie odbioru różnicowego nie jest dla tych przypadków możliwe. Oprócz tego usunięcie ewentualnego szkodliwego oddziaływania sygnału fonicznego na sygnał wizyjny może być utrudnione.

Jeżeli więc chcemy sobie zapewnić możliwość stosowania bardzo obecnie popularnych odbiorników z różnicowym odbiorem dźwięku oraz ułatwić konstrukcję odbiorników, to należy ustalić obie częstotliwości nośne w taki sposób, aby był spełniony warunek, że:

$$|f_r - f_w| > f_{max}, \quad (4)$$

przy czym oznaczono przez:

- f_r — częstotliwość nośną nadajnika fonicznego,
- f_w — częstotliwość nośną nadajnika wizyjnego,
- f_{max} — maksymalną częstotliwość sygnału wizyjnego.

Uwzględniając wzór (2) otrzymamy:

$$|f_r - f_w| > \text{const} \cdot Rn^2 f_r \quad (5)$$

Wybrana odległość między częstotliwościami nośnymi obu nadajników stacji telewizyjnej wpływa więc w sposób zasadniczy na szerokość kanału w.cz., jaki zajmuje stacja.

Ograniczając się jedynie do systemów telewizji 625-liniowej i rozpatrując tablicę 1 widzimy, że odstęp ten, w zależności od wykorzystywanego standardu, wynosi bądź 5,5 MHz, bądź też 6,5 MHz i odpowiednio do tego całkowita szerokość kanałów w.cz. wynosi 7 MHz lub 8 MHz.

Zachodzące tu różnice wynikają głównie z przyjęcia różnych maksymalnych częstotliwości pasma wizyjnego f_{max} . Pasma to zależy od przyjętego współczynnika R , określającego stosunek zdolności rozdzielczych w obu kierunkach wybierania (częstotliwość obrazu f_r we wszystkich przypadkach jest jednakowa), a więc i od ilości elementów obrazu, jakie mogą być odtworzone. Przyjmując różne wielkości R wpływamy na wielkość minimalnego odstępu między częstotliwościami nośnymi obu nadajników, a w konsekwencji i na minimalną szerokość kanału. Na przykład przy odstępnie 5,5 MHz przyjęto R równe ok. 0,9, a przy odstępnie 6,5 MHz — równe ok. 1,08.

W obecnym stanie badań tego zagadnienia nie ma niestety jednolitego poglądu na temat prawidłowego wyboru stosunku zdolności rozdzielczych w obu kierunkach wybierania. Zwolennicy jednakowej zdolności rozdzielczej w obu kierunkach wybierania uważają, że przy różnych zdolnościach rozdzielczych widz albo ustawi się w takiej odległości od ekranu, aby rozróżnić wszystkie elementy obrazu w kierunku, dla którego zdolność rozdzielcza jest większa, i wówczas dostrzeże niedostateczną zdolność rozdzielczą w drugim kierunku wybierania, lub też ustawi się odpowiednio do mniejszej zdolności rozdzielczej i — mimo poszerzonego pasma — nie będzie wykorzystywał pełnej zdolności rozdzielczej w drugim kierunku wybierania.

Zwolennicy większej zdolności rozdzielczej w kierunku poziomym niż pionowym¹⁾ uważają natomiast, że możliwość uzyskania większej ogólnej ilości szczegółów w obrazie jest zawsze pożyteczna — szczególnie wobec niezbyt wysokiej jakości obrazu, jaką się dziś uzyskuje przy telewizji 625-liniowej. Widz otrzymując lepszą jakość obrazu chociażby w jednym kierunku wybierania uzyska lepsze wrażenie ogólne oraz chętnie pogodzi się z nieco mniejszą zdolnością rozdzielczą w kierunku pionowym.

Poza tym, przy wybraniu większej „odległości” pomiędzy częstotliwościami nośnymi obu nadajników i przy niewielkim ograniczeniu pasma sygnału wizyjnego można nieco uprościć i ułatwić konstrukcję odbiornika, gdyż wpływ oddziaływania sygnału fonicznego na sygnał wizyjny będzie w tych przypadkach mniejszy (oczywiście przy nieco mniejszej ogólnej ilości odtwarzanych elementów).

Uwzględniając powyższe uwagi oraz przyjmując jako regułę częściowe tłumienie jednej ze wstęg bocznych (np. dolnej wstęgi bocznej) można otrzymać idealizowaną charakterystykę kanału w.c.z. o kształcie ogólnym podanym na rys. 8, w sposób następujący:

1. Ze względu na wprowadzane zniekształcenia, w szczególności zniekształcenia fazowe, tłumienie całej dolnej (w danym przypadku) wstęgi bocznej nie jest wskazane i znaczne ułatwienia w konstrukcji urządzeń uzyskuje się przyjmując rozwiązanie kompromisowe, w którym transmisja sygnałów wizyjnych o małych częstotliwościach odbywa się dwuwstęgowo, natomiast transmisja sygnałów wizyjnych o wielkich częstotliwościach odbywa się jednowstęgowo. Optymalny²⁾ zakres częstotliwości, który należy transmitować dwuwstęgowo, rozciąga się do ok. 0,75 MHz i wartość ta jest przyjmowana we wszystkich wariantach standardu 625-liniowego.

2. Pozostałe częstotliwości dolnej wstęgi bocznej powinny być stłumione możliwie „szybko”, jednakże względy konstrukcyjne filtrów wstęgi bocznej czy też obwodów nadajnika uniemożliwiają nagłe wycięcie pozostałych częstotliwości wstęgi bocznej i należy pozostawić zakres ok. 0,5 MHz, w którym tłumienie będzie rosło stopniowo, aż do uzyskania wartości uniemożliwiającej zakłócanie sąsiedniego kanału.

3. Powyżej częstotliwości nośnej nadajnika fonicznego należy również pozostawić pewien zakres częstotliwości zarówno dla pokrycia pasma częstotliwości zajętego przez produkty modulacji sygnałem fonicznym, jak i dla zapewnienia odstępu bezpieczeństwa chroniącego na-

¹⁾ Pionowa zdolność rozdzielcza jest w zasadzie narzucona ilością linii systemu.

²⁾ „Optymalny” należy tu rozumieć jako pewnego rodzaju kompromis między trudnościami technicznymi i uzyskiwanym stopniem zniekształceń z jednej strony a oszczędnym wykorzystaniem szerokości kanału w.c.z. z drugiej strony.

stępny wyższy kanał stacji telewizyjnej przed zakłóceniami sygnałem fonicznym niższego kanału. Ze względu na wąskie pasmo częstotliwości fonicznych odstęp między częstotliwością nośną fonii i krańcem kanału może być, nawet w przypadku stosowania modulacji częstotliwości, ograniczony do ok. 0,25 MHz.

W ten sposób całkowita szerokość kanału w.cz. dla stacji telewizyjnej będzie składała się w przypadku tłumienia dolnej wstęgi bocznej z:

$$\begin{aligned} & \text{zakresu częstotliwości, w których} & & \text{zakresu nie tłumionej dolnej wstęgi} \\ & \text{zachodzi tłumienie dolnej wstęgi} & + & \text{bocznej} & + \\ & \text{bocznej} & & & \\ + & \text{„odległości” pomiędzy częstotliwościami} & & \text{„odległości” częstotliwości nośnej} \\ & \text{nośnymi obu nadajników} & + & \text{nadajnika fonicznego od krańca} & + \\ & \text{stacji} & & \text{kanału} & \end{aligned}$$

Przyjmując omówione wartości otrzymamy np. dla telewizji 625-liniowej:

$$0,5 \text{ MHz} + 0,75 \text{ MHz} + (f_f - f_w) \text{ MHz} + 0,25 \text{ MHz}$$

a dla przyjmowanych obecnie „odległości” pomiędzy częstotliwościami nośnymi:

$$0,5 \text{ MHz} + 0,75 \text{ MHz} + 5,5 \text{ MHz} + 0,25 \text{ MHz} = 7 \text{ MHz}$$

lub

$$0,5 \text{ MHz} + 0,75 \text{ MHz} + 6,5 \text{ MHz} + 0,25 \text{ MHz} = 8 \text{ MHz}$$

Dokonanie właściwego wyboru pomiędzy obu wyżej wymienionymi wariantami szerokości kanału w.cz. nie jest sprawą prostą, chociażby w świetle już poczynionych uwag.

Wybór jednej z dwu szerokości kanału w.cz., stosowanych w standardach 625-liniowych, nie wpływa jak już wspomniano w sposób zasadniczy na jakość uzyskiwanych obrazów. Z punktu widzenia jakości obrazów nie ma więc istotnej różnicy przy wyborze. Z drugiej strony na konferencji sztokholmskiej dla potrzeb telewizji przyznano zakresy częstotliwości o szerokościach będących wielokrotnościami 7 MHz ($41 \div 68 \text{ MHz}$ i $174 \div 216 \text{ MHz}$). Umieszczenie w tych samych zakresach kanałów o szerokości 8 MHz prowadzi do zmniejszenia ilości dysponowanych kanałów, co ze względu na planowanie sieci stacji telewizyjnych w kraju jest wysoce niekorzystne. Co prawda ZSRR wprowadził u siebie inny przydział częstotliwości dla telewizji, jak podano na rysunkach 11 i 12, umożliwiający uzyskanie większej ilości kanałów o szerokości 8 MHz. Jednakże w proponowanym podziale częstotliwości telewizyjne kanały nr 3, nr 4 i nr 5 zajmują częstotliwości wykorzystywane zarówno u nas, jak i powszechnie prawie w krajach zachodnich dla innych służb (radiofonia z modulacją częstotliwości, służby ru-

chome i in.). Przyjęcie takiego podziału jest więc dla nas trudne i prowadzić będzie do nieuniknionych wzajemnych interferencji. W tych warunkach na wybór jednej z dwu typowych szerokości kanału w.cz. będzie musiało mieć zasadniczy wpływ położenie geograficzne Polski i ukształtowanie sieci telewizyjnych w krajach nam pobliskich (których stacje mogą wywoływać u nas zakłócenia służby telewizyjnej).

3.4. Ilość obrazów nadawanych w ciągu sekundy; częstotliwość obrazu

Wybór ilości obrazów nadawanych w ciągu sekundy jest przede wszystkim uzależniony:

- 1) od pożądanej zdolności odtwarzania ruchu w obrazie,
- 2) od dopuszczalnego stopnia migotania obrazu występującego przy periodycznie powtarzającym się wygaszaniu ekranu odbiornika (po nadaniu każdego obrazu).

Praktyka filmowa wykazała możliwość odtwarzania wrażenia ruchu obiektu przez nadawanie dostatecznie dużej ilości obrazów nieruchomych, różniących się między sobą jedynie drobnymi zmianami położenia poruszającego się obiektu (tzw. fazami ruchu). Dla odtworzenia ruchów powolnych wystarcza na ogół podzielić ruch jedynie na kilkanaście faz, tzn. nadawać kilkanaście obrazów na sekundę. Jednak przy przedmiotach poruszających się z większymi prędkościami poszczególne fazy ruchu zbyt odbiegają od siebie i nie osiąga się wrażenia płynności ruchu. Dla normalnych filmów kinematograficznych przyjęto więc jako normę nadawanie 24 obrazów na sekundę, co umożliwiałoby prawidłowe odtwarzanie ruchów obiektów poruszających się z prędkościami najczęściej spotykanymi w praktyce filmowej. Dla szybkich ruchów i ta prędkość nadawania nie jest dostateczna, czego dowodem może być np. spotykane w kinematografii wrażenie obracania się kół szybko jadącego powozu w przeciwnym kierunku do kierunku ruchu powozu. Oczywiście, przyczyną tego wrażenia jest efekt stroboskopowy.

Aby więc umożliwić prawidłowe odtwarzanie ruchów obiektów przesuwających się bardzo szybko, należałoby dalej powiększać ilość obrazów na sekundę. Jednakże zarówno w technice filmowej, jak i w telewizji sprawa ta napotyka poważne trudności. W filmie spowodowałyby to odpowiednio większy rozchód taśmy filmowej oraz stworzyłyby dodatkowe trudności wskutek konieczności zwiększenia prędkości przesuwu taśmy filmowej, co nie jest proste ze względów wytrzymałościowych.

W telewizji natomiast, jak wynika ze wzoru (2), maksymalna częstotliwość sygnału wizyjnego jest proporcjonalna do częstotliwości obrazu,

czyli ilości obrazów nadawanych w ciągu sekundy. Powiększanie częstotliwości obrazu powoduje więc proporcjonalny wzrost szerokości pasma wizyjnego, jak również powiększanie szerokości kanału w.c.z. ze wszystkimi ujemnymi cechami tego faktu. Jednocześnie jednak, mimo powiększania szerokości pasma i szerokości kanału, nie powiększa się ilość szczegółów odtwarzanych w obrazie, a więc jakość obrazu nie ulega poprawie. Nadawanie dużej ilości obrazów na sekundę jest więc w telewizji wyjątkowo niekorzystne ze względów techniczno-ekonomicznych i jest pożądane ograniczenie częstotliwości obrazu do niezbędnego minimum.

Na przeszkodzie jednak nadmiernemu ograniczeniu częstotliwości obrazu leży efekt migotania, jaki występuje, gdy częstotliwość zmian obrazu jest zbyt mała.

Wrażenie migotania zależy od szeregu czynników, lecz główny wpływ ma tutaj częstotliwość przerywania światła (a więc w naszym przypadku ilość obrazów nadawanych na sekundę) oraz maksymalna jaskrawość obrazu. Dla zakresów jaskrawości najczęściej wykorzystywanych w telewizji wrażenie migotania, w zależności od jaskrawości, zanika przy częstotliwościach wygaszania ekranu zawierających się w granicach od 40 do 60 na sekundę.

W celu uniknięcia wrażenia migotania bez konieczności powiększania częstotliwości obrazu wprowadzono w telewizji tzw. wybieranie międzyliniowe, przy którym każdy obraz jest nadawany i odtwarzany dwukrotnie, z tym że nadaje się i odtwarza najpierw wszystkie linie nieparzyste, a następnie parzyste. W ten sposób przy nadawaniu jednego obrazu dwukrotnie zostaje wygaszony ekran i wrażenie migotania jest praktycznie takie same jak przy nadawaniu dwukrotnie większej ilości obrazów na sekundę.

Wszystkie kraje europejskie przyjmują nominalną częstotliwość obrazu równą 25 Hz przy wybieraniu międzyliniowym, uzyskując w ten sposób stopień migotania odpowiadający częstotliwości 50 Hz. Wybór tej wielkości umożliwia poza tym, w razie potrzeby, synchronizowanie częstotliwości obrazu z częstotliwością sieci energetycznej, co ułatwia konstrukcję popularnego odbiornika. Poza tym, ponieważ częstotliwość obrazu w tym przypadku jest bardzo bliska nominalnej częstotliwości nadawania filmów kinematograficznych, w poważnym stopniu upraszcza to więc sprawę nadawania filmów przez telewizję.

Dla warunków polskich wydaje się również celowe przyjęcie nominalnej częstotliwości obrazu równej 25 Hz zarówno z powodów omawianych wyżej, jak i w celu ujednoczenia standardów z innymi krajami. Wybierając tę wielkość należy jednak zdawać sobie sprawę z możliwości pewnego migotania obrazu przy dużych jego jaskrawościach oraz

pewnej nieprawidłowości w odtwarzaniu bardzo szybkich ruchów obiektów w obrazie nadawanym, które zresztą spotyka się stosunkowo rzadko.

3.5. Typ modulacji fali nośnej nadajnika fonicznego

Rozpatrując tablicę 1 widzimy, że w części używanych obecnie standardów telewizyjnych przewidziano dla nadajnika fonicznego modulację amplitudy, natomiast w pozostałych modulację częstotliwości.

Wybierając więc ten parametr standardu należy rozpatrzyć zalety i wady obu typów modulacji. Porównując system modulacji częstotliwości z systemem modulacji amplitudy (w zakresach fal stosowanych w telewizji) okazuje się, że modulacja częstotliwości posiada następujące główne zalety w stosunku do modulacji amplitudy:

- 1) mniejszą wrażliwość odbiornika na zakłócenia,
- 2) mniejsze szumy własne odbiornika przy prawidłowym dostrojeniu,
- 3) znacznie mniejszy wpływ interferencji z innymi stacjami ze względu na znaną właściwość eliminowania słabszego sygnału przez sygnał silniejszy,
- 4) możliwość uzyskania znacznie większej dynamiki dźwięku,
- 5) możliwość uzyskania większej sprawności nadajnika ze względu na pracę lamp nadawczych w klasie C.

Jednocześnie jednak system modulacji częstotliwości posiada również szereg wad i niedogodności w stosunku do systemu modulacji amplitudy, z których główniejsze są następujące:

- 1) bardziej rozbudowany i kosztowniejszy odbiornik, w szczególności, gdy chce się wykorzystać wszystkie zalety systemu modulacji częstotliwości,
- 2) trudniejsza prawidłowa detekcja sygnałów i mniejsza stabilność pracy członu detekcji,
- 3) większa wrażliwość odbiornika na złe dostrojenie powodujące powstawanie znacznych zniekształceń,
- 4) konieczność dobrej filtracji tętnień napięcia prostowanego dla uniknięcia przybrzęku sieciowego.

Z przeprowadzonego porównania wynika, że system modulacji częstotliwości umożliwia uzyskanie znacznie wyższej jakości dźwięku, jednakże wymaga urządzeń trudniejszych w konstrukcji i eksploatacji, bardziej rozbudowanych i kosztowniejszych.

Ogólnościatowa tendencja idzie jednak w kierunku podwyższania jakości dźwięku przede wszystkim w radiofonii. Telewizja jako technika nowoczesna i rozwijająca się powinna dla towarzyszącego dźwięku prze-

widzieć również wysokie parametry toru fonicznego, gdyż jak wykazują obserwacje, przy dobrej jakości dźwięku widz uzyskuje znacznie lepsze wrażenie ogólne nawet przy pewnych ograniczeniach jakościowych obrazu, uwarunkowanych dzisiejszym stanem techniki. Uwzględniając ponadto dynamiczny rozwój techniki telewizyjnej można się spodziewać w bliskiej przyszłości poważnej poprawy jakościowej obrazu i wówczas niedostateczna jakość fonii byłaby niewątpliwie rażąca, natomiast zmiana systemu modulacji wysoce skomplikowana. Z wymienionych względów wydaje się więc celowe przyjąć w standardzie telewizyjnym system modulacji częstotliwości.

Wybór tego systemu wymaga jednak ustalenia dodatkowo dwu zasadniczych parametrów, a mianowicie dewiacji częstotliwości i stopnia uwydatniania większych częstotliwości sygnału akustycznego. W tabelicy 1 podano, że zależnie od kraju przyjmuje się np. maksymalną dewiację bądź 25 kHz, bądź też 50 kHz oraz stopień uwydatniania 50 μ sek lub 75 μ sek.

Przy wyborze powyższych wartości istnieją zasadniczo dwie tendencje: bądź ujednoczenia tych parametrów z parametrami przyjętymi w radiofonii u.k.f. z modulacją częstotliwości, bądź ustalenia ich niezależnie ze względu na całkowicie inne zadania służby telewizyjnej. Zwolennicy ujednoczenia parametrów uważają za celowy odbiór fonii telewizyjnej na odbiornikach radiofonicznych z modulacją częstotliwościową jak również ewentualne umożliwienie odbioru programu radiofonicznego z modulacją częstotliwościową na odbiornikach telewizyjnych.

Zwolennicy niezależnego ustalenia parametrów modulacji częstotliwościowej dla fonii w telewizji uważają, że fonia w telewizji stanowi jedynie uzupełnienie treści wizualnej i przy prawidłowo realizowanym programie nie jest sama w sobie interesująca. Z drugiej strony ze względu na małą selektywność odbiornika telewizyjnego w stosunku do norm radiofonii z modulacją częstotliwościową odbiór radiofonii na odbiorniku telewizyjnym nie może zapewnić wysokich wskaźników jakościowych wymaganych dla tej służby i powiązanie obu zadań w odbiorniku telewizyjnym prowadzi z konieczności do wprowadzenia szeregu dodatkowych obwodów, komplikacji schematowych i znacznego podwyższenia ceny odbiornika telewizyjnego. W większości krajów (szczególnie zachodnich) wykorzystujących dla transmisji fonii modulację częstotliwościową przeważały jednak poglądy, aby parametrów modulacyjnych sygnału fonicznego w telewizji nie wiązać z parametrami stosowanymi w radiofonii. W szeregu krajów, a w szczególności w ZSRR oraz w niektórych krajach demokracji ludowej, w których radiofonia u.k.f. jest mało rozwinięta, powstała obecnie koncepcja odwrotna, aby parametry

dla radiofonii ustalić odpowiednio do już stosowanych parametrów sygnału fonicznego w telewizji.

W warunkach polskich, zarówno ze względu na korzyści wynikające z możliwie daleko idącego ujednoczenia standardów w skali międzynarodowej, jak i ze względu na łatwość importu sprzętu, wydaje się celowe przyjęcie najbardziej typowych w Europie wartości parametrów modulacji częstotliwościowej dla sygnału fonicznego w telewizji, a mianowicie: maksymalnej dewiacji częstotliwości równej ± 50 kHz oraz uwydatniania większych częstotliwości pasma akustycznego równego 50 μ sek. Parametry te, jak wynika z tablicy 1 i 2, są w zasadzie przyjęte przez wszystkie kraje europejskie stosujące modulację częstotliwościową dla transmisji dźwięku towarzyszącego w telewizji.

3.6. Stosunek mocy promieniowanej nadajnika wizyjnego do mocy promieniowanej nadajnika fonicznego

Stosunek mocy promieniowanej nadajnika wizyjnego do mocy promieniowanej nadajnika fonicznego powinien być oczywiście tak dobrany, aby możliwie uprościć konstrukcję toru fonicznego w odbiorniku i obniżyć przez to jego koszt. Prowadziłoby to w zasadzie do wybrania małego stosunku mocy, a więc do wyboru odpowiednio dużej mocy nadajnika fonicznego.

Z drugiej jednak strony, wobec niezgodności w skali międzynarodowej sposobów rozdziału zakresów fal przyznanych dla telewizji na kanały, należy się liczyć z częściowym zachodzeniem na siebie kanałów stacji krajów sąsiadujących. Poza tym, wobec zbyt małej ilości kanałów będących w dyspozycji w zakresach fal obecnie wykorzystywanych, należy się również liczyć z ewentualną możliwością stosowania w niektórych przypadkach tzw. kanałów odwróconych, co prowadzi do zachodzenia na siebie kanałów nawet w obrębie jednego kraju. W tych obu przypadkach częstotliwość nośna nadajnika fonicznego znajdzie się w pasmie częstotliwości wstęgi bocznej nadajnika wizyjnego innej stacji i może wprowadzać interferencje w odbiorze obrazu nadawanego przez tę stację.

Z tych więc względów wybór możliwie dużego stosunku mocy obu nadajników stacji jest korzystny.

Oprócz tego przy modulacji częstotliwości nie daje się na ogół uzyskać daleko idącego uproszczenia części fonicznej odbiornika ze względu na konieczność uzyskania odpowiednich charakterystyk toru fonicznego. Uzyskanie więc stosunkowo znacznego stosunku czułości toru fonicznego do toru wizyjnego w odbiorniku telewizyjnym jest na ogół proste i spełnione w większości produkowanych obecnie w świecie od-

biorników. Badania przeprowadzone na ten temat w Polsce¹⁾ wykazały, że przyjęcie stosunku mocy nadajnika wizyjnego do nadajnika fonicznego równego 4:1 lub 5:1 jest u nas możliwe i celowe.

Przyjęcie stosunku 5:1 zaleca zresztą również CCIR. Stosunek taki znacznie ułatwi projektowanie sieci telewizyjnej, a jednocześnie nie odbije się w sposób niekorzystny na konstrukcji odbiorników.

3.7. Polaryzacja fal promieniowanych przez stacje telewizyjne

Dla potrzeb telewizji programowej w poszczególnych krajach wykorzystuje się obecnie dwa typy polaryzacji fal promieniowanych: pionową i poziomą. Dotychczas przeprowadzone badania, mające na celu wykazanie wyższości jednego typu polaryzacji nad drugim, nie dały niestety wyraźnej odpowiedzi, który typ jest korzystniej wybrać. Dlatego też kryteria wyboru muszą się opierać na stosunkowo mniej istotnych dla zagadnienia czynnikach konstrukcyjnych. Przy wyborze polaryzacji poziomej najczęściej dziś spotykane anteny odbiorcze typu prętowego posiadają układ prętów rozmieszczony w płaszczyźnie poziomej, co ułatwia konstrukcję i umożliwia mocowanie anteny na niższych masztach.

Zagadnienie będzie natomiast wyglądało odwrotnie przy stosowaniu np. anten odbiorczych typu szczelinowego. Jednakże ten typ anten odbiorczych jest mało rozpowszechniony i stosowanie ich może być celowe dla większych częstotliwości, np. dla trzeciego zakresu częstotliwości, a głównie dla zakresów IV i V.

Wydaje się więc, że bardziej celowy będzie wybór polaryzacji poziomej jako zasady, z tym jednakże, że niektóre stacje mogą pracować z falą spolaryzowaną pionowo, jeśli to będzie konieczne dla lepszego rozplanowania sieci telewizyjnej. Przeprowadzone pomiary wykazały bowiem, że w przypadku występowania interferencji między dwiema stacjami zmiana polaryzacji fal promieniowanych przez jedną z nich powoduje poważne zmniejszenie się interferencji. Tu leży zresztą przyczyna obecnie panujących tendencji nienormalizowania tego parametru.

4. WNIOSKI

Z przeprowadzonych wyżej rozważań, dotyczących techniczno-ekonomicznych aspektów wyboru poszczególnych parametrów standardu telewizji monochromatycznej, można wyciągnąć wniosek, że większość przyjętych norm jest wynikiem kompromisu pomiędzy pożądanymi

¹⁾ Wyniki badań przedstawiono w referacie zgłoszonym na XII Sesję Komisji Technicznej OIR, Lipsk 1955 r., dok. TC. 1310 TK141.

wskaźnikami jakościowymi transmisji telewizyjnej a napotykanymi trudnościami technicznymi i gospodarczymi. Staje się więc do pewnego stopnia zrozumiałe istnienie wielu standardów, wynikające przede wszystkim z różnego ustosunkowania się do stopnia ważności poszczególnych czynników wpływających na wybór określonej normy. Poza tym należy wziąć również pod uwagę różne okresy opracowywania poszczególnych standardów, a więc i różne poziomy stanu techniki telewizyjnej (istniejące standardy opracowywano w okresie czasu około dwudziestu lat).

Z drugiej strony w poprzednich rozważaniach wielokrotnie zwracano uwagę na korzyści wynikające z ujednoczenia standardu telewizyjnego w skali międzynarodowej, w szczególności w odniesieniu do międzynarodowej wymiany programów telewizyjnych jak również w odniesieniu do zakłóceń występujących między stacjami sąsiednich krajów.

W tych warunkach przy wyborze standardu najkorzystniejszego dla warunków polskich wydaje się bezsporne, że:

- 1) nie jest celowe opracowywać standard „indywidualny”, czyli różny od obecnie stosowanych w innych krajach, nawet w przypadku jeśli pewne parametry tego standardu mogłyby być, w świetle obecnego stanu wiadomości, wybrane nieco korzystniej,
- 2) należy przyjąć jako obowiązujący w Polsce jeden ze standardów telewizyjnych wykorzystywanych w krajach pobliskich.

Ponieważ Polska leży na geograficznej granicy standardów, więc przy wyborze wchodzi w rachubę jedynie dwa standardy 625-liniowe: a) tzw. standard Gerbera o szerokości kanału w.c.z. równej 7 MHz oraz b) standard OIR o szerokości kanału w.c.z. równej 8 MHz.

Pierwszy jest wykorzystywany przez wszystkie kraje wchodzące w rachubę przy wzajemnych zakłóceniach — leżące na zachód i na północ od Polski oraz przez część krajów leżących na południe i południowy zachód. Standard OIR jest znowu wykorzystywany przez ZSRR oraz część krajów leżących na południe od granic polskich.

Rozpatrując parametry obu standardów (ujęte w tablicy 1 oraz na rysunkach 1 do 7) widzimy, że ogromna ich większość jest bądź identyczna, bądź też wykazuje różnice technicznie nieistotne. Jedynie zasadnicze różnice wykazują parametry związane z szerokością kanału w.c.z., a więc szerokość pasma częstotliwości wizyjnych i związane z nią stosunek zdolności rozdzielczych w obu kierunkach wybierania oraz „odległość” częstotliwości nośnych obu nadajników stacji telewizyjnej. Różnice powyższe nie mają praktycznego znaczenia, zarówno jeśli idzie o jakość otrzymywanych obrazów, jak również jeśli idzie o konsekwencje ekonomiczne wyboru jednego z powyższych standardów.

Zasadnicze różnice mogą natomiast wystąpić wówczas, jeśli się weźmie pod uwagę zakłócenia wytwarzane na terenie Polski przez sieci telewizyjne krajów wykorzystujących powyższe standardy. O korzyściach przyjęcia jednego z dwu omawianych standardów będzie więc można mówić dopiero po wykonaniu odpowiednich projektów sieci stacji telewizyjnych na terenie Polski, przy czym projekty te powinny być wykonane zarówno w założeniu wyboru tzw. standardu Gerbera, jak i tzw. standardu OIR. Jako kryterium wyboru jednego z dwu omawianych standardów będzie możliwość uzyskania większego współczynnika pokrycia terytorium kraju zasięgiem niezakłóconego odbioru telewizyjnego, co ze względów ekonomicznych, jak również ze względu na rozwój telewizji w Polsce jest sprawą o zasadniczym znaczeniu.

5. WYKAZ LITERATURY

1. *Bauer D., Ribchester E., Townsend E. B.*: The 625-line CCIR system: An investigation by a mobile laboratory. — *Journal of the Television Society*, 1955, Nr 7 i 9.
2. *Bödeker H.*: Die neue europäische Fernsehnorm — *Funk u. Ton*, 1951, Nr 2.
3. *Cordonnier J. G.*: Problèmes économiques de la télévision française. Paris, Dunod, 1950.
4. *Delvaux J. L.*: Considérations sur le choix de normes de télévision. — *Révue Technique C.F.T.H.*, 1948, Nr 9.
5. Dokumenty CCIR

Doc. 315-F 15 juin 1951	Normes de télévision
Doc. 79-F 31 mars 1955	Normes pour la télévision en couleur
Doc. 40-F 15 mars 1955	Normes pour la télévision.
Doc. 15-F 8.I.1951	Projet d'avis relatif aux normes pour la télévision
Doc. 267-F 9.IV.1951	Résumé de la situation de la télévision dans les divers pays.
Doc. 49-F 15.III.1955	Avantages dus à la polarisation... Royaume — Uni
Doc. 7-F 4.II.1955	Avantages dus à la polarisation... R.F. d'A.
Doc. 46-F 12.III.1955	Réduction de la largeur de bande pour la télévision.
Doc. 43-F 23.III.1955	Normes pour la télévision.
Doc. 92-F 5.IV.1955	Influence de la fréquence du secteur sur le choix de la fréquence de trame.
Doc. 360-F 20.VI.1951	Proposition relative aux impulsions de synchronisation verticales
Doc. 464-F 26.VI.1951	Caractéristiques des 5 systèmes de télévision.
6. *Kędzierski L.*: Prace XI Komisji Studiów CCIR, 1955.
7. *Kędzierski L.*: Zagadnienie normalizacji standardów telewizyjnych. — *Przeгляд Telekomunikacyjny* Nr 10, 11, 12, 1950 r.
8. *Mc. Kenzie A. J.*: Technical requirements of the australian television system. — *Proceedings of the Institution of Radio Engineers, Australia*, 1954, Nr 12.

9. Laett H.: Variante aux normes du CCIR pour le système de télévision à 625 lignes. — Bulletin technique P.T.T., 1952, Nr 3.
10. Mannet R.: Divers facteur intervenant dans la qualité des images de télévision. — La radio française, 1952, Nr 6.
11. Niebieska Księga CCIR, Londyn, 1953, tom 1, str. 240, str. 354.
12. O standartizacji niektórych charakteristik telewizyjnoej pieriedaczi. — Referat delegacji radzieckiej na XI Sesję Komisji Technicznej OIR, 1954.
13. Télévision systems and standards. — Journal of the Television Society, 1952, Nr 11.
14. Norme de télévision OIR adoptée par la XIII session de la Commission Technique de l'OIR de Sofia, mars, 1957.
15. Niebieska Księga CCIR, Warszawa 1956, tom 1, str. 393 do str. 418.

*Телевизионное Отделение
Института Связи*

УКАЗАНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ВЫБОРА НАИБОЛЕЕ ВЫГОДНОГО В ПОЛЬСКИХ УСЛОВИЯХ СТАНДАРТА ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Резюме

Установлены основные параметры определяющие телевизионный стандарт и определена степень их важности. В дальнейшем сделан обзор употребляемых в настоящее время стандартов монохроматического телевидения. На основании проведенного сравнения определены такие параметры, которые вызывают наличие существенных расхождений между рассматриваемыми стандартами.

В качестве критерия существенного различия между стандартами принята необходимость произведения конструктивных изменений в телевизионных приёмниках в случае перехода на другой стандарт. В дальнейшем были описаны технико-экономические факторы которые влияют на выбор основных параметров стандарта.

Автор приходит наконец к следующим заключениям относительно выбора телевизионного стандарта наиболее выгодного в польских условиях:

1. Не является целесообразной разработка стандарта, который отличался бы только лишь по деталям от современных стандартов применяемых в других странах.
2. Следует избрать один из двух вариантов 625-строчного стандарта а именно стандарт с шириной в. ч. канала равной 7 мГц или же стандарт с шириной в. ч. канала равной 8 мГц.

Решение насчет окончательного выбора должно быть принято в зависимости от результатов расчёта сети телевизионных станций в Польше для двух вышеуказанных вариантов, причём следовало бы выбрать тот вариант, при котором получается больший общий коэффициент перекрытия территории страны областью защищённого от помех телевизионного приёма.

*Television Department of the Institute
of Telecommunications*

GUIDING PRINCIPLES FOR ESTABLISHING THE MOST SUITABLE STANDARD OF MONOCHROMATIC TELEVISION FOR POLAND

Summary

After the definition of parameters, essential for a television standard, and their relative importance, existing standards of monochromatic television have been reviewed. A comparison between them leads to the discrimination of those parameters which are responsible for essential differences between particular standards. As a criterion of an essential difference between standards, there has been taken the eventual necessity of introducing changes in receiver design when changing the standard. Technical, as well as economic reasons influencing the choice of the basic parameters of a standard have been discussed. Above considerations lead to the following conclusions as to the choice of a television standard, most suitable for Poland:

1. It is not desirable to establish a standard differing only in minor details from actual standards, adopted in other countries.
2. One of the existing 625-lines standards should be adopted, i.e. either the one of 7 kc/s H.F. channel bandwidth, or the other with a bandwidth of 8 kc/s.

The choice between these should be preceded by an analysis of the Polish television network for both above mentioned cases. Final decision should be directed by the consideration of the resulting relative area of undisturbed television reception for the whole of the country.

*Section de Télévision de l'Institut
de Télécommunications*

DIRECTIVES RELATIVES AU CHOIX DES NORMES DE TÉLÉVISION MONOCHROMATIQUE LES PLUS FAVORABLES POUR LA POLOGNE

Résumé

Après avoir établi les paramètres qui déterminent les normes de télévision et précisé leur grade d'importance, on a examiné les normes de télévision monochromatique utilisées actuellement dans le monde entier.

Les comparaisons effectuées ont abouti à fixer les paramètres qui causent des différences essentielles parmi les normes particulières. C'est la nécessité de modifier la construction du téléviseur dans le cas d'un changement des normes qu'on a pris pour le critérium de la différence essentielle des normes.

Ensuite on décrit les facteurs techniques et économiques qui influent sur le choix des paramètres essentiels du système.

Pour conclure l'auteur présente des solutions concernant le choix des normes de télévision le plus avantageux pour la Pologne.

1. Il est superflu d'élaborer des normes qui ne diffèrent que par des détails des normes utilisées actuellement dans les autres pays.

2. Il faut choisir une des deux variantes des normes de 625 lignes, à savoir les normes du canal de haute fréquence de largeur de 7 MHz ou celles du canal de haute fréquence de largeur de 8 MHz.

Quant au choix définitif, la décision doit être prise selon le résultat des calculs effectués pour les réseaux des stations de télévision en Pologne, compte tenu de ces deux variantes. On choisira la variante qui permettra d'obtenir les plus grandes portées utiles des émetteurs du réseau.

*Fernsehensabteilung des
Fernmeldeweseninstituts*

RICHTLINIEN FÜR DIE AUSWAHL DES FÜR DIE POLNISCHEN
VERHÄLTNISSE GÜNSTIGSTEN STANDARDES
DES SCHWARZ-WEISS-FERNSEHENS

Zusammenfassung

Nach der Feststellung der den Fernsehstandard bestimmenden Parameter und nach der Bestimmung des Wichtigkeitsgrades dieser Parameter wurde eine Übersicht der gegenwärtig in der Welt verwendeten Standarde des Schwarz-Weiss-Fernsehens gemacht. Auf Grund des durchgeführten Vergleiches wurden die Parameter festgestellt, die die Entstehung der wirklichen Unterschiede unter einzelnen Standards verursachen. Als Kriterium des wirklichen Unterschiedes des Standardes wurde die Notwendigkeit der Einführung der Konstruktionsänderungen in Fernsehempfänger im Falle der Änderung des Standardes angenommen. Dann wurden die technischwirtschaftlichen Faktoren besprochen, welche die Auswahl der Grundparameter des Standardes beeinflussen.

Der Verfasser kommt endlich zu folgenden Schlüssen, die die Auswahl des für Polen günstigsten Fernsehstandard betreffen:

1. Es ist nicht zweckmässig den Standard zu bearbeiten, der sich nur in Einzelheiten von den in anderen Ländern verwendeten Standards unterscheidet.
2. Man muss eine von den zwei Varianten des 625-zeiligen-Standard wählen und zwar entweder den Standard mit der Hochfrequenz-Kanalbreite von 7 MHz oder denjenigen mit der Hochfrequenz-Kanalbreite von 8 MHz.

Die Entscheidung über die endgültige Auswahl soll von den Berechnungsergebnissen des Fernsehsendernetzes in Polen für die beiden obigen Varianten abhängen; man sollte dabei diese Variante wählen, bei welcher eine grössere allgemeine Versorgungszahl des Landgebietes mit der Reichweite des störungsfreien Fernsehempfanges erzielt wird.

STEFAN JASIŃSKI

621.396.11:321.396.812.5

OBECNY STAN PRZEWIDYWANIA BURZ JONOSFERYCZNYCH I ZAKŁÓCEŃ RADIOKOMUNIKACYJNYCH

Rękopis dostarczono do IŁ
po raz pierwszy 9.4.1957
po raz drugi 30.12.1957

W niniejszej pracy podano ogólną charakterystykę burz jonosferycznych i zakłóceń radiokomunikacyjnych oraz dokonano przeglądu zjawisk słonecznych i ziemskich, które według obecnych poglądów mogą posiadać praktyczne znaczenie przy formułowaniu propagacyjnych prognoz krótkoterminowych.

Następnie omówiono zasady układania wspomnianych prognoz oraz wskaźniki radiokomunikacyjne, a w szczególności wskaźnik i kryterium burzowości doby — zaproponowane przez autora.

Wreszcie, po omówieniu trafności prognoz, dano we wnioskach przegląd panujących poglądów na celowość prowadzenia służby prognoz krótkoterminowych i uzasadniono potrzebę prowadzenia w Polsce dalszych badań w tej dziedzinie.

1. WSTĘP

Badanie występujących na Ziemi zakłóceń elektromagnetycznych, a w szczególności ich aspektu jonosferycznego, poczyniło pewne postępy w ciągu ostatnich kilku lat. Mimo to stan wiedzy w tej dziedzinie jest jeszcze tego rodzaju, że uzyskiwane wiadomości są przeważnie fragmentaryczne, a czasem nawet sprzeczne.

W pracy opublikowanej przed kilku laty [60] opisane zostały podstawowe zjawiska towarzyszące zakłóceniom elektromagnetycznym oraz szczegółowo został omówiony ówczesny stan zagadnienia przewidywania burz jonosferycznych i zakłóceń radiokomunikacyjnych. Obecnie zostaną podane uzupełniające wiadomości zdobyte w ciągu ostatnich lat oraz zostaną omówione współczesne poglądy panujące w tej dziedzinie.

2. BURZE JONOSFERYCZNE

Burze jonosferyczne są jednym z aspektów silnych zakłóceń elektromagnetycznych, którym ulega Ziemia i które od dawna były znane jako burze magnetyczne.

Uważa się obecnie za zupełnie pewne, że burze geomagnetyczne i jonosferyczne, a w konsekwencji i zakłócenia radiokomunikacyjne, są skutkiem nadejścia do atmosfery ziemskiej, dotychczas jeszcze nie zidentyfikowanych, korpuskułów pochodzenia słonecznego. Cząstki te wyrzucane od czasu do czasu w większych ilościach ze Słońca biegną w przestrzeni międzyplanetarnej, dostają się w sferę działania pola geomagnetycznego, pod wpływem którego przemieszczają się po różnych torach ku biegunom geomagnetycznym. Wpadając do atmosfery ziemskiej strumienie korpuskułów naruszają normalny stan warstw jonosferycznych, szczególnie na obszarach w pobliżu biegunów geomagnetycznych.

Objawy burzy jonosferycznej są bardzo różnorodne i dotychczas nie było zgodności między poszczególnymi obserwatorami przy opisie omawianych zjawisk. Sądzymy, że przyczyną tego jest brak dostatecznych teoretycznych wiadomości co do mechanizmu burz jonosferycznych i nieumiejętność syntetycznego ujęcia całokształtu zachodzących zjawisk.

Na ogół można stwierdzić, że podczas burzy jonosferycznej gęstość elektronowa obszaru F , a w szczególności warstwy $F2$, staje się anormalna, a wysokość zwiększona. Zostaje naruszona prawidłowość struktury warstwy $F2$, pojawiają się nowe skupienia elektronowe w postaci warstw przejściowych szybko się zmieniających, powstaje stratyfikacja oraz często struktura obłokowa; jonosfera staje się turbulenta. W pewnych przypadkach pojawia się warstwa sporadyczna E , a czasem nocna warstwa E . Wreszcie występuje zwiększenie gęstości elektronowej, szczególnie w obszarze D , powodujące wzrost absorpcji.

Dla ułatwienia i zapewnienia prawidłowej interpretacji śladów na fotografiach rejestracji sond jonosferycznych (jonogramach) Komitet Międzynarodowego Roku Geofizycznego 1957-58 r. (K.M.R.G.) [99] zestawił charakterystyczne i najczęstsze objawy występujące na tych zdjęciach podczas burz jonosferycznych.

Wg K.M.R.G. na ogół każde znaczne odchylenie od normalnego zachowania się regularnych warstw jonosferycznych może być uważane za burzę jonosferyczną. Burze takie charakteryzują się na jonogramach większych szerokości geograficznych następującymi objawami:

- a. Podczas dnia
 1. Zmniejszenie gęstości elektronowej w obszarze F , przy czym zmniejszenie częstotliwości krytycznej warstwy $F1$ jest nieznaczne w porównaniu ze zmniejszeniem częstotliwości krytycznej warstwy $F2$.
 2. Zwiększenie turbulencyjności, powodujące echa rozproszone.
 3. Nieznaczne zwiększenie częstotliwości krytycznej warstwy E w strefie zorzowej.
 4. Zwiększenie wysokości pozornej warstwy $F2$. Okoliczność ta jest

tylko częściowo spowodowana opóźnieniami grupowymi, które występują, gdy częstotliwość krytyczna warstwy $F2$ jest zbliżona do częstotliwości krytycznej warstwy $F1$.

5. Zwiększenie niedewiacyjnej absorpcji (w obszarze D), powodujące zwiększenie f_{\min} (często do zupełnego zaniku ech).

b. Podczas nocy

1. Zwiększenie częstotliwości krytycznej warstwy $F2$, szczególnie w zimie. Istnieją jednak przypadki, że brak jest wszelkich zmian wspomnianej częstotliwości w stosunku do stanu normalnego. W lecie częstotliwość krytyczna warstwy $F2$ jest czasem mniejsza, a czasem większa od swej wartości normalnej.

2. Zwiększenie turbulencyjności, powodujące echa rozproszone.

3. Zwiększenie wysokości pozornej $F2$.

4. Zarejestrowanie nocnej warstwy E przez stacje, w których normalnie nie jest ona obserwowana. W strefie zorzowej warstwa taka pojawia się podczas burzy jonosferycznej częściej niż zazwyczaj.

5. Zwiększenie przypadków pojawiania się sporadycznej warstwy E .

6. Zwiększenie absorpcji powodujące często całkowity zanik ech.

Natężenie burzy jonosferycznej jest proporcjonalne do wartości zmian charakterystyk warstw. Podczas silnej burzy przejawiają się wszystkie wyżej wymienione zjawiska, natomiast podczas słabego zakłócenia mogą wystąpić tylko niektóre z nich.

Burza jonosferyczna rozwija się zazwyczaj w ciągu okresu trwającego od kilku minut do godziny i więcej. Trwanie jej waha się od kilku godzin do dwu dób. Czasem burze jonosferyczne mogą następować jedna po drugiej, wskutek czego czas trwania zakłóceń przedłuża się nawet do miesiąca. Zakłócony stan jonosfery może trwać nawet tydzień po końcu burzy magnetycznej. Normalne warunki jonosfery ustalają się w ciągu kilku dób.

Towarzyszące burzom jonosferycznym burze geomagnetyczne zaczynają się jednocześnie na całej ziemi z chwilą wejścia korpuskułów do atmosfery; burze jonosferyczne zaczynają się stopniowo i trudno jest określić chwilę początkową „czasu burzowego”. Faza początkowa burzy jonosferycznej całkowicie zależy od czasu lokalnego jej początku, a jej przebieg zależy od szerokości geograficznej i pory roku. Z tego powodu przejawy burzy jonosferycznej na całej ziemi są nadzwyczaj różnorodne, ponieważ dla miejsc o różnych długościach geograficznych burza rozpoczyna się w różnym czasie lokalnym, a dla punktów po różnych stronach równika pora roku jest odwrócona [57].

Badania wykazały, że większości burz jonosferycznych towarzyszy burza geomagnetyczna. Jonosferyczny czas burzowy zaczęto liczyć od początku towarzyszącej burzy geomagnetycznej, jeżeli początek ten był

„nagły”. Metoda okazała się pożyteczna i stwierdzono, że burze jonosferyczne zaczynają się bądź jednocześnie, bądź też w czasie krótszym od jednej godziny od „naglego początku” wszechświatowej burzy geomagnetycznej.

Odkrycie to było nieoczekiwane, ponieważ w świetle dotychczasowych poglądów burze jonosferyczne miały powstawać w strefach zorzowych, a następnie przesuwać się ku mniejszym szerokościom podobnie do wędrownych cyklonów. Według poglądów australijskich i japońskich burze jonosferyczne mają charakter powszechny i rozwijają się jednocześnie z burzą geomagnetyczną nad całą Ziemią. Poglądy te nie są jeszcze jednak podzielane przez wszystkich.

Dobowa składowa wariacji zakłóceń parametrów jonosferycznych $h'F2$ i $foF2$, oznaczanych jak w geomagnetyzmie symbolem S_D , oblicza się przez odejmowanie dla każdego miesiąca średnich wartości godzinnych pięciu „międzynarodowych magnetycznie spokojnych dób” od odpowiednich średnich wartości godzinnych pięciu „międzynarodowych magnetycznie zakłóconych dób”. Doby o wspomnianym charakterze są okresowo ogłaszane w odpowiednich komunikatach¹⁾.

Stwierdzono, że średnia wartość S_D o czasie lokalnym $0^h 0^m$ różni się od wartości o czasie $24^h 00^m$ dzięki obecności niecyklicznych lub szczątkowych aperiodycznych wariacji zakłóceń.

Miesięczne wariacje grupuje się w trzy kategorie:

- 1) cztery miesiące ok. północnego przesilenia (maj, czerwiec, lipiec, sierpień),
- 2) cztery miesiące ok. równonocy (marzec, kwiecień, wrzesień, październik),
- 3) cztery miesiące ok. południowego przesilenia (listopad, grudzień, styczeń, luty).

Burze jonosferyczne obszaru $F2$, podobnie jak burze geomagnetyczne, posiadają charakter powszechny i powinny być rozpatrywane jako objawy jednego ogólnoziemskiego zjawiska.

Jak to stwierdził D.P. Martyn [40], [41], skutki burzy jonosferycznej, przejawiające się w obszarze $F2$ jonosfery, wydatnie zależą od szerokości geograficznej i pory roku.

Wg Martyna istnieje ogólna tendencja fizyczna burzy zmniejszania średniej gęstości elektronowej na większych szerokościach i zwiększania tej gęstości na mniejszych szerokościach.

W zimie burza ma tendencję do zmniejszania gęstości elektronowych w godzinach rannych i zwiększania jej w godzinach popołudniowych. W lecie natomiast istnieje ogólna tendencja burzy do zmniejszania gęstości elektronowych i powiększania wysokości maksymalnych gęstości.

¹⁾ Np. w J. geoph. Res., dział „Geomagnetic and solar data”.

Powyższe stwierdzenia należy rozpatrywać w zależności od czasu miejscowego, ponieważ wariacja dobową parametrów jonosferycznych S_D jest duża.

Faza wariacji dobowej postępuje w przód na ok. 4 godziny, gdy się przechodzi ze strefy zorzowej do równika. Na przykład na Alasce najmniejsze gęstości elektronowe i największe wysokości zachodzą o 11^h 00^m czasu lokalnego, a w strefie równikowej ok. 07^h 00^m.

Początkowy przejaw burzy jonosferycznej w obszarze $F2$ zależy od czasu lokalnego początku burzy magnetycznej. Jeżeli burza zaczyna się w czasie gdy miejscowa krzywa S_D ($foF2$) przechodzi przez swój najwyższy punkt (np. o 22^h 00^m na umiarkowanej szerokości), to zakłóceniem początkowym jest zmniejszenie $foF2$ [tzn. zmiana fo podąża za tendencją krzywej S_D ($foF2$)].

Przy wznoszącej się krzywej tendencji S_D , np. o 10^h 00^m rozpoczynająca się burza najpierw przejawia się początkowym zwiększeniem $foF2$.

Przyjęcie czasu początku burzy geomagnetycznej za czas początku burzy jonosferycznej doprowadziło do koncepcji składowej wariacji zakłóceń parametrów jonosferycznych w zależności od czasu burzowego, oznaczonej jak w geomagnetyzmie symbolem D_{st} .

Składowa D_{st} wg Martyna i szeregu innych autorów jest to zmiana częstotliwości krytycznej $\Delta foF2$ lub wysokości pozornej $\Delta h'F2$ względem swej średniej miesięcznej w danym miejscu.

Ważnym odkryciem było stwierdzenie, że wariacja składowa czasu burzowego D_{st} jest mała w stosunku do wariacji „słoneczno-dobowej” S_D .

Jonosferyczne D_{st} jest nieodzownym towarzyszem zakłóceń wywołanych w obszarze $F2$ przez S_D jonosferyczne i pod tym względem nie jest podobne do D_{st} geomagnetycznego, które prawdopodobnie pochodzi od oddzielnego układu prądów, leżącego poza atmosferą ziemską [74a].

Wydaje się, że D_{st} ($foF2$) i D_{st} ($h'F2$) odgrywają ważną rolę w rozwoju burz obszaru $F2$, lecz ich zasięg i faza zależy od normalnych warunków niezakłóconych obszaru $F2$, które się zmieniają w różnych porach roku i przy różnych aktywnościach słonecznych [68]. Pogląd ten jest zgodny z wyżej przytoczonymi stwierdzeniami D. Martyna co do ogólnych tendencji rozwojowych burzy jonosferycznej.

Szczegółowe badania na większych szerokościach północnych wykazały [29], że maksymalne depresje gęstości elektronowej w warstwie $F2$ oraz zjawisko zwiększonego tłumienia zachodzą na szerokości geomagnetycznej $\Phi = 60^\circ - 65^\circ N$. Maksymalne depresje gęstości elektronowej rozpościerają się bardziej na południe od wspomnianej szerokości geomagnetycznej na obszarze ok. południka geograficznego $50^\circ W$ i 180° , a maksymalne tłumienia — ok. $80^\circ W$ i 180° .

Zwiększone tłumienia pojawiają się zazwyczaj podczas godzin rannych, a podczas silnej burzy jonosferycznej mogą się utrzymać w sposób ciągły przez kilka dób.

Nasilenie burz jonosferycznych zmniejsza się w okresach przesilenia, szczególnie w czerwcu i zwiększa się w okresach równonocy. Tłumaczy się to tym, że wskutek nachylenia ekliptyki względem równika heliograficznego, w okresach równonocy powstają najbardziej sprzyjające warunki do wpadania korpuskułów do atmosfery ziemskiej. Minimum czerwcowe jest tak wybitne, że utrzymuje się nawet w okresie maksymalnej aktywności słonecznej.

W strefach zórz polarnych objawy burz jonosferycznych występują tak wyraźnie, że nawet stosunkowo słabe burze dają się zidentyfikować bez trudności. Natomiast w obszarach odległych choćby już o 30° lub nawet mniej od strefy zorzy polarnej zjawiska wywoływane przez burze jonosferyczne nie różnią się niekiedy od miejscowych zmian charakterystyk jonosfery z doby na dobę.

W wyniku sondujące stacje jonosferyczne, oddalone więcej niż o kilka stopni od strefy zorzowej, napotykają na trudności przy stwierdzeniu na podstawie swoich jonogramów, czy w danym czasie jest w toku światowa burza jonosferyczna, czy też obserwowane są raczej miejscowe anomalie. Aby móc rozwiązać tego rodzaju wątpliwości, potrzebne są dodatkowe spostrzeżenia co do zachowania się pola geomagnetycznego lub też dane jonosferyczne z innych punktów.

N. W. Miednikowa w obszernej, ostatnio ogłoszonej pracy na temat morfologii zakłóceń jonosferycznych w średnich szerokościach geograficznych [101] uzyskała wyniki różniące się w sposób istotny od podawanych w literaturze. Otrzymane wyniki są odmienne od dotychczas znanych, ponieważ obliczenia statystyczne autorka 1) oparła na własnej klasyfikacji zakłóceń jonosferycznych, 2) uwzględniła zmiany sezonowe częstotliwości krytycznych w ciągu każdego miesiąca i 3) wyodrębniła zakłócenia jonosferyczne bezpośrednio z danych jonosferycznych bez posługiwania się danymi geomagnetycznymi.

Jako podstawowe kryterium wzniecenia jonosfery Miednikowa przyjęła wartość odchylenia krytycznej częstotliwości warstwy F_2 , oznaczonego przez $A_z foF_2$, w danej godzinie, z uwzględnieniem znaku odchylenia, wyrażonego w procentach, od ślizgowej mediany dla tej godziny¹⁾, a nie od mediany miesięcznej, jak to było praktykowane dotychczas.

Przy małych odchyleniach foF_2 , gdy $A_z foF_2 \leq |20\%|$, jonosferę uważa się za spokojną. Podczas okresu jonosferycznie spokojnego mogą często istnieć krótkotrwałe (od 1 do 3 godzin) odchylenia znacznie przekraczające $\pm 20\%$.

¹⁾ Np. dla 10 dób.

Jeżeli $\Delta_z foF2 > |20\%|$ trwa co najmniej pięć godzin, uważa się, że istnieje stan zakłócenia jonosferycznego. Podczas takiego stanu wśród okresów czynnych z dużymi $\Delta_z foF2$ obserwuje się okresy z małymi odchyleniami lub nawet bez takich odchyień.

Ponieważ każde zakłócenie może być scharakteryzowane nie tylko natężeniem (wartość $\Delta_z foF2$), lecz i nasyceniem godzinami aktywnymi, Miednikowa wprowadziła zakłóceniuowy współczynnik nasycenia A :

$$A = \frac{\text{liczba godzin zakłóceniuowo aktywnych}}{\text{liczba godzin całego zakłócenia}}$$

W latach największego natężenia plam słonecznych średnia roczna współczynnika A wynosi 0,75, a w latach najmniejszego natężenia 0,5. Innymi słowy w okresie minimum zaledwie połowa czasu zakłócenia jest aktywna.

Miednikowa podzieliła zakłócenia jonosferyczne na średnich szerokościach geograficznych na kategorie w sposób następujący:

Symbol D_- — jednofazowe ujemne zakłócenia, gdy w ciągu całego czasu zakłóconego $foF2$ w zasadzie są mniejsze od normalnych.

Symbol D_+ — jednofazowe dodatnie zakłócenia, gdy w ciągu całego czasu zakłóconego $foF2$ w zasadzie są większe od normalnych.

Symbol $D_{+,-}$ — dwufazowe zakłócenia, gdy przed zmniejszeniem $foF2$, tzn. przed fazą ujemną, występuje w ciągu kilku godzin — faza dodatnia.

Symbol D_{mix} — zakłócenia mieszane, gdy w ciągu zakłócenia okresy dodatnich i ujemnych odchyień $foF2$ następują po sobie w różnej kolejności.

Miednikowa nie wyraziła opinii, czy zakłócenia $D_{+,-}$ są rodzajem samoistnym czy też stanowią przypadek zbiegu końca zakłócenia dodatniego z początkiem ujemnego.

Okoliczność, że średnie $\Delta_z foF2$ zmniejsza się w miarę trwania zakłócenia, uniemożliwia szacowanie zakłóceń przez przydzielanie im stopni zależnie od średniego odchylenia. Dlatego też Miednikowa zastosowała podział pod względem natężenia zakłóceń jonosferycznych na średnich szerokościach geograficznych na następujące kategorie:

1. Zakłócenia duże, czyli burze jonosferyczne. Są to długotrwałe zakłócenia trwające zazwyczaj ponad dwie doby, podczas których zmniejszenie $\Delta_z foF2$ przekracza 40%. Szczególnie długotrwałe o jednocześnie dużym natężeniu zakłócenia są określane jako bardzo duże burze jonosferyczne.

2. Zakłócenia umiarkowane. Są to takie zakłócenia, których trwanie zazwyczaj nie przekracza jednej — dwóch dób. Wartości maksymalne

Δ_z foF2 są zazwyczaj zawarte pomiędzy 30% a 40%. Do tej kategorii zaliczają się również wszystkie duże zakłócenia dodatnie, ponieważ przy takich zakłóceniach możliwe jest utrzymanie łączności na falach przewidzianych dla dób normalnych.

3. Zakłócenia małe stanowiące wszystkie krótkotrwałe zakłócenia (rzędu 10—20 godzin) przy maksymalnych Δ_z foF2 ok. $\pm 25\%$.

W średnich szerokościach geograficznych w zasadzie obserwuje się zakłócenia ujemne i dodatnie. Procent oraz natężenie zakłóceń D — zwiększa się w latach maksimum, a D — w latach minimum plam słonecznych.

Duże i umiarkowane zakłócenia na średnich szerokościach geograficznych najczęściej bywają rodzaju ujemnego, następnie dodatniego, dwufazowego, a najrzadziej rodzaju mieszanego.

W większości przypadków na wszystkich radzieckich stacjach jonosferycznych rozstawionych w pasie $\varphi = 40^\circ$ — 60° N obserwuje się jeden rodzaj zakłócenia, lecz dość często odmienny rodzaj zakłócenia obserwowany jest na najbardziej północnej lub południowej stacji.

Średnie trwanie zakłóceń zwiększa się ze zmniejszeniem stopnia aktywności słonecznej i podczas minimum plam słonecznych długotrwałość zakłóceń jest 1,5 — 2 razy większa niż podczas maksimum plam. Długotrwałość dużych i umiarkowanych zakłóceń jonosferycznych zależy od pory roku. Najdłuższe zakłócenia występują w zimie. W lecie i podczas równonocy długotrwałość tych zakłóceń jest prawie jednakowa. Słabe zakłócenia nie wykazują sezonowej zależności.

Wydaje się, że z powiększeniem szerokości geomagnetycznej długotrwałość zakłóceń jonosferycznych rodzaju D i D_+ zwiększa się płynnie do szerokości geomagnetycznej, $\Phi = 52^\circ$ — 55° N, po czym zaczyna spadać.

W latach minimum plam słonecznych można stwierdzić, że prawie wszystkie zakłócenia rodzaju D bardzo wyraźnie kończą się w godzinach rannych czasu strefowego. To samo można stwierdzić w latach maksimum plam słonecznych dla zakłóceń rodzaju D_+ .

Miednikowa stwierdziła, że podczas dnia istnieje okres „wzbroniony” powstawania zakłóceń, w ciągu którego zakłócenia powstają bardzo rzadko. Wspomniany okres zależy od słonecznego kąta zenitalnego i budowy warstwy F2.

Okoliczność, że zakłócenia w warstwie F2 nie mogą powstawać w dowolnym czasie, może w znacznym stopniu tłumaczyć częstą niejednoczesność początku powstawania zakłóceń geomagnetycznych i jonosferycznych w różnych punktach, a zwłaszcza — różniących się w długości geograficznej.

Jeżeli w czasie początku okresu wzbronionego nie ma zakłócenia w warstwie F_2 , można liczyć z całą pewnością, że nie będzie zakłócenia do końca okresu wzbronionego.

Okresy wzbronione podane są w tablicy 1.

Dobowy przebieg $\Delta_z foF_2$ jest odbiciem wpływu dwóch czynników na jonosferę podczas zakłóceń, a mianowicie czynnika zakłócającego i normalnego promieniowania falowego Słońca na proces zakłócenia w danym obszarze jonosfery.

Tablica 1

Czas wzbroniony dla początku zakłóceń jonosferycznych
Wg [101]

φ N	Zakłócenia ujemne			Zakłócenia dodatnie		
	zima	równonoc	lato	zima	równonoc	lato
	czas strefowy			czas strefowy		
60	0700—1600	0915—1645	1015—1845	0800—1445	0800—1700	0615—2000
55	0700—1630	0845—1700	0945—1900	0815—1500	0800—1645	0600—2100
50	0645—1700	0830—1715	0900—1930	0800—1545	0745—1700	0530—2030
45	0630—1730	0800—1745	0815—2015	0700—1630	0615—1730	0445—1915
40	0600—1800	0700—1815	0700—2100	0515—1800	0430—1815	0330—1830

Jeżeli się oznaczy tę część $\Delta_z foF_2$, która zależy od czasu, który przeszedł od początku burzy przez D_{st} ($\Delta_z foF_2$), a część zależną od czasu miejscowego doby przez S_D ($\Delta_z foF_2$), wówczas każda poszczególna wartość $\Delta_z foF_2$ będzie równa sumie tych wielkości. Wskutek tego

$$\Delta_z foF_2 = D_{st}(\Delta_z foF_2) + S_D(\Delta_z foF_2).$$

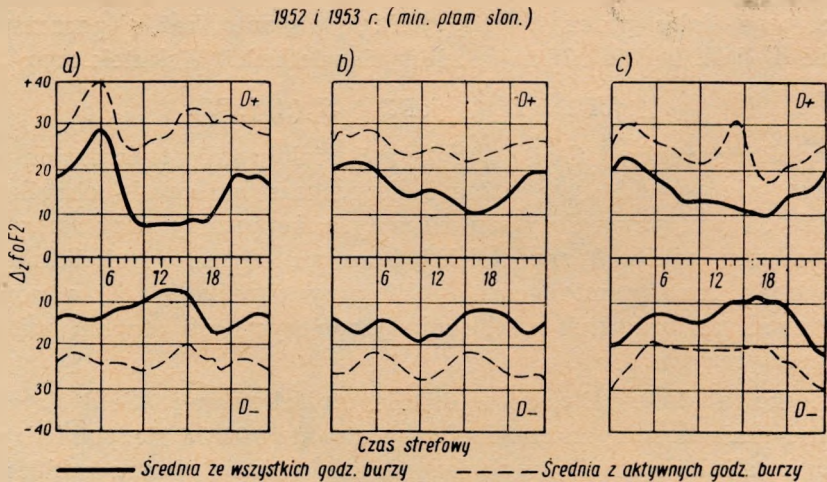
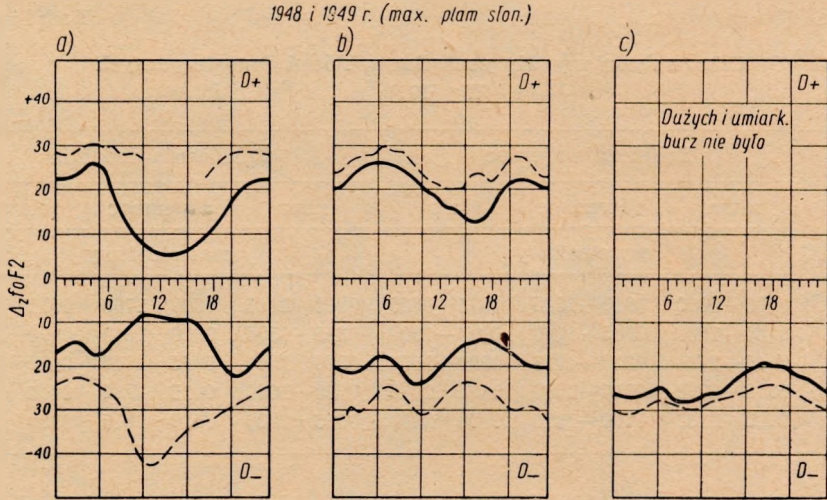
Zagadnienie wariacji S_D i D_{st} było już wielokrotnie traktowane w literaturze, ale wyniki były różne i dotychczas brakowało określonych wniosków. Przyczyny należy szukać w tym, że autorzy przy statystycznym badaniu zakłóceń nie dzielili burz na ujemne i dodatnie, nie uwzględniali zmiany miesięcznej foF_2 przy określaniu Δ_z , a ponadto przyjmowali za wskaźnik zakłócenia jonosferycznego stopień zakłóceń geomagnetycznych.

Miednikowa stwierdziła, że w strefie umiarkowanej ZSRR natężenia dużych i umiarkowanych zakłóceń zbyttno nie różnią się pomiędzy sobą. Gdy zachodzi potrzeba szybkiego przedstawienia obrazu zakłóceń na trasie przebiegającej przez średnie szerokości, można oprzeć się o przebiegi uogólnione.

Średnie przebiegi dobowe natężenia zakłóceń jonosferycznych dla

pasma szerokości geograficznych 40° — 60° N przedstawione są na rysunku. Na osi odciętych odłożony jest czas strefowy, a na osi rzędnych dodatnie i ujemne odchylenia $\Delta_z foF2$ w czasie zakłóceń, w procentach od ich wartości normalnych (mediana ślizgowej). Krzywa ciągła wskazuje średni przebieg dobowy $\Delta_z foF2$ otrzymany ze wszystkich godzin burzy, a krzywa przerywana — tylko z aktywnych godzin burzy.

Rozwój burzy jonosferycznej i powrót jonosfery do stanu normalnego praktycznie zachodzi w sposób nagły. W latach minimum aktywno-



Średnie dobowe zmiany dużych i umiarkowanych ujemnych (poniżej osi odciętych) i dodatnich (powyżej osi odciętych) zakłóceń w zimie (a), równonocy (b) i w lecie (c) w pobliżu maksimum i minimum aktywności słonecznej dla pasa szerokości geograficznych 40° — 60° N. Wg Miednikowej [101]

ści słonecznej nie ma stanu wzniesienia przedzakłóceniewego ani też pozakłóceniewego. Natomiast w latach maksimum aktywności istnieją bardzo słabe stany pozakłóceniewe trwające około dwóch dób oraz zaledwie zauważalne stany przedzakłóceniewe trwające około pół doby przed burzą.

Zupełny lub prawie zupełny brak prawidłowych zmian natężenia zakłóceń jonosferycznych w funkcji czasu, który przeszedł od początku zakłócenia, świadczy o tym, że wariacja zakłóceń D_{st} ($\Delta_z foF2$) jest wielkością stałą od początku do końca zakłócenia.

Na podstawie powyższych spostrzeżeń Miednikowa dochodzi do wniosku, że przy przewidywaniu krytycznych częstotliwości na czas zakłóceń jonosferycznych wystarczy uwzględnianie jedynie zmian dobowego natężenia, tj. $\Delta_z foF2$, dla określonej pory roku, aktywności słonecznej i szerokości geograficznej i nie ma konieczności uwzględniania zmian $\Delta_z foF2$ od początku burzy. Oprócz tego nie ma potrzeby obliczać dobowych zmian $\Delta_z foF2$ oddzielnie dla każdej kolejnej doby burzy.

3. ZAKŁÓCENIA RADIOKOMUNIKACYJNE

Bezpośrednią przyczyną przerw i zakłóceń w połączeniach radiokomunikacyjnych są zakłócenia zachodzące w jonosferze, gdy do atmosfery ziemskiej przychodzi anormalne promieniowanie słoneczne.

Poza zmianami gęstości jonizacji warstw jonosferycznych podczas burzy jonosferycznej zachodzą duże zmiany w wysokościach warstw, przy czym warstwa $F2$ często podnosi się bardzo ponad wysokość normalną. Zmniejszenie częstotliwości krytycznej warstwy $F2$, któremu często towarzyszy wzrost wysokości pozornej, powoduje zmniejszenie maksymalnej częstotliwości użytkowej (MUF) dla transmisji ukośnych wykorzystujących tę warstwę.

Podczas burzy jonosferycznej spostrzegany jest zazwyczaj efekt absorpcji spowodowany przesunięciem aktywności zorzowej ku niższym szerokościom geograficznym i powstaniem tam jonizacji na niskich poziomach atmosfery, poniżej warstwy E , na których częstość zderzeń jonów z molekułami jest duża. Powyższy efekt powoduje zwiększenie najmniejszej częstotliwości użytecznej (LUF).

Wzrost absorpcji powoduje ponadto zmniejszenie natężenia pola sygnałów, co przejawia się przez pozorne zwiększenie zaników i podwyższenie poziomu szumów.

Najbardziej dotknięte pod względem tłumienia są radiokomunikacje, w których odbicie od jonosfery zachodzi na dużej szerokości geograficznej. Radiokomunikacje na trasach, na których odbicie zachodzi na

bardzo małych szerokościach geograficznych, są mniej dotknięte efektem tłumienia.

Warstwa *E* nie ulega znaczniejszym zakłóceniom wskutek burz, z wyjątkiem przypadku, gdy burze te są bardzo silne. Jednak absorpcja na niskich poziomach podczas burzy wpływa w takim stopniu na warunki propagacyjne, że radiokomunikacje za pośrednictwem warstwy *E* stają się niezadowolające.

Zmniejszenie *MUF* i wzrost *LUF* podczas burzy jonosferycznej może spowodować nie tylko zwięźenie, lecz nawet zupełne zdławienie pasma częstotliwości użytecznych i całkowite zniknięcie sygnałów.

Zmiany jonosferyczne następują zazwyczaj zbyt szybko, by mieć większe znaczenie jako prognostyk nadchodzących złych warunków; ponadto początkowe stadium spadku częstotliwości krytycznych nie może być odróżnione od normalnych fluktuacji z doby na dobę, po których nie następuje burza jonosferyczna.

Systematyczne badania absorpcji w dolnych warstwach atmosfery są prowadzone stosunkowo od niedawna i dotychczas nie mamy dowodów, czy w początkowych stadiach burzy zwiększenie absorpcji jest zauważalne. W początkowej fazie burzy jonosferycznej następuje zakłócenie w rozkładzie gęstości elektronowej w jonosferze objawiające się powstawaniem małych obłoków jonizacji o dużej gęstości. Obłoki te stanowią ośrodki rozpraszające fale radiowe, powodując wielodrogowość i pojawienie się ech. Zjawisko to wprowadza duże zniekształcenia sygnałów szczególnie groźne dla szybkiej telegrafii i telefonii.

Zniekształcenia sygnałów nie stanowią jednoznacznego wskaźnika rozwijającej się burzy jonosferycznej, ponieważ podobne zniekształcenia mogą następować również i w okresach jonosferycznie spokojnych.

Wreszcie podczas burzy jonosferycznej pojawiają się zaniki selektywne wskutek bardzo szybkiej zmiany wysokości pozornej z częstotliwością oraz zupełnej niestateczności warstwy *F2*. Z tego powodu wzajemne stosunki fazowe i amplitudowe poszczególnych częstotliwości wstęp bocznych sygnału zostają zmienione, a modulacja zniekształcona. Ponieważ zaniki takie nie są związane wyłącznie z burzami jonosferycznymi, nie mogą więc być pomocne jako prognostyki.

Już podczas ostatniej wojny światowej spostrzeżono, że we wczesnych stadiach burzy jonosferycznej brane w Europie namiary radiostacji leżących w pobliżu północnego bieguna geomagnetycznego ulegają dewiacji ku południowi, stają się błędne i rozmyte [17]. W świetle obecnych poglądów przypisuje się to zjawisko nachyleniu stropu warstw jonosferycznych oraz propagacji pozaortodromowej spowodowanej przez rozproszenia od obłoków jonizacji.

Wcześniejsze i pewniejsze wskazówki o zbliżającej się burzy jonosferycznej dają ukośne sondowania jonosfery za pomocą impulsów, które po załamaniu przez jonosferę padają w odległym punkcie na ziemię, po czym wracają tą samą drogą z powrotem do punktu wyjścia w postaci zwrotnych odbić rozproszeniowych.

Otrzymywane obrazy oscylograficzne tych sygnałów (odbić) wykazują duże różnice z doby na dobę, a ich wrażliwość na zmiany uwarstwienia jonosfery jest tak duża, że łatwo można stwierdzić pierwsze objawy rozpoczynającej się burzy jonosferycznej [24].

Streżąc można stwierdzić, że połączenia radiokomunikacyjne najbardziej północne, pierwsze zdradzają objawy zakłóceń i wczesne spostrzeżenie tych objawów stanowi dość pewne ostrzeżenie, które może być wykorzystane do bardziej południowych tras. Należy jednak podkreślić, że poszczególne połączenia radiokomunikacyjne w różnym stopniu ulegają wpływom tej samej burzy.

Okazało się, że nie tylko rozmycie i dewiacja namiarów ku południowi na trasach północnych daje doskonałe wskazówki o mających nastąpić zakłóceniach radiokomunikacyjnych, ale ponadto jeszcze charakter zaników oraz ogólne zachowanie się sygnałów dają jeszcze wcześniejsze wskazania.

4. BURZE GEOMAGNETYCZNE

Burze geomagnetyczne charakteryzują się dużymi zwykle nieregularnymi zmianami składowych pola geomagnetycznego.

Dla określenia amplitudy zmian składowych magnetycznych stosuje się powszechnie wskaźnik K . Wymieniony wskaźnik jest miarą zakresu zmian (wariacji) zakłócenia w okresie trzygodzinnym najbardziej zakłóconej składowej pola geomagnetycznego. Wskaźnik K jest dziesięciostopniowy (od 0 do 9). Każdy stopień wyraża pewien zakres zmiany indukcji magnetycznej w jednostkach „gamma”¹⁾. Skala tych zakresów jest raz na zawsze wybrana dla danego obserwatorium magnetycznego z kilku skal standardowych, w zależności od szerokości geomagnetycznej.

Burze jonosferyczne dotychczas nie posiadają jeszcze ogólnie przyjętej klasyfikacji, natomiast do oceny burz geomagnetycznych, daw-

¹⁾ gauss = 10^5 γ .

niej i o wiele lepiej poznanych od poprzednich, przyjęła się klasyfikacja podana w tablicy 2 [40].

Z drugiej natomiast strony [25] dolna granica silnej burzy geomagnetycznej została ustalona przez Obserwatorium w Greenwich jako

60' odchylenia wartości deklinacji (D) lub 300 gamma różnicy przy pomiarach natężenia pola składowej poziomej H lub pionowej Z .

Tablica 2

Klasyfikacja burz geomagnetycznych

Stopień burzy	Symbol	Wskaźnik magnetyczny K
Bardzo silna	s	8—9
Silna	m.s.	6—7
Umiarkowana	m	4—5

Prawdopodobieństwo wydarzenia się silnej burzy geomagnetycznej jest proporcjonalne do całkowitej powierzchni plam [69].

Małe burze geomagnetyczne dzielą się na dwie kategorie: o

nagłym początku (SC) i o nieokreślonym początku.

Występowanie burz o nagłym początku dość ściśle pokrywa się z występowaniem średniego cyklu plam słonecznych.

Nasilenie burz o nieokreślonym początku najpierw rośnie wraz z cyklem plam słonecznych, lecz nie wykazuje wyraźnego szczytu podczas maksimum tych plam. Po dwóch latach od tej epoki omawiane burze pozostają na wyższym poziomie niż plamy słoneczne i burze o nagłym początku aż do chwili szybkiego ostatecznego ich spadku do minimum.

Wyżej omówione burze, występujące po przejściu cyklu plam słonecznych przez swoje maksimum, wykazują często dwudziestosiedmiodobową powtarzalność, są skojarzone z zakłóconymi warunkami jonosferycznymi i występują szczególnie na trasach radiowych przechodzących w pobliżu stref zorzowych w okresie, gdy wskutek spadku cyklu plam słonecznych można by się spodziewać raczej warunków spokojniejszych.

Silne burze geomagnetyczne posiadają natomiast w zasadzie nagłe początki.

Burzom geomagnetycznym z reguły towarzyszą anormalne wahania prądów tellurycznych, a niekiedy również zorze polarne na umiarkowanych szerokościach geograficznych oraz wybuchy radiowych promieniowań słonecznych (tzw. wybuchy szumów).

5. 27-DOBOWY CYKL SŁONECZNY

W zmianach natężenia promieniowania słonecznego można wyróżnić zmiany okresowe — o mniej więcej regularnym przebiegu — oraz zmiany nieregularne — nagłe — trudne do przewidzenia. Pomijając

11-letni cykl plam słonecznych¹⁾ do zmian regularnych można zaliczyć zmiany spowodowane obrotem Słońca dookoła swej osi. Synodyczny okres tego obrotu wynosi ok. 27 dób.

Istnieje hipoteza, że na Słońcu są pewne obszary aktywne, wysyłające promienie, które mogą osiągnąć ziemię tylko wówczas, gdy znajdują się w pewnym położeniu na fotosferze. Niektórzy autorzy nazywają te obszary aktywne — obszarami *M*.

Promienie z obszarów *M* osiągając atmosferę ziemską wywołują w niej zakłócenia elektromagnetyczne, objawiające się jako burze magnetyczne, jonosferyczne, zakłócenia radiokomunikacyjne itd.

Jeżeli jakiś obszar *M* spowodował burzę w pewnym dniu, to jeżeli istnieje dostatecznie długo, spowoduje następne burze po 27, 54..... dobach. Doświadczenie wskazuje, że wiele burz zostaje wywołanych przez nowopowstałe obszary aktywne, a istniejące obszary często zanikają, zanim Słońce dokona pełnego obrotu.

Wskutek kulistości Słońca zjawiska na fotosferze mogą być badane jedynie w ciągu 5 dni przed czasem przejścia danego zjawiska, przez centralny południk słoneczny i 5 dni po czasie przejścia tego południka, czyli razem 11 dni, ponieważ w pozostałym czasie przedstawiają się naszym oczom w skrócie przy brzegach tarczy lub też są zupełnie niewidzialne. W konsekwencji zjawisko, które było obserwowane na zachodniej półkuli słonecznej, ukazuje się nam na półkuli wschodniej o 16 dni później, dając tym podstawę do przewidywań na 16 dób lub więcej naprzód, zależnie od tego, które miejsce na tarczy najbardziej sprzyja powstawaniu burz.

Oprócz tego na Słońcu istnieje szereg zjawisk występujących znacznie powyżej fotosfery, dzięki czemu mogą one być obserwowane z ziemi o 2 dni dłużej niż zjawiska na fotosferze. Do zjawisk tych należą promieniowania korony i protuberancje. Jeżeli spostrzegane zjawiska pozwalają zidentyfikować obszary aktywne na powierzchni Słońca, wówczas zjawiska spostrzeżone na wschodnim brzegu Słońca dają podstawę do uprzedzeń krótkoterminowych, nie dłuższych od 4 do 5 dób naprzód, natomiast zjawiska spostrzeżone na zachodnim brzegu Słońca lub na fotosferze na zachód od centralnego południka, stwarzają podstawę do uprzedzeń średnioterminowych co najmniej na 14 dób, lecz częściej na 18 dób naprzód.

Od dłuższego czasu pilnie bada się powiązanie szeregu zjawisk słonecznych z burzami magnetycznymi, jonosferycznymi i zakłóceniami radiokomunikacyjnymi.

1) Ścisłej 22-letni cykl plam słonecznych.

6. PLAMY I RADIOWE PROMIENIOWANIA SŁONECZNE

Aktywność promieniotwórcza Słońca ulega okresowym zmianom, których okres wynosi średnio ok. 11 lat. Towarzyszy temu zmiana liczby plam występujących na tarczy słonecznej. W czasie minimum aktywności liczba plam jest najmniejsza, a w czasie maksimum — największa.

Wyraźny związek w sensie statystycznym został ustalony pomiędzy burzami magnetycznymi a plamami słonecznymi. Powiązanie to objawia się, mówiąc ogólnie, w powiększeniu liczby i natężenia burz geomagnetycznych i towarzyszących im burz jonosferycznych w latach dużej aktywności słonecznej.

Nie każda plama słoneczna powoduje burze magnetyczne lub jonosferyczne, tylko niektóre z nich mają pod tym względem charakter aktywny. Im bliżej środka optycznego tarczy słonecznej znajduje się plama lub grupa plam aktywnych przy przejściu przez centralny południk słoneczny, tym większe jest prawdopodobieństwo burzy geomagnetycznej i jonosferycznej oraz tym silniejsze są zakłócenia radiokomunikacyjne. Zdarza się jednak, że pojawiają się burze jonosferyczne bez widocznego związku z plamami słonecznymi.

Aktywność grupy plam słonecznych może być określona z bezpośrednich obserwacji wizualnych, obserwacji spektrohelijskopowych oraz obserwacji słonecznych promieniowań radiowych. Przy ocenie aktywności grupy plam słonecznych obserwacje spektrohelijskopowe są najbardziej użyteczne, ponieważ wykazują protuberancje, obłoki chromosferyczne, rozbłyski wraz z towarzyszącymi im prędko przemieszczającymi się zjawiskami. Bezpośrednie obserwacje wizualne pozwalają na posegregowanie grup plam słonecznych wg jednej z przyjętych klasyfikacji.

Astronomowie przeważnie używają znanej klasyfikacji Brunnera (Zürich) opartej na przebiegu rozwojowym plam słonecznych.

W tej klasyfikacji plama typu *A* jest stanem początkowym (jednobiegunowym), grupy plam typu *B* do *E* są dalszymi stanami rozwojowymi plam (w postaci dwubiegunowej), a plamy typów *G* do *I* odpowiadają stadium zanikania pozostałej jednobiegunowej plamy przedniej (oznaczanej symbolem *P*).

Klasyfikacja Brunnera przedstawia się następująco:

Typ *A* — mała odosobniona plama lub grupa drobnych plam.

Typ *B* — większa grupa drobnych plam, bez półcienia albo dwubiegunowa grupa małych plam.

Typ *C* — mała lub średnia plama z półcieniem, której towarzyszą drobne plamy tworzące z nią grupę dwubiegunową.

Typ *D* — grupa dwubiegunowa z dwoma lub trzema plamami z półcieniem i kilka drobnych plam pomiędzy nimi.

Typ *E* — wielka grupa z licznymi plamami z półcieniem i znaczną liczbą drobnych plam.

Typ *F* — bardzo duża grupa z bardzo dużymi nieregularnymi plamami z półcieniem i licznymi drobnymi plamami.

Typ *G* — pierwsze stadium zanikania większych grup. Dwie duże plamy z półcieniem, tworzące układ dwubiegunowy lub kilka drobnych plam pomiędzy nimi. Duża plama z półcieniem i małe plamy tworzące z nią układ dwubiegunowy.

Typ *H* — plama duża lub średnia z półcieniem i małymi krótkotrwałymi plamami towarzyszącymi albo szeroka grupa plam średniej wielkości lub małych plam z półcieniem, które powstały z rozpadu jednej większej plamy.

Typ *I* — mała regularna plama z półcieniem albo mała plama z półcieniem (zanikające).

Wyżej wyszczególnione plamy mogą być źródłem silnych słonecznych szumów radiowych (plamy *R*) lub też nie być źródłem zauważalnych szumów radiowych (plamy *Q*).

U. Becker i J. F. Denisse [52] stwierdzili, że w przypadku, gdy formacja złożona z dwóch plam lub dwóch grup plam o podobnym stopniu rozwoju, kategorii *Q*, (którą nazwiemy formacją $2Q$), rozlokowana na tarczy słonecznej symetrycznie względem równika heliograficznego, przechodzi przez centralny południk, wówczas w + 2. lub + 3. dobie po tym przejściu następuje maksimum spadku aktywności geomagnetycznej.

Analogiczne zjawiska następują z niewiele mniejszym prawdopodobieństwem, gdy przez centralny południk przechodzi pojedyncza grupa plam kategorii *Q*, typu *E*, *F*, *G* lub *H*.

Gdy przez centralny południk przechodzi plama kategorii *R* typu *D*, *E*, *F* lub *G*, wówczas istnieje nieco większe niż 50-procentowe prawdopodobieństwo, że nastąpi wzrost aktywności magnetycznej, przy czym maksimum wariacji w tym przypadku przejawia się w + 1., + 2 lub + 3. dobie po tym przejściu.

Przejście przez centralny południk pary plam $2R$, złożonej z dwóch plam *R* o podobnym stopniu rozwoju i rozlokowanych na tarczy słonecznej symetrycznie względem równika heliograficznego, nie wykazuje

wyraźnej korelacji z wariacją aktywności geomagnetycznej. Uzupełniające dane w tym przedmiocie podane zostały w tablicy 3.

Tablica 3

Liczba przypadków w %, gdy średnia międzynarodowa geomagnetyczna liczba charakterystyczna C_i osiąga granice podane w nagłówku

Plamy	$C_i < 0,5$	$C_i < 0,7$	$C_i > 1,0$
2Q	72	87	2
Q	50	75	5
R	19	27	55
Przeciętnie, bez względu na obecność plam	35	57	25

U w a g a: $C_i < 0,5$ doby bardzo spokojne
 $C_i < 0,7$ doby spokojne
 $C_i > 1,0$ burze magn. (S.C.) lub umiarkowana aktywność bez tendencji 27-dobowej

Klasyfikacja plam słonecznych Brunnera nie jest dogodna do celów przewidywać krótkoterminowych zmian jonosfery, ponieważ nie uwzględnia aktywności plam.

Aby zaradzić temu, L. H. Martin usystematyzował plamy słoneczne pod względem aktywności na podstawie ich wyglądu zewnętrznego, stanu rozwoju i ich emisji.

Plamy i grupy plam słonecznych L. H. Martin [39] posegregował na trzy główne rodzaje: pojedyncze plamy (jednobiegunowe), formacje dwuplamowe (dwubiegunowe) i formacje złożone. Powyższe trzy rodzaje grup plam słonecznych mogą być podzielone na szereg odmian, a mianowicie:

a. Plamy pojedyncze (z drobnymi porami lub bez porów)

1. Okrągłe, z regularnym cieniem lub półcieniem, zachowujące niezmienny wygląd przez wiele dób i nie posiadające lub posiadające bardzo małe obszary emisji H_α . Takie plamy są bardzo duże, lecz nie są aktywne.

2. O nieregularnym cieniu oraz półcieniu zmieniającym się w ciągu dnia, ze słabymi lub umiarkowanymi obszarami emisyjny-

mi H_{α} . Aktywność takich plam zwiększa się z wymiarami, przy czym duże plamy są bardzo aktywne.

3. O rozbitych licznych cieniach z nieregularnie prążkowanym półcieniem; mniejsze cienie pojawiają się i znikają, a większe zmniejszają kształt i dzielą się. Nad grupą występują jasne flokuły H_{α} , a w sąsiedztwie — flokuły H — ciemne, często z towarzyszącymi rozbłyskami chromosferycznymi. Plamy tego rodzaju są bardzo aktywne.

b. Formacje dwuplamowe można podzielić na dwa rodzaje, w zależności od tego, czy grupa znajduje się w stanie wzrostu, czy też już ustaliła się.

1. Stan wzrostu charakteryzuje się zazwyczaj oddalającymi się od siebie dwoma jądrami o szybko rosnących wymiarach. We wczesnych stadiach wewnętrzne części oddzielnych jąder są dość regularne w zarysie, a części wewnętrzne są usiane licznymi drobnymi porami znajdującymi się pomiędzy nimi. Taka grupa jest bardzo aktywna i istnieje duże prawdopodobieństwo rozbłysku chromosferycznego. Gdy wzrost oraz ruch maleje i zbliża się do stanu ustabilizowanego, aktywność grupy maleje, lecz prawdopodobieństwo powstania rozbłysku chromosferycznego istnieje nadal.

2. Stan ustalony charakteryzuje się dwoma dużymi lub średnimi plamami o równych w przybliżeniu powierzchniach i o prawie regularnym zarysie, znajdującymi się od siebie w odległości kątowej 10° do 20° , bez lub z nielicznymi porami pośrednimi. Są to mało zmieniające się plamy z wyjątkiem powolnego zmniejszania się obszaru cienia. Grupa taka nie jest aktywna. Pewne dwubiegowe grupy ulegają rozkładowi jeszcze przed ustaleniem się.

c. Formacje złożone obejmują wszystkie rodzaje plam nie mieszczące się w powyższej klasyfikacji i składające się zazwyczaj z nieregularnych układów dużych plam o charakterystykach podobnych, jak podane w punkcie a3. Określenie aktywności nie zawsze jest łatwe. Na ogół można przyjąć, że grupy złożone są bardzo aktywne.

Jednym ze wskaźników aktywności plam słonecznych, jak już było wspomniane, są promieniowania słoneczne (tzw. szumy) o częstotliwościach odpowiadających falom metrowym. Wskaźnik ten jest szczególnie dogodny, ponieważ można go obserwować nawet wówczas, gdy obserwacje wzrokowe nie są możliwe z powodu zachmurzenia.

Wydaje się, że natężenie promieniowania radiowego odbieranego z plam słonecznych jest wprost proporcjonalne do ich aktywności. Jeżeli grupy są bardzo aktywne, to na wysoki, stały poziom szumów na-

łożone są liczne krótkotrwałe wysoki o bardzo dużym natężeniu. Ponadto występują sporadyczne wybuchy promieniowania zbiegające się z rozbłyskami chromosferycznymi, charakteryzujące się przez powolne zwiększanie długości fal [10], [31], [70].

Stwierdzono na przykład, że trwanie promieniowania na fali o długości 1,7 m jest w przybliżeniu takie samo, jak widzialnej plamy słonecznej, natomiast promieniowanie na falach krótszych występuje o wiele dłużej¹⁾.

Słabą stroną metody przewidywań z plam słonecznych jest mimo wszystko nadal brak ścisłej definicji, co należy rozumieć pod aktywną grupą plam słonecznych i jak należy oceniać stopień jej aktywności. Nie ma również zupełnej pewności, czy danej grupie plam przypisuje się właściwy wpływ.

Obserwacje poczynione podczas ostatniego okresu aktywnego cyklu słonecznego²⁾ wykazują godną uwagi zależność pomiędzy wysokami rejestracji odpowiadającymi wybuchom promieniowania słonecznego na 550 MHz a zjawiskami geofizycznymi w jonosferze.

Odkryto również bardzo ważną korelację pomiędzy prędkością wicheru w jonosferze (lub częstością zaników) a wariacjami zakłóceniami pola magnetycznego [25], [28], [80]. Na naszych szerokościach zakłóceniom geomagnetycznym, o wskaźniku $K = 0 \div 1$ odpowiada prędkość wicheru 0—50 m/s. Z powiększeniem się wskaźników K prędkości wicheru zwiększają się proporcjonalnie dotąd, dopóki wskaźnik K nie osiągnie wartości $8 \div 9$, odpowiadającej najsilniejszym burzom geomagnetycznym; prędkość wicheru wówczas jest rzędu 1000 m/s.

Na danej szerokości magnetycznej wartość zakłóceń magnetycznych w jednostkach gamma jest wprost proporcjonalna do prędkości wicherów w obszarze F występujących na tej szerokości [64], [65].

7. TEORIA STRUMIENI KORPUSKULARNYCH, I TEORIA HELIOCENTRYCZNEJ KONFIGURACJI PLANET

Niedawno J. C. Pecker i W. O. Roberts [84] wysunęli nową teorię roboczą słonecznych strumieni korpuskularnych, która ułatwia rozumienie zjawisk i układanie prognoz burz jonosferycznych.

Teoria zakłada, że istnieją dwa różne rodzaje źródeł korpuskułów słonecznych, a mianowicie:

¹⁾ [74], str. 51.

²⁾ l.c., str. 39.

a. Małe wiązki korpuskułów związane z bryzgami chromosferycznymi [spicules]¹⁾ lub granulami fotosferycznymi, rozłożone na całej powierzchni słonecznej w postaci subtelnej siatki. Wiązki te, przy braku pól odchylających, wysyłają radialnie strumienie korpuskułów we wszystkich kierunkach. Wspomniane strumienie istnieją stale, niezależnie od poziomu aktywności słonecznej, a ich korpuskuły składają się głównie z protonów i elektronów tworzących strumienie w swej całości elektrycznie obojętne.

b. Większe nieregularne strumienie jonów związane z aktywnymi obszarami i prawdopodobnie najintensywniejsze w czasie rozbłysków chromosferycznych. Takie strumienie są zawsze związane z ośrodkami aktywnymi na Słońcu, lecz prawdopodobnie nie wszystkie ośrodki posiadają stale silne strumienie tego typu. Ponadto w strumieniach tych istnieje prawdopodobnie duża dyspersja prędkości i energii cząstek.

Gdy na Słońcu brak jest ośrodków aktywnych, emisja korpuskularna jest ograniczona do strumieni pierwszego rodzaju, przy czym wskutek ich równomiernej populacji w płaszczyźnie równikowej nie powodują one zmian na Ziemi wskutek obrotu Słońca.

Jeżeli założymy, że istniejący na Słońcu ośrodek aktywny posiada pole odchylające jony, to pole takie zakłóci jednorodny rozkład przestrzenny korpuskułów w płaszczyźnie równikowej tworząc obszar niedoboru jonów naprzeciw ośrodka. Powstaje więc nad ośrodkiem aktywnym stożek wzbroniony dla tych jonów o rozwartości katowej 4 do 6 dób ziemskich. Przy tworzących tego stożka powstaje zwiększenie gęstości jonowej. Gdy jony osiągają odległość rzędu promienia słonecznego, zostają utrzymane w samoogniskujących się wiązках. Dla tego też na Ziemi wskutek obrotu Słońca powstają dwa okresy wyższej od średniej aktywności geomagnetycznej przedzielone kilkoma o mniejszych zakłóceniami.

Omawiana teoria zakłada, że kąt rozwarcia stożka wzbronionego zmienia się z historią ośrodka aktywnego. Kąt ten jest mniejszy na początku i końcu oraz duży w środku czasu istnienia odpowiedniego obszaru aktywnego, który będziemy identyfikować ze wspomnianym już poprzednio hipotetycznym obszarem *M*.

Skoncentrowane wytryski z ośrodków aktywnych są często bardzo silne i zmienne w czasie. Ich korpuskuły posiadają większe prędkości niż korpuskuły pierwszego rodzaju, a ich zdolność przerywania się przez pole jest również znacznie większa. Korpuskuły wytrysków wypełniają ponadto stożek wzbroniony.

1) Zwane również ostrzami lub ostrkami.

Jony omawianego rodzaju wywołują największe burze geomagnetyczne oraz większość nie powtarzających się burz, szczególnie częstych podczas okresów dużej aktywności słonecznej. Jony te wywołują maksimum zjawisk na Ziemi po czasie ok. jednej doby od przejścia odpowiednich obszarów przez południk centralny.

Burze geomagnetyczne wywołane przez obszary *M* zachodzą wówczas, gdy Słońce jest raczej spokojne i gdy istnieją ośrodki aktywne z polami odchyłającymi, lecz bez intensywnej produkcji jonów.

W miesiącach marcu i wrześniu istnieje znana tendencja wzrostu intensywności zórz i burz geomagnetycznych — szczególnie typu powtarzającego się, czyli sekwencji *M*. Tłumaczy się to tym, że szerokość heliograficzna Ziemi zmienia się w granicach od $7,2^{\circ}\text{N}$ do $7,2^{\circ}\text{S}$ w okresie od ok. 7 września do ok. 5 marca. Wskutek tego widzimy z Ziemi maksimum powierzchni słonecznej półkuli północnej we wrześniu, a półkuli południowej w marcu. Minimum aktywności geomagnetycznej wydaje się zachodzić wówczas, gdy Ziemia przechodzi przez równik słoneczny. Ponadto wydaje się również, że korpuskuły łatwiej osiągną Ziemię, gdy jest ona najbardziej odchyłona od płaszczyzny równika słonecznego.

Uważa się obecnie, że obszary *M* wywołujące zakłócenia geomagnetyczne koincydują z dużymi i długotrwałymi potokami koronowymi, które są dostrzegalne w białym świetle [26] podczas pełnego zaćmienia.

Te potoki pochodzą wyłącznie z obszarów, w których nie występuje aktywność chromosferyczna i koronowa, przy czym obszary te są często siedzibą dużych i stałych włókien (filaments). Obszary te wykazują praktycznie bez wyjątku natężenie promieniowania zielonej linii koronowej 5303 Å poniżej średniej. Gdy taki obszar przechodzi wschodni brzeg Słońca i znajduje się z tej samej strony równika słonecznego co i Ziemia, można po 8 do 9 dobach spodziewać się burzy magnetycznej typu powtarzającego się. Jednak ciemny obszar korony niekoniecznie stanowi obszar *M*. Można więc badać jaskrawość zielonej linii koronowej na wschodnim brzegu Słońca dla stwierdzenia, czy 27-dobowe następstwo zakłóceń *M* będzie zachodzić w dalszym ciągu. Jeżeli na 10 dob przed przypuszczalnym powtórzeniem się zakłóceń *M* jaskrawość zielonej linii jest mała, dalszy ciąg sekwencji jest bardzo prawdopodobny, natomiast przy jaskrawej linii istnieje prawdopodobieństwo, że następstwo będzie przerwane.

A. Arzinger, H. E. Hallborg i J. H. Nelson [9] opracowali metodę przewidywania zakłóceń radiokomunikacyjnych, w której decydującym czynnikiem określającym wpływ plam słonecznych na radiokomunikacje jest obok ustroju i biegunowości magnetycznej plam ich położenie

na fotosferze. Według wymienionych autorów szkodliwy wpływ na światowe radiokomunikacje występuje wówczas, gdy plamy znajdują się w krytycznym obszarze o promieniu ok. 26° od środka optycznego heliosfery na jej wschodniej półkuli. Początek i koniec zakłóceń radiokomunikacyjnych na połączeniach dalekosiężnych zbiega się ich zdaniem z wejściem i wyjściem aktywnej plamy z obszaru krytycznego.

Powyższa metoda spotkała się ze sceptycyzmem, ponieważ nie można było jej pogodzić z ustaloną wówczas statystyczną zależnością pomiędzy przechodzeniem plam przez centralny południk a zwiększeniem magnetycznej aktywności nie przed, lecz po przejściu przez ten południk.

Omówiona poprzednio teoria J. C. Peckera i W. O. Robertsa [84] odnosząca się do słonecznych strumieni korpuskularnych daje obecnie teoretyczne uzasadnienie zakłóceń występujących jeszcze przed przejściem aktywnej grupy plam słonecznych przez centralny południk.

Kilka lat temu J. H. Nelson [21], [30] zwrócił uwagę na korelację pewnych heliocentrycznych konfiguracji planet z zakłóceniami radiokomunikacyjnymi na liniach transatlantyckich.

J. H. Nelson zauważył pogorszenie jakości odbioru, gdy zachodzi tzw. „wielokrotna konfiguracja”, to jest gdy:

a) dwie planety znajdują się względem siebie w kącie heliocentrycznym 0° , a trzecia planeta w kącie 90° lub 180° względem nich,

b) dwie planety znajdują się względem siebie w kącie heliocentrycznym 180° , a trzecia w kącie 90° względem każdej z nich,

c) trzy planety znajdują się względem siebie w kącie heliocentrycznym 0° .

Niektóre wielokrotne konfiguracje trwają kilka godzin i ma im towarzyszyć raptowne silne pogorszenie jakości sygnałów. Inne wielokrotności trwają po kilka dób powodując zakłócenie ogólnych warunków odbioru w ciągu tego czasu.

Konfiguracje pomiędzy powolnymi planetami, jak Jupiter, Saturn i Uran mają posiadać wpływy długoterminowe i mają decydować o poziomie radiokomunikacji przez dłuższy okres czasu.

Powyższy pogląd nie znalazł uznania i nie wzbudził szerszego zainteresowania. Wysunięte zostały twierdzenia, że masa planet w stosunku do masy Słońca jest zbyt mała, aby zjawisko grawitacji mogło wyrzucić jakiś zauważalny wpływ na główną składową cyklu słonecznego, i że przyczyny występowania plam należy szukać wewnątrz Słońca [50]. Ostatnio jednak zagadnienie ponownie nabrało aktualności w związku z pracą S. J. Nilo Arriaga [76], który zanalizował okresy

aktywności słonecznej za ostatnie 90 lat. Stwierdził on, że wszystkie maksima aktywności słonecznej zbiegają się w przybliżeniu z czasem, gdy trzy środki ciężkości (Jupiter-Saturn, Uran-Neptun i środek wypadkowy) są w koniunkcji ze środkiem Słońca. Z ośmiu minimów należących do tego samego okresu sześć przypada na czas, gdy środki ciężkości Jupiter-Saturn i Uran-Neptun są w kwadraturze względem Słońca; pozostałe dwa minima przypadały na takie same warunki, jak maksima aktywności. Jeżeli poza tymi przypadkami wypada koniunkcja, pojawia się znaczny wzrost aktywności Słońca.

Nilo Arriaga nie wysuwa żadnej teorii co do istoty mechanizmu aktywności słońca, sądzi natomiast, że przyszła hipoteza powinna uwzględniać, między innymi, następujące założenia:

- 1) układ planetarny wywołuje zjawisko pływów na powierzchni Słońca,
- 2) podczas minimów aktywności słonecznej istnieje rezonans pomiędzy falą pływową i obrotem Słońca,
- 3) czas potrzebny do wydarzenia się wspomnianego rezonansu stanowi okres 11,5 lat,
- 4) wyjście z tego rezonansu jest przyczyną wzrostu aktywności słonecznej.

Powyższa praca Nilo Arriaga nie tłumaczy zjawiska aktywności słonecznej, zwraca natomiast uwagę na pewne fakty, które — jeżeli znajdą dalsze potwierdzenie eksperymentalne — mogą się stać wielce użyteczne przy formułowaniu prognoz.

Różne odstępy czasu występujące pomiędzy prekursorem na Słońcu a samym zjawiskiem w postaci burzy geomagnetycznej i jonosferycznej przypisywano różnej prędkości korpuskułów wysyłanych przez Słońce. Ten nie ustalony czas przebiegu waha się z niewiadomych powodów w granicach, które jest trudno ściśle ustalić i które z grubsza wynoszą od 24 do 64 godz. wykazując dużą dyspersję.

Dla uzasadnienia omawianego zjawiska wysunięta została ostatnio teoria [95] oparta na założeniu, że Słońce jest źródłem energii dostarczanej do górnej atmosfery ziemskiej, w której panuje rodzaj mechanizmu relaksacyjnego. Pobierając energię słoneczną w różnych ilościach i z różną szybkością, zależnie od panujących warunków, wspomniany mechanizm relaksacyjny wywołuje zakłócenie geomagnetyczne w odpowiednio różnym odstępie czasu. Przyjmując taką koncepcję opóźnienie burzy jonosferycznej od prekursora słonecznego nie może więc już być wiązane tylko z prędkością przebiegu wysyłanych ze Słońca korpuskułów.

8. ROZBŁYSKI CHROMOSFERYCZNE

Wiadomo, że niektóre zjawiska słoneczne, dostrzegane jako wielkie powierzchnie (flokuly) wodorowe, aktywne plamy słoneczne, nagłe emisje promieniowań radioelektrycznych, są w sposób ogólny związane z pojawieniem się zakłóconych warunków jonosferycznych. Niestety korelacje te nie są wystarczająco ścisłe, aby można było przyjąć wymienione zjawiska za zwiastuny pewne. Przeszkodą do dalszych poszukiwań jest brak dostatecznych wiadomości o fizycznych procesach zachodzących w atmosferze słonecznej.

Rozbłyski chromosferyczne są to wywołane wybuchami ruchy gazów na brzegach plam słonecznych połączone z wielką emisją światła, szczególnie ultrafioletowego.

Promienie ultrafioletowego światła rozbłysku biegną z prędkością światła ze Słońca do jonosfery ziemskiej osiągając ją w ciągu 8 minut. Taki wybuch promieniowania Słońca zwiększa w sposób raptowny jonizację warstwy jonosferycznej *D* i wydaje się być przyczyną nagłych zaników powszechnych (Mögel-Dellingerera). Na szczęście zaniki te trwają zaledwie 20 min lub 30 min i nigdy nie dłużej niż 2 lub 3 godziny. Zjawisko występuje nagle w całym widmie częstotliwości fal krótkich na oświetlonej części trasy radiowej, natomiast powrót do normalnych warunków następuje stopniowo poczynając od większych częstotliwości.

Wskutek raptownej jonizacji w warstwie *D* powstają prądy, które wywołują zakłócenia geomagnetyczne przejawiające się na taśmach rejestracji magnetycznej tzw. haczykami. Haczyki takie z reguły towarzyszą rozbłyskom chromosferycznym.

Ponadto raptownemu zanikowi powszechnemu towarzyszy zwiększenie częstotliwości krytycznej warstwy *E*, które trwa znacznie dłużej niżby to wynikało z przebiegu tego zaniku. Wg [102] cofanie się zakłócenia gęstości elektronowej następuje głównie dzięki powolnemu spadkowi promieniowania jonizującego, a w mniejszym stopniu wskutek rekombinacji jonów i elektronów.

Podczas rozbłysku świecąca materia na Słońcu zostaje wyrzucona daleko do chromosfery i — jak się przypuszcza — w przestrzeń międzyplanetarną zostaje wysłane promieniowanie korpuskularne protonów i elektronów ze średnią prędkością 1600 km/s. Promieniowanie to opuszcza Słońce stożkowo i po 20 lub 30 godz w sprzyjających okolicznościach może wpaść do jonosfery i przeniknąć do wysokości kilkudziesięciu kilometrów od powierzchni morza.

Gdy obłok korpuskularny zbliża się do Ziemi, powstają wskutek po-

jawienia się interferencji i dodatkowych pól magnetycznych wahania pola geomagnetycznego. Przy wejściu do atmosfery ziemskiej promieniowanie korpuskularne wywołuje prądy jonosferyczne i zakłócenia geomagnetyczne, zorze polarne oraz zmiany w jonosferze w postaci burz jonosferycznych na dziennej i nocnej półkuli. Propagacja fal jest wówczas silnie zakłócona, szczególnie na trasach przechodzących przez strefy zorzy polarnej.

Podczas rozbłysku chromosferycznego następuje ponadto raptowne zwiększenie promieniowania kosmicznego pochodzenia słonecznego. Promieniowanie to przebywa drogę do Ziemi z prędkością zbliżoną do prędkości światła, przenika atmosferę do samej powierzchni Ziemi i częściowo osiąga nawet strefę równikową.

Energia promieniowania kosmicznego leży w zakresie od 1 do 100 GeV¹). W promieniowaniu tym rozróżnia się składową jonizującą i składową jądrową. Pomiar pierwszej składowej nie następuje trudności i przeprowadza się obecnie w sposób systematyczny za pomocą komór jonizacyjnych i urządzeń licznikowych. Ostatnio wykazano, że omawiane promieniowanie może być również bezpośrednią przyczyną ziemskich zakłóceń elektromagnetycznych [98].

Biorąc pod uwagę, że zwiększenie słonecznego promieniowania kosmicznego wyprzedza promieniowanie korpuskularne rozbłysków chromosferycznych i daje się rejestrować oraz dozorować, zaczęto pilnie badać jego przydatność jako prekursora burz jonosferycznych. Zagadnienie jest otwarte i wymaga szczegółowych badań.

P. Simon [95] zbadał statystycznie aktywność geomagnetyczną związaną z rozbłyskiem o dużym natężeniu (stopień 3 i plus 3) i wykazał, że rozbłyski powstałe przy plamach radiowo aktywnych są związane ze zwiększeniem aktywności geomagnetycznej niezależnie od ich położenia na tarczy słonecznej. Aktywność objawiająca się w dobie rozbłysku występuje w naszych szerokościach z małą amplitudą i nie należy do typu o nagłym początku, który można obserwować w dobach otaczających doby niektórych innych rozbłysków. Odwrotnie, aktywność geomagnetyczna o nagłym początku wydaje się być raczej związaną z przejściem na tarczy słonecznej plam typu R.

Zagadnienie powstawania burzy geomagnetycznej w związku z rozbłyskiem chromosferycznym jest otwarte. I tak np. według badań statystycznych R. A. Watsona [103] wynika, że powstanie znacznego zakłócenia geomagnetycznego w ciągu 72 godzin po rozbłysku jest wydarzeniem rzadkim i przypadkowym. Wspomniany autor jest zdania, że dotychczasowe poglądy o ścisłym powiązaniu pomiędzy rozbłyskiem

1) Gigaelektronowolt = 10⁹ eV.

a burzą geomagnetyczną, jakoby następującą w jakieś 40 godzin później, powstały wskutek zbyt szczupłego i selektywnie dobranego materiału wykorzystanego do poprzednich analiz.

C. A. Shain i A. P. Mitra [72] stwierdzili, że w ok. 40 godz po niektórych rozbłyskach chromosferycznych klasy 3 wzrasta absorpcja radiowych szumów galaktycznych na okres rzędu 10 godzin nawet w tym przypadku, jeżeli pole geomagnetyczne nie jest wydatnie zakłócone. Zjawisko było obserwowane na częstotliwości 18,3 MHz i zasługuje na bliższe badania, gdyż może rzucić dalsze światło na zakłócenia geomagnetyczne i jonosferyczne związane z rozbłyskami.

Brak ścisłej korelacji [23], [91], trudność ciągłego dozoruowania pojawiania się erupcji słonecznych i okoliczności, że nie istnieje żadna inna metoda poznania, czy wydarzyła się emisja korpuskularna lub też czy zajdzie ona w najbliższej przyszłości, powodują, że nie można obecnie do prognoz wykorzystać w pełni zjawiska rozbłysków. Jest możliwe, że obserwacja radiowych szumów słonecznych występujących na pewnych częstotliwościach oraz rejestracja promieniowania kosmicznego dostarczą w przyszłości danych, które w sposób użyteczny uzupełnią dane uzyskiwane z wizualnych obserwacji wybuchów słonecznych.

Pomimo że nie wykryto również zadowalającej podstawy do przewidywania zakłóceń pochodzących od rozbłysków chromosferycznych, jednak doświadczeni obserwatorzy słoneczni są zdolni wg L. H. Martina [39], do sformułowania wiarygodnych do pewnego stopnia prognoz. Każdej aktywnej grupie plam słonecznych może towarzyszyć rozbłysk, a możliwość tego wydarzenia może być oceniona przez wymiary, szybkość wzrostu, złożoność, szczybel rozwoju, poprzednią historię, rozkład biegunowości magnetycznej i wygląd aktywnej grupy lub też plamy. Prawdopodobieństwo wydarzenia się zaniku Dellingera jest niewielkie podczas okresu minimum plam słonecznych, lecz gdy widoczne są duże, aktywne i złożone grupy plam, możliwość występowania zaniku staje się duża.

Do celów przewidywań można podzielić dni na trzy kategorie, a mianowicie:

- 1) w których nagłe zaniki powszechne są nieprawdopodobne,
- 2) w których nagłe zaniki powszechne są możliwe,
- 3) w których nagłe zaniki powszechne są bardziej prawdopodobne.

Przy dokonywaniu prognoz w oparciu o powyższe zasady przez doświadczonego obserwatora słonecznego prawdopodobieństwo zaniku w ciągu dnia powinno wynosić w przybliżeniu 1/100, 1/20 i 1/4 odpowiednio dla każdej z powyższych kategorii.

Omawiane zakłócenia bywają często wyprzedzane w czasie przez wysoki szumów słonecznych, a ponadto daje się zazwyczaj obserwować w dzień poprzedzający dzień zaniku wzrost częstotliwości krytycznej warstwy jonosferycznej F_2 .

Mimo braku korelacji można się spodziewać, że „raptowny początek” burzy geomagnetycznej następuje jakieś 40 godz. po wydarzeniu się rozbłysku chromosferycznego. Natomiast burza jonosferyczna jakieś 55 godz. po rozbłysku. Czas ten zależy od czasu lokalnego początku burzy geomagnetycznej.

Jak już zaznaczyliśmy, istnieje wiele wyjątków od tej reguły. Niemniej jednak nawet takie powiązanie stanowi dość pewną podstawę prognozy burzy jonosferycznej w połączeniu z innymi obserwowanymi zjawiskami.

Do prognoz krótkoterminowych — na kilka godzin naprzód — wykorzystuje się w dużym stopniu tendencję opóźniania się fazy depresji częstotliwości krytycznej względem aktywności geomagnetycznej. Ostrość zakłócenia może być oszacowana, nawet przy mniejszych burzach na wiele godzin naprzód, z przebiegu aktywności geomagnetycznej. W ten sposób wykorzystuje się tendencję opóźniania się zakłóceń radiokomunikacyjnych względem początkowego zakłócenia jonosferycznego przejawiającego się w postaci anormalności w jonogramach.

Przy stosowaniu powyższej techniki bardzo cenne są wczesne wiadomości stacji jonosferycznych na dużych szerokościach. Potrzebne są ciągle sondowania jonosfery, aby w porę wykryć i śledzić rozwój anormalności, co pociąga za sobą konieczność ciągłej czujności służby jonosferycznej.

9. AKTYWNOŚĆ GEOMAGNETYCZNA JAKO PREKURSOR ZAKŁÓCEŃ JONOSFERYCZNYCH

G. Lange-Hesse [61], [81], [90] zbadał statystycznie, jak aktywność geomagnetyczna mierzona w jednym miejscu [obserwatorium Wingst $\Phi = 54,5^\circ$; $\Lambda = 94^\circ$ ¹⁾] podczas 24-godzinnego okresu od 06^h 00^m do 06^h 00^m TU i wyrażona za pomocą równoważnej amplitudy dobowej A_k (06^h ÷ 06^h) jest związana z południowymi wartościami częstotliwości krytycznej foF_2 obserwatoriów środkowo-europejskich.

Równoważna amplituda dobowa A_k , utworzona w znany sposób z ośmiu trzygodzinnych wskaźników K , charakteryzuje dwudziestoczte-

¹⁾ We współrzędnych geomagnetycznych.

rogodzinne wzniecenie geomagnetyczne i wyraża się w jednostkach 2γ ($10^5\gamma = 1$ gaus).

Południowa wartość częstotliwości krytycznej jest średnią obliczoną z pięciu wartości charakterystycznych dla stanu jonosfery podczas dnia pomierzonych od 10^h do 14^h . Do porównań nie użyto powyższej wartości południowej, lecz jej odchylenie $\Delta(1 \div 27) foF2$ od ślizgowej wartości środkowej (mediany) obliczonej ze średnich wartości południowych dla 27-dobowego okresu.

Wartości A_k dla okresu od 06^h do 06^h czasu uniwersalnego okazały się najodpowiedniejszym i najdogodniejszym wskaźnikiem dziennej depresji częstotliwości krytycznej.

Wartości A_k ($06^h \div 06^h$) ≥ 25 można z dużym prawdopodobieństwem uważać za zwiastuny burzy jonosferycznej w nadchodzącym dniu, powodującej pogorszenie się warunków propagacji jonosferycznej.

Powyższe twierdzenie jest jednak niesłuszne dla szerokości geomagnetycznych mniejszych od $\Phi = 55^\circ$ N w zimowych okresach lat bliższych do minimum plam słonecznych.

Wszystkie doby z $A_k \geq 25$ są geomagnetycznie wzniecone, natomiast doby z $A_k \leq 17$ są geomagnetycznie spokojne.

Prawdopodobieństwo wydarzenia się burzy jonosferycznej jest identyczne z procentową liczbą dni, w których $\Delta(1 \div 27) foF2 \leq -5\%$.

Przy $A_k \geq 25$ średnie odchylenie wynosi właśnie $\Delta(1 \div 27) foF2 \leq -5\%$, a przy $A_k \leq 17$ średnie odchylenie jest równe zeru lub jest dodatnie.

Wartość bezwzględna odchyłeń ujemnych wykazuje na ogół tendencję wzrostu z powiększającą się aktywnością geomagnetyczną. Wartość bezwzględna odchyłeń dodatnich i ujemnych zmniejsza się z obniżeniem szerokości geomagnetycznej.

Prawdopodobieństwo burzy jonosferycznej po aktywności geomagnetycznej $A_k \geq 25$ zmniejsza się z szerokością geomagnetyczną, pozostaje jednak większe od 50%.

Prawdopodobieństwo wydarzenia się burzy jonosferycznej w następnym dniu po bardzo małych wartościach aktywności geomagnetycznej $A_k \leq 5$ jest bardzo małe.

Prawdopodobieństwo niewydarzenia się burzy jonosferycznej przy aktywności geomagnetycznej $A_k \leq 14$ leży pomiędzy 75% a 85% podczas lat w pobliżu maksimum plam słonecznych oraz osiąga 80% do 95% podczas lat w pobliżu minimum plam słonecznych.

Prawdopodobieństwo wydarzenia się burzy jonosferycznej przy $A_k \geq 25$ w latach pobliskich tym, w których występuje maksimum plam słonecznych, jest zasadniczo większe ($70 \div 75\%$) niż podczas lat

pobliskich do minimum plam ($60 \div 65\%$), wyłączając zimę oraz lato na szerokości geomagnetycznej $\Phi = 50^\circ$.

Po dobie zakłóconej geomagnetycznie, którą wyprzedza co najmniej jedna lub więcej dób spokojnych, prawdopodobieństwo wydarzenia się burzy jonosferycznej jest nieco większe niż podczas dowolnej doby zakłóconej, a następujące depresje $foF2$ są średnio silniejsze niż po dowolnej dobie zakłóconej. Pod dowolną dobą zakłóconą należy rozumieć każdą dobę zakłóconą, niezależnie od tego, czy jest ona poprzedzona przez doby spokojne lub zakłócone.

Instytut Geofizyki Czechosłowackiej Akademii Nauk ustalił związek pomiędzy codobową sumą wskaźników geomagnetycznych K a współczynnikiem charakteryzującym stan warstwy $F2$ podczas określonych dób [94].

Krótkoterminowe zmiany częstotliwości krytycznej warstwy $F2$ przejawiające się podczas dób zakłóconych lub burz jonosferycznych mogą być wyrażone przez współczynnik $U(t)$ określony wyrażeniem:

$$U(t) = \frac{fo^2F2(t)}{f'o^2F2(t)}$$

w którym:

$foF2(t)$ jest wartością aktualną częstotliwości krytycznej warstwy $F2$ w czasie t rozpatrywanej doby,

$f'oF2(t)$ jest miesięczną wartością środkową (medianą) powyższej wielkości.

Wartość $U(t)$ jest bliska jedności podczas dób jonosferycznie spokojnych. W innych przypadkach $U(t)$ może się jednak znacznie różnić od jedności, przy czym podczas dodatniej fazy burzy jonosferycznej jest większa, a podczas fazy ujemnej jest mniejsza od jedności.

Każda doba jest więc scharakteryzowana przez medianę wszystkich wartości godzinnych współczynnika $U(t)$. Zbadano zależność pomiędzy codobową sumą wskaźników geomagnetycznych K a wspomnianą codobową medianą dla tej samej doby i kilku dób poprzedzających i następujących. Znalaziono następującą zależność:

$$U' \approx 0,009 An + 1,20 \quad (n = 1, 2)$$

w której:

U' — wartość codobowej mediany wartości godzinnych $U(t)$,

A — codobowa suma wskaźników geomagnetycznych K ,

n — liczba dób, które upłynęły od doby, dla której obliczono wielkość A , do doby, której odpowiada wartość U' .

Prawdopodobieństwo trafności określenia U' na podstawie powyższego wyrażenia jest największe, gdy $n = 2$.

Stwierdzono, że włókna (filamenty) słoneczne odgrywają znaczną rolę w krótkoterminowych przewidywaniach warunków jonosferycznych opartych na przytoczonym wzorze.

10. ZASADY UKŁADANIA PRZEWIDYWAŃ

Zakładając, że natężenie strumienia korpuskularnego osiagającego Ziemię jest wprost proporcjonalne do aktywności grupy plam słonecznych i odległości kątowej plam od środka tarczy słonecznej, można przewidzieć prawdopodobne natężenie burzy jonosferycznej.

Przewidywania burz jonosferycznych z obserwacji słonecznych stawiane są zazwyczaj na 7 do 10 dób naprzód przez ocenę stopnia aktywności grupy plam słonecznych w czasie przejścia centralnego południka. Takie prognozy są dość dokładne, lecz czasem wymagają modyfikacji w świetle późniejszych wiadomości.

Natężenie szumów na falach metrowych odbieranych z aktywnej grupy plam słonecznych osiąga szczyty, gdy grupa przechodzi w poprzek centralnego południka słonecznego, a burza jonosferyczna zazwyczaj następuje jedną lub dwie doby po tym wysoku szumów.

Ponieważ początkowe stadium burzy jonosferycznej pojawia się przede wszystkim w strefach zorzowych, anormalne zachowanie się połączeń radiowych przechodzących poprzez lub w pobliżu tych stref daje wczesne uprzedzenie o najściu burzy na niższych szerokościach, przy czym szybkość pozornej propagacji burzy wynosi ok. 300 km/h. Anormalne zachowanie się połączeń radiowych w tych przypadkach było już przez nas szczegółowo omówione i wszystkie występujące objawy są szeroko wykorzystywane do prognoz krótkoterminowych jako cenny czynnik potwierdzający.

Ważną okolicznością dla służby przewidywań jest fakt, że burza jonosferyczna na wyższych szerokościach jest poprzedzana zazwyczaj przez wyraźnie zdefiniowane zakłócenie jonosferyczne o krótkim czasie trwania (od 30 min do 90 min), zachodzące ok. 18 godz przed wydarzeniem się burzy wysokoszerokościowej, dając przez to znacznie wcześniejsze informacje o możliwości burz na niższych szerokościach.

Podczas narastania plam słonecznych i w okresie ich maksimum burze geomagnetyczne, przeważnie o nagłym początku, są najsilniejsze i najczęstsze. Geomagnetyczne i jonosferyczne burze podczas tego okresu związane są najczęściej z pewnymi plamami słonecznymi i zazwyczaj zachodzą w czasie 24 godz do 64 godz po przejściu aktywnej grupy plam przez centralny południk słoneczny. Okoliczność ta stanowi

podstawę do przewidywań burz jonosferycznych podczas okresów powiększającej się i dużej aktywności słonecznej. Dwudziestosiedmiodobowa powtarzalność zjawisk w tym okresie jest mało zaznaczona i nie jest dostatecznie pewna, aby sama stanowiła podstawę do przewidywań burz. Prognoza burzowa oparta na wyżej podanym założeniu zyskuje na pewności, gdy jest potwierdzona przez zachowanie się pola geomagnetycznego, anomalie w jonosferze i zakłócenia radiokomunikacyjne na połączeniach przechodzących przez strefę zorzy polarnej. Czas wydarzenia się większej burzy na wysokich szerokościach może być przyjęty jako 18 godz po czasie szczytu krótkotrwałego zakłócenia jonosferycznego.

Podczas ostatniej części cyklu plam słonecznych i podczas minimum plam burze geomagnetyczne i jonosferyczne wydarzają się również, mimo że często brak jest plam lub innych zauważalnych zjawisk na tarczy słonecznej. Burze w tym okresie, przeważnie o nieokreślonym początku, zazwyczaj nie są tak silne w swoich geomagnetycznych i jonosferycznych przejawach, jak wielkie burze zachodzące podczas okresów dużej aktywności słonecznej. Natomiast przerywają one radiokomunikacje tak samo, jak największe burze, głównie wskutek systematycznego obniżania *MUF* podczas dolnej części cyklu słonecznego. W tym bowiem okresie, nawet podczas normalnych warunków jonosferycznych, istnieje pomiędzy maksymalną częstotliwością użytkową (*MUF*) a najmniejszą częstotliwością użyteczną (*LUF*) dość wąskie pasmo częstotliwości użytecznych.

Powtarzalność dwudziestosiedmiodobowa zjawisk, odpowiadająca synodycznemu obrotowi Słońca podczas omawianych części cyklu plam słonecznych, jest wyraźna i stanowi dość pewną podstawę przewidywania burz jonosferycznych. Znane są przy tym przypadki zakłóceń powtarzających się w okresach czasu przekraczających jeden rok.

Zjawiska geomagnetyczne są wówczas bardzo wyraźnie skojarzone z zakłóceniami jonosferycznymi, które szczególnie ostro występują na trasach radiowych przechodzących w pobliżu stref zorzowych.

Wynika stąd, że podczas ostatniej części cyklu plam słonecznych i podczas minimum plam czynnik powtarzalności dwudziestosiedmiodobowej wraz ze zjawiskami koronowymi będzie stanowić główną podstawę przewidywania burz jonosferycznych.

Wielce pomocną przy formułowaniu prognoz w pasie umiarkowanych szerokości geograficznych, podczas całego cyklu aktywności słonecznej, jest koncepcja czasu wzbronionego dla początku burz jonosferycznych oraz średni przebieg odchyłeń krytycznej częstotliwości *F2* od swej ślizgowej mediany.

Jak widać, przewidywanie burz jonosferycznych i zakłóceń radiokomunikacyjnych pozostaje nadal w pewnym stopniu pracą empiryczną, w której układający prognozy, dzięki nabytemu doświadczeniu, formułuje przewidywania na podstawie rozumowej oceny występującego prawdopodobieństwa.

11. WSKAŹNIK RADIOKOMUNIKACYJNY

B. Beckmann określił, że dwa warunki charakteryzują dobrą pogodę radiową, a mianowicie: szerokie pasmo częstotliwości użytecznych, tzn. $MUF - LUF$ (ponieważ wówczas można umieścić więcej kanałów z wystarczającym odstępem ochronnym od granic pasma), a ponadto wystarczająco duże natężenie odbioru do utrzymania ruchu.

Opierając się na powyższym twierdzeniu B. Beckmann zaproponował następujący „wskaźnik pasmowy” [31], [54], [55], [77]:

$$BK_t = [E_t(\Delta f + 1)]_t$$

w którym:

Δf — szerokość pasma użytecznego ($MUF - LUF$) w MHz w czasie t ;

E_t — średnie logarytmiczne natężenie pola w pasmie użytecznym w czasie t wyrażone z dostatecznym przybliżeniem w pięciostopniowej skali natężenia odbioru (siły sygnału)

$$E_t = \frac{1}{v} \sum_{i=1}^v E_i$$

E_i — natężenie odbioru (siła sygnału) poszczególnego nadajnika w pasmie użytecznym (np. wg kodu CCIR SIMPO, grupa S) w czasie t ;

v — liczba wyżej wymienionych nadajników.

W pewnych przypadkach stosuje się „wskaźnik pasmowy względny” BK_r w postaci [98]:

$$BK_r = \frac{BK_t}{BK_{rot}}$$

w którym:

BK_{rot} — średni ślizgowy wskaźnik wstęgowy okresu 27-dobowej rotacji Słońca.

Mimo pozornej obiektywności wspomniane wskaźniki nasuwają pewne wątpliwości wskutek trudności eksperymentalnego określenia MUF i LUF . Niezależnie od tego brak jest ścisłego zdefiniowania MUF na trasach wieloskokowych ze względu na rozproszenia i ogniskowania

w jonosferze. Ponadto omawiane wskaźniki nie uwzględniają nasilenia i charakteru zaników oraz innych zjawisk związanych z zakłóceniami jonosfery.

Do użytku badawczego Instytutu Łączności autor wprowadził wskaźnik radiokomunikacyjny o skali dziewięciostopniowej od 1 do 9. Znaczenie stopni pokazane jest w tablicy 4. Stopnie pośrednie jak 2, 4, 6 i 8 służą do ściślejszej oceny warunków propagacyjnych i podane zostały w poniższej tablicy bez określeń i wyjaśnień, aby nie zmniejszać

Tablica 4

Wskaźnik radiokomunikacyjny I

Wskaźnik	Ocena słowna	Warunki propagacyjne	Objawy
9	DOSKONALE	Brak zakłóceń jonosferycznych (propagacja znacznie lepsza od normalnej)	Sygnały bardzo prawidłowe. Trafik przechodzi wyjątkowo dobrze
8			
7	DOBRE	Słabe zakłócenia jonosferyczne (jonosfera prawie spokojna)	Małe trudności w przechodzeniu trafiku szczególnie w pewnych godzinach
6			
5	DOSTATECZNIE	Umiarkowane zakłócenia jonosferyczne. Obniżenie się maksymalnej częstotliwości użytkowej (<i>MUF</i>)	Pojawianie się szybkich fluktuacji natężenia pola modulujących sygnały (tzw. zaniki trzepoczące). Łączność pozostaje jednak utrzymana
4			
3	NIEDOSTATECZNIE	Silne zakłócenia jonosferyczne (burza jonosferyczna). Zwiększone tłumienie	Zwiększone nasilenie objawów poprzednich. Zniekształcenia i zmniejszenie natężenia sygnałów, pozorne zwiększenie zaników i podwyższenie poziomu szumów. Przypadki zrywania się łączności (nie uwzględnia się nagłych zaników powszechnych Mögel-Dellingera)
2			
1	BARDZO ŹLE	Najsilniejsze zakłócenia jonosferyczne (gwałtowna burza jonosferyczna)	Całkowite zerwanie łączności

jej przejrzystości. Dla orientacji wspomnianym stopniom pośrednim można przypisywać znaczenie podane w tablicy 5.

Mimo że wskaźnik jest dziewięciostopniowy, w zasadzie odpowiada klasyfikacji znanych kodów CCIR — SIMPO i SIMPFEMO w grupie „P” (zakłócenia propagacyjne) w sposób podany w tablicy 6.

Tablica 5

Znaczenie stopni pośrednich

Wskaźnik radiokomunikacyjny I	Ocena słowna warunków propagacyjnych
8	bardzo dobrze
6	prawie dobrze
4	mniej niż dostatecznie
2	źle

Tablica 6

Porównanie wskaźników radiokomunikacyjnych z kodami SIMPO lub SIMPFEMO grupa „P”

Wskaźnik radiokomunikacyjny I	Kod SIMPO lub SIMPFEMO grupa „P”
9	5
7	4
5	3
3	2
1	1

Każda doba została podzielona na sześć czterogodzinnych okresów, przy czym każdy okres zostaje oszacowany wg tablicy 4. Przy ocenie przyjmuje się pod uwagę ogólne warunki odbioru oraz nasilenie takich zjawisk, jak rozproszenia, zaniki trzepoczące i rozmycie namiarów. Według [41] dla tras przechodzących przez umiarkowane szerokości geograficzne więcej od 80% wskaźników radiokomunikacyjnych mieści się w przedziale od 3 do 7.

Wyżej omówiony wskaźnik, jest jednak również niedoskonały, ponieważ jest subiektywny. Nie ujmuje on natężenia pola, ponieważ zależy od stosunku częstotliwości trafiku względem maksymalnej częstotliwości użytkowej (*MUF*) i najmniejszej częstotliwości użytecznej (*LUF*). Jednak *MUF* i *LUF* są użytkownikowi przeważnie znane tylko jako przewidywane mediany tych wielkości, często znacznie odbiegające od obserwowanych. Wobec powyższego sens skali naszych wskaźników nie jest stały i znaczenie posiadają jedynie krótkoterminowe wariacje tych wskaźników.

Dlatego też do niedawna nie udawało się mimo usilnych poszukiwań [13] wykryć korelacji pomiędzy wskaźnikami radiokomunikacyjnymi a 27-dobowymi wykresami wskaźników geomagnetycznych. Okazało się jednak, że przy wyeliminowaniu przypadkowych fluktuacji i błędów we wskaźnikach radiokomunikacyjnych można stwierdzić wyraźne ich powiązanie ze wskaźnikami geomagnetycznymi [47].

Wylimowanie wspomnianych przypadkowych wpływów uzyskuje się przez obliczanie ślizgowego wskaźnika czterogodzinnego ΣI , stanowiącego sumę sześciu wskaźników czterogodzinnych dla 24-godzinnego okresu kończącego się na rozpatrywanym okresie czterogodzinnym.

Do oceny charakteru dób w celu ich podziału na spokojne i burzowe [59] ani wartości średnie, ani środkowe, ani też wskaźniki ślizgowe na ogół nie nadają się. Dla trafiku ważniejsza jest okoliczność, czy w ciągu doby istniały okresy i jak długie, podczas których łączność była silnie utrudniona lub zerwana, aniżeli jakikolwiek średni poziom zakłóceń podczas doby.

Potrzebne jest więc kryterium burzowości doby, które by było jednocześnie funkcją średniego poziomu warunków propagacyjnych doby, czasu trwania i natężenia zaburzeń jonosferycznych w ciągu tej doby.

Wymagania takie doprowadziły autora do ułożenia kryterium burzowości doby q w postaci

$$q = \frac{\sum_6 I}{6} - \frac{\sum_n (5 - I_b)}{p}$$

w którym:

I — czterogodzinny wskaźnik radiokomunikacyjny,

I_b — czterogodzinny wskaźnik radiokomunikacyjny mniejszy od 5,

n — liczba wskaźników I_b w okresie doby,

p — współczynnik charakteryzujący ostrość wymagań co do kryterium burzowości w dobach częściowo burzliwych.

Do naszych celów przyjmujemy $p = 2$.

Jeżeli:

$q \geq 5$, doba jest propagacyjnie spokojna,

$q < 5$, doba jest propagacyjnie zakłócona.

Wielkość q nie może odgrywać roli dobowego wskaźnika radiokomunikacyjnego, ponieważ nadmiernie uwydatnia stany burzowe.

Omówione kryterium umożliwia sklasyfikowanie doby pod względem pogody radiowej dla potrzeb prognoz krótkoterminowych i ruchu radiokomunikacyjnego. Z fizycznego natomiast punktu widzenia szereg autorów przyjmuje obecnie, jak to już było wyjaśnione, że początek i koniec okresu jonosferycznie zakłóconego zbiega się z okresem magnetycznie zakłóconym (podczas którego doby posiadają średnią międzynarodową geomagnetyczną liczbę charakterystyczną $C_i \geq 1,1$).

Czas początku zakłócenia geomagnetycznego i jonosferycznego jest określony jako początek trzygodzinnego okresu, dla którego występuje po raz pierwszy wskaźnik geomagnetyczny $K \geq 4$.

Czas końca zakłócenia geomagnetycznego i ew. jonosferycznego jest określony jako koniec trzygodzinnego okresu, dla którego występuje po raz ostatni w zakłóconym okresie wskaźnik geomagnetyczny $K \geq 4$.

Jeżeli natomiast już po końcu okresu magnetycznie zakłóconego występuje wskaźnik radiokomunikacyjny $I \leq 5$, można przyjąć za Benningtonem [79], że okres jonosferycznie zakłócony ciągnie się do końca okresu scharakteryzowanego przez podany wskaźnik.

Warto jeszcze zaznaczyć, że na podstawie średnich dobowych zmian odchylenia $A_z foF2$ (rys. 1) N. W. Miednikowa [101] ułożyła tablice 7 i 8 najkorzystniejszych i najcięższych godzin dla łączności radiowej ze względu na duże i umiarkowane, ujemne i dodatnie zakłócenia jonosferyczne w różnych porach roku i fazach aktywności słonecznej, w pasie szerokościowym $40^\circ - 60^\circ$ N.

Tablica 7

Najkorzystniejsze godziny dla łączności radiowej podczas zakłóceń jonosferycznych w pasie $40^\circ - 60^\circ$ N. Wg [101]

Okres aktywności słonecznej	Pora roku	Najkorzystniejsze godziny. Czas miejscowy w obszarze odbicia fali	Prawdopodobieństwo, że w tych okresach zakłócenia nie będą aktywne	Średnie odchylenie $A_z foF2$ podczas tych okresów od wartości normalnych	Średnie odchylenie $A_z foF2$, jeżeli okresy te jednak będą aktywne
		od — do	%	%	%
Zakłócenia ujemne					
Maks. plam słon.	zima	08 — 16	80	— 10	— 40
	równonoc	13 — 20	60	— 15 — 20	— 30
	lato	15 — 21	40	— 20	— 25
Min. plam słon.	zima	08 — 16	80	— 20	— 25
	równonoc	13 — 20	60	— 12 — 15	— 25
	lato	12 — 21	75	— 12	— 22
Zakłócenia dodatnie					
Maks. plam słon.	zima	09 — 17	100	+ 6 — 10	—
	równonoc	12 — 20	50 — 60	+ 15	+ 35
	lato	00 — 24	100	dużych i umiarkowanych zakłóceń dodatnich nie było	
Min. plam słon.	zima	09 — 17	80	+ 10	+ 30
	równonoc	12 — 20	60	+ 12	+ 25
	lato	9 — 18	80	+ 12	+ 25 — 30

Tablica 8

Najcięższe godziny dla łączności radiowej podczas zakłóceń jonosferycznych w pasie 40°—60° N. Wg [101] (z punktu widzenia maks. $\Delta_2 foF2$ i maksymalnego prawdopodobieństwa godzin aktywnych podczas zakłóceń)

Okres aktywności słonecznej	Pora roku	Najcięższe godziny	Prawdopodobieństwo, że okresy te będą aktywne	Srednie odchylenie $\Delta_2 foF2$ podczas okresów aktywnych
		Czas miejscowy w obszarze odbicia fali	%	%
od — do				
Zakłócenia ujemne				
Min. plam słon.	zima	20 — 06	0,6	— 30
	równonoc	23 — 11	0,7	— 25 — 32
	lato	22 — 13	0,85	— 30
Maks. plam słon.	zima	20 — 06	0,6	— 25
	równonoc	23 — 11	0,6	— 22 — 27
	lato	22 — 04	0,65	— 25 — 30
Zakłócenia dodatnie				
Maks. plam słon.	zima	20 — 06	0,8	+ 30
	równonoc	22 — 08	0,8	+ 40
	lato	dużych i umiarkowanych zakłóceń nie ma		
Min. plam słon.	zima	20 — 06	0,6	+ 40
	równonoc	22 — 05	0,7	+ 30
	lato	22 — 04	0,65	+ 30

12. TRAFNOŚĆ PRZEWIDYWAŃ

Trafność przewidywań zakłóceń jonosferycznych w bardzo dużym stopniu zależy od natychmiastowego udostępniania wiadomości z ostatnich minut odpowiednich danych kosmicznych (geomagnetycznych, słonecznych, jonosferycznych itd.) i radiokomunikacyjnych.

Jak już było zaznaczone, korelacja pomiędzy zwiastunem burzy jonosferycznej i samym pojawieniem się burzy jest niestety raczej słaba i dlatego przewidywania burz o wystarczającej trafności nie mogą opierać się na jednym prekursorze. Jednak konfrontacja dużej liczby dotychczas wykorzystywanych wiadomości różnego charakteru w nadziei poprawienia trafności przewidywań nie daje wybitnych korzyści. Istnieje bowiem dość ścisła korelacja pomiędzy pojawieniem się różnych zjawisk słonecznych, które są wykorzystywane jako zwiastuny.

Niektóre kraje, jak np. USA lub Kanada, stosują dziewięciostopniowy wskaźnik radiokomunikacyjny (od 1, której odpowiadają warunki nieużyteczne, do 9 dla warunków doskonałych) [89]. Trafność przewidywania określa się jako doskonałą — jeżeli przewidywany wskaźnik równa się obserwowanemu — i zadowalającą — jeżeli przewidywany wskaźnik różni się o jeden stopień od obserwowanego. Wszystkie pozostałe przypadki określone zostają jako niezadowalające lub też chybione.

Ocenę trafności przewidywań wyraża się za pomocą wyrażonego w procentach stosunku sumy przewidywań utraconych i zadowalających do sumy wszystkich przewidywań za dany okres.

Sporządzane raz na dobę przewidywania RCA dla Centralnej Europy i dla każdego z sześciu czterogodzinnych okresów wykazały 91% trafności.

Mówiąc ogólnie przewidywania burz jonosferycznych sporządzone 10 dób naprzód są trafne w 65—80%, a sporządzone 4 godziny naprzód zbliżają się w trafności do 95%, przy czym trafność przewidywań zależy od fazy cyklu słonecznego. Nieścisłości w przewidywaniach długoterminowych leżą zazwyczaj w ocenie czasu rozpoczęcia się i zakończenia burzy jonosferycznej, wydarzającej się czasem około 24 godzin po przewidzianym czasie.

Nie istnieje niestety dotychczas dostatecznie pewna baza fizyczna lub statystyczna, by można było z pełną ufnością oprzeć na niej przewidywania burz jonosferycznych. Dokładność dostatecznie wczesnych przewidywań nie jest jeszcze zbyt wysoka.

13. WNIOSKI

Zestawiając stan naszych wiadomości o burzach jonosferycznych widzimy, że różnorodność obserwowanych zjawisk jest tak duża, a nasze dotychczasowe wiadomości tak niepełne, że próby klasyfikacji, syntetycznego ujęcia lub ułożenia ogólnej teorii obejmującej wszystkie zjawiska są jeszcze przedwczesne.

Wydaje się natomiast, że sytuacja dojrzała do poddania głównych prac traktujących o burzach jonosferycznych krytyce w celu wydzielenia wiadomości popartych doświadczeniem od wątpliwych hipotez i rozważań już nieaktualnych. Wszystkie nasze dotychczasowe wiadomości nie są konkretne i brak jest jeszcze całkowitej zgodności poglądów co do większości nawet podstawowych zjawisk.

Dotychczas nie umiemy w sposób ścisły przypisać mierzonym parametrom jonosfery przyczyn powodujących, że pewne połączenia radio-

komunikacyjne źle działają podczas burzy jonosferycznej. Jak to już było przez nas zaznaczone w [60], utrudnia to bardzo formułowanie użytecznych przewidywań co do danych połączeń radiowych. Dalsze badania mogą wyłonić metodę, która pozwoli określić trasy radiokomunikacyjne ulegające zakłóceniom spowodowanym przez rozwijającą się burzę jonosferyczną, jednak w najkorzystniejszym przypadku uprzedzenie nie będzie mogło wyprzedzać samego zakłócenia radiokomunikacyjnego średnio więcej niż o 12 godzin.

Dotychczas brak jest wystarczających wiadomości, aby wyciągnąć sprecyzowane wnioski co do zasięgu geograficznego burz jonosferycznych i co do przemieszczania się strefy zakłóconej.

Początek burzy jonosferycznej jest niewyraźny, ponieważ jest przesłonięty przez przypadkowe wariacje o dość dużej amplitudzie. Dlatego też ostatnio w celu ujednostajnienia wyników statystycznych przyjmuje się często za czas początku zakłócenia jonosferycznego czas początku burzy geomagnetycznej. Ponieważ nie możemy twierdzić, że obydwa zjawiska przebiegają jednocześnie lub są przesunięte względem siebie w jakiś wiadomy sposób, dopuszczamy pewien błąd, który może tłumaczyć istniejącą różnicę zdań co do koncepcji fazy dodatniej burzy jonosferycznej.

Utrzymują się poglądy, że rozwój burzy posiada charakter zasadniczo zmienny, więc statystyki oparte na godzinach burzy i odnoszące się do poszczególnych jej objawów mogą stracić wszelki sens [62]. Przeniesienie pojęcia koncepcji fazy dodatniej burz geomagnetycznych na burze jonosferyczne może doprowadzić do wniosków nie odpowiadających rzeczywistości.

Jeżeli użytkownik pragnie wykorzystywać przewidywania burz jonosferycznych, musi założyć własny ośrodek przewidywań lub utrzymywać kontakt z ośrodkiem istniejącym.

Powstaje pytanie, czy praktyczne wykorzystanie przewidywań, co do których nie ma pełnej ufności, gdyż niektóre z nich mogą być chybione, może usprawiedliwić wszystkie wysiłki, które pociąga utrzymanie ośrodka przewidywań oraz utrzymanie dla jego potrzeb niezbędnych połączeń telekomunikacyjnych.

Korelacja zakłóconych warunków jonosferycznych z szeregiem zjawisk słonecznych nie jest dostatecznie ścisła, aby można było przyjąć z pełną ufnością te zjawiska jako podstawę do przewidywań. Przeszkodą jest tu brak dostatecznych wiadomości o fizycznych procesach przebiegających na Słońcu. Nie wydaje się prawdopodobne, aby w najbliższej przyszłości miało się znaleźć rozwiązanie zagadnień heliofizyki, które nas interesują, lecz badania w tej dziedzinie są pilnie kontynuowane.

Dotychczas nie istnieje uznana metoda, która by pozwalała oszacować wartość w znaczeniu ekonomicznym przewidywania utrafionego oraz nie ma sposobu oszacowania straty, gdy przewidywanie jest chybione. Według kompetentnej wypowiedzi brytyjskiej największe straty pociąga chybione przewidywanie doby burzowej, która okazała się dobą spokojną. Ponadto nie wiadomo, jak porównywać różne serie przewidywań sporządzonych różnymi metodami i w różnych warunkach.

Przedstawiliśmy już uprzednio szczegółowo pierwszą próbę rozwiązania tego zagadnienia, mającego aspekty naukowe, techniczne i ekonomiczne związane z trafiką radiowym [43], [59]. Istotne jest tu stwierdzenie, czy służba techniczna i służba administracyjna radiokomunikacji może uczynić coś użytecznego, gdy otrzyma wiadomość, że na danej trasie rozwija się zakłócenie.

Gdyby istniała uznana metoda oceny wartości serii prognoz tylko częściowo trafnych, można by było obiektywnie stwierdzić, czy sporządzanie uprzedzeń o dotychczasowej trafności jest usprawiedliwione pod względem ekonomicznym lub innym. Według najnowszej opinii brytyjskiej [91] wydaje się mało wskazane poświęcanie zbyt wielu wysiłków do stworzenia organizacji przewidywań burz jonosferycznych, których na razie rzeczywista użyteczność może być postawiona pod znakiem zapytania.

C.C.I.R. sformułował swoje uwagi w sprawie przewidywań krótkoterminowych w sposób następujący [100]:

„W niektórych krajach układa się prognozy krótkoterminowe odnoszące się do zakłóceń jonosferycznych. W pobliżu minimum aktywności słonecznej prognozy te wydają się dość trafne z powodu bardzo wyraźnej tendencji powtarzania się tych zakłóceń. Natomiast w okresie silnej aktywności słonecznej wartość prognoz znacznie maleje. Zagadnienie oceny wartości prognoz zakłóceń jest związane ze szkodą spowodowaną przez prognozy chybione, które — jak dotychczas — są nie do uniknięcia. Mimo to jednak wiele organizacji uważa, że omawiane prognozy warte są trudu ponoszonego przy ich układaniu”.

Przy poszukiwaniach nowych metod należy zwrócić uwagę na to, że wartość przewidywań zależy nie tylko od ich trafności, lecz również od czasu, o który wyprzedzają one przepowiedane zjawiska oraz od szybkości rozprawienia tych przewidywań i sposobu ich wykorzystania.

Na zakończenie można powiedzieć, że co do ulepszenia przewidywań lub sprecyzowania rządzących praw należy uznać, że wbrew oczekiwaniom wyniki, do których doszliśmy w tym zagadnieniu, wykazują brak ścisłości. Spowodowane to jest tym, że dalecy jesteśmy jeszcze

od dysponowania przy badaniu zakłóceń jonosferycznych tak obszernymi materiałami jak w dziedzinie burz geomagnetycznych. Te ostatnie były badane przez długie lata, zanim dokonano poprawnej syntezy zebranych wiadomości.

Dlatego też w tym stanie rzeczy należy w naszych warunkach prowadzić rejestrację odpowiednich zjawisk ziemskich i słonecznych oraz wskaźników radiokomunikacyjnych, aby móc w przyszłości powiązać te zjawiska, nabyć potrzebnego doświadczenia oraz wiadomości koniecznych do śledzenia postępów czynionych w tym przedmiocie na świecie.

Pragnę na tym miejscu złożyć wyrazy podziękowania Panom Profesorom: drowi Janowi Mergentalerowi, Józefowi Wójcikiewiczowi i Sylwestrowi Jarkowskiemu oraz inż. Aleksandrowi Brodowskiemu za cenne uwagi wniesione do treści artykułu.

14. WYKAZ LITERATURY

1939 r.

1. *Berkner L. V., Wells H. W., Seaton S. L.*: Ionospheric effects associated with magnetic disturbances. *Terr. Magn. atmos. Elect.*, t. 44, 1939, s. 283.

1944 r.

2. Interservice Radio Propagation Laboratory. Criteria for ionospheric storminess. Report Nr 5, Washington 1944.

1946 r.

3. *Bennington T. W.*: Ionosphere storm effects in the E-layer. *Nature*, London, t. 157, 1946, s. 477.
4. *Shapley A. H.*: The application of solar geomagnetic data to shortterm forecasts of ionospheric conditions. *Terr. Magn. atmos. Elect.*, t. 51, 1946, s. 247.
5. *Shapley A. H., Roberts W. O.*: The correlation of magnetic disturbances with intense emission regions of the solar corona. *Astrophys. J.*, t. 103, Nr 3, 1946, s. 257—274.
6. Interservice Radio Propagation Laboratory. Relationships between radio propagation disturbance and central meridian passage of sunspots grouped by distance from center of disc. Report No R 27, Washington 1946.
7. *Waldmeier M.*: An attempt at an identification of the M-regions. *Terr. Magn. atmos. Elect.*, t. 51, 1946, s. 537.

1947 r.

8. *Shapley A. H.*: The recurrent tendency and forecasting of magnetic activity. *Amer. Geophys. Union*, t. 28, 1947, s. 715.

1948 r.

9. *Arzinger A., Hallborg H. E., Nelson J. H.*: Sunspots and radio weather. *R. C. A., Rev.*, t. 9, 1948, s. 229.

10. Commission des Recherches de Radio (Nouvelle Zélande). Prédiction de radio: manque de concordance. C. C. I. R. Stockholm 1948, document No 70 F.
11. Green G. M.: Index ionosphérique C. C. I. R. Stockholm 1948, document No 79 F.
12. Green G. M.: Prévision a court terme de conditions radioélectrique: résultats obtenues dans l'établissement de corrélations par le Comité de Recherches Radioélectriques (Nouvelle Zélande). C. C. I. R. Stockholm 1948, document No 78 F.
13. Thomson I. L.: Prévisions à court terme des conditions de radiopropagation par l'observatoire de Carter. C. C. I. R. VI Assemblée plénière, Stockholm 1948, doc. 77.
14. Thomson I.L.: Solar emissions and sunspots. Nature (London), t. 161, 1948, s. 134—137.

1950 r.

15. Appleton E. V., Piggott V. R.: World morphology of ionospheric storms. Nature (London), t. 165, 1950, s. 130.
16. Chapman S.: Corpuscular influences upon the upper atmosphere. J. geoph. Res., T. 55, Nr 4, 1950, s. 361—371.
17. Kojan J. S., Isted G. A.: The first ionospheric storm warning service 1941—45. Marconi Rev., t. 13, Nr 97, 1950, s. 53—71.
18. Lindquist R.: Ionospheric effects of solar flares. Trans. Chalmers Univ. of Technology, Nr 95, 1950, s. 1—11.
19. Nicolet M.: Solar noise. Scientia, t. 85, Nr 3 i 4, 1950, s. 37—41, 71—77.

1951 r.

20. Minnis C. M.: Ionospheric storms and radio circuit disturbances. Wir. Eng., t. 28, Nr 329, 1951, s. 43—51.
21. Nelson J. H.: Shortwave radio propagation correlation with planetary positions. RCA. Rev., t. 12, Nr 1, 1951, s. 26—34.

1952 r.

22. Appleton E. V., Pigott W. R.: The morphology of storms in the F2 layer of the ionosphere. I. Some statistical relationships. J. atm. terr. Phys., t. 2, Nr 4, 1952, s. 236—252.
23. Burgess R. E., Fowler C. S.: Solar activity and ionospheric effect. Wir. Eng., t. 29, Nr 341, 1952, s. 46—50.
24. Hartsfield W. L., Silberstein R. A.: Comparison of c. w. field intensity and backscatter delay. Proc. Inst. Radio Engrs., t. 40, Nr 12, 1952, s. 1700—1706.
25. Hewish A.: The diffraction of galactic radio waves as a method of investigating the irregular structure of the ionosphere. Proc. Roy. Soc. A., t. 214, Nr 1119, 1952, s. 494—514.
26. Kiepenheuer K. O.: Emission of corpuscles from the Sun. J. geoph. Res., t. 57, Nr 1, 1952, s. 113—120.
27. Maire J. Note sur une aggravation nette des conditions de propagation observée récemment sur des circuits transcontinentaux exploités sur ondes décimétriques. Ann. de Radioélectricité, t. 7, Nr 29, 1952, s. 221—224.
28. Maxwell A., Little C. G.: Scintillation of radio stars during aurorae and magnetic storms. J. atm. terr. Phys., t. 2, Nr 6, 1952, s. 356—360.
29. Meek J. H.: Ionospheric disturbances in Canada. J. geoph. Res., t. 57, Nr 2, 1952, s. 177—190.

30. *Nelson J. H.*: Planetary position effect on shortwave signal quality. *Electr. Eng.*, t. 71, Nr 5, 1952, s. 421—424.
31. *Twiss R. Q.*: Excess radio noise from solar flares and sunspots. *Nature (London)*, t. 169, 1952, s. 185—186.

1953 r.

32. *Appleton E.*: Storm phenomena in the ionosphere. *Arch. Electr. Ubertr.*, t. 7, Nr 6, 1953, s. 271—273.
33. *Appleton E. V.*, *Piggott W. R.*: Ionospheric storms and the geomagnetic anomaly in the F2 layer. *J. atmos. terr. Phys.*, t. 3, Nr 2, 1953, s. 121—123 (*Tłumaczenie w Probl. sowr. Fiz.*, t. 6, Nr 4, 1954, s. 101—103).
34. *Beckmann B.*: Ionosphärenwetter und Funkwetter. *Elektrotechn. Zeitschr.* t. 74, Nr 5, 1953, s. 125—129.
35. *Chappel D. W. G.*, *Hainsworth L. B.*, *Moorat I. M.*: Some statistical result on the phenomena associated with ionospheric storms. *J. atm. terr. Phys.*, t. 3, 1953, s. 301.
36. *Dungey J. W.*: Bayley's theory of sunspot noise. *J. atm. terr. Phys.*, t. 4, Nr 4/5, 1953, s. 148—162.
37. *Jacobs O. B.*: Auroras — what that they mean tu as. *Bell. Lab. Rec.* t. 31, Nr 10, 1953, s. 380—384.
38. *Lewis R. P. W.*, *Mc Intosh D. H.*: Diurnal and storm-time variations of geomagnetic and ionospheric disturbance. *J. atm. terr. Phys.*, t. 3, Nr 4, 1953, s. 186—193.
39. *Martin L. H.*: Ionospheric disturbance forecasting. *J. brit. Instn. Radio Engrs.*, t. 13, Nr 6, 1953, s. 291—301.
40. *Martyn D. F.*: The morphology of the ionospheric variation associated with magnetic disturbance. *Proc. Roy. Soc. A.*, T. 208, Nr 1132, 1953, s. 1—18.
41. *Martyn D. F.*: Geo-morphology of F2 — region ionospheric storms. *Nature (London)*, t. 171, Nr 4340, 1953, s. 14—16.
42. *Meek J. H.*: Correlation of magnetic, auroral, and ionospheric variations at Saskatoon. *J. geoph. Res.*, t. 58, Nr 4, 1953, s. 445—456; t. 59, Nr 1, 1954, s. 87—92.
43. *Minnis C. M.*: Ionospheric storm — warning services. *Wir. Eng.*, t. 30, Nr 5, 1953, s. 103—108.
44. *Negata T.*, *Oguti T.*: Ionospheric storms in the auroral zone. *Rep. Ionosphere Res. Japan*, t. 7, Nr 1, 1953, s. 21—28.
45. New Zealand. Practical uses of radio propagation data. C. C. I. R. London 1953, document No 25E.
46. *Price R. E.*: Travelling disturbances in the ionosphere. *Nature (London)*, t. 172, Nr 4368, 1953, s. 115—116.
47. *Van Sabben D.*: Relationship between radio-propagation disturbance, geomagnetic activity and solar noise. *J. atm. terr. Phys.*, t. 3, Nr 4, 1953, s. 194—199.
48. *Sinno K.*: On the variation of the F2 layer accompanying geomagnetic storms. *Rep. Ionosphere Res. Japan*, t. 7, Nr 1, 1953, s. 7—14.
49. U. S. A. Report. Choice of a basic index for ionospheric propagation. C. C. I. R. London 1953, document No 35 E.

1954 r.

50. *Anderson C. N.*: Notes on the sunspot cycle. *J. geoph. Res.*, t. 59, Nr 4, 1954, s. 455—461.
51. *Appleton E.*, *Piggott W. R.*: Storm phenomena and the solar cycle variations

- of the F2 layer ionization at noon. Rep. phys. Soc. Confer. „The physics of the ionosphere” Cavendish Lab. Cambridge, Sept. 1954, s. 219—228.
52. *Becker U., Denisse J. F.*: Controls of geomagnetic activity by sunspots. J. atm. terr. Phys., t. 5, Nr 1, 1954, s. 70—72.
53. *Becker W.*: Über die Schwankungen der Grenzfrequenz der F2 — Schicht während nicht gestörter Bedingungen in der Ionosphäre. Rep. phys. Soc. Confer. „The physics of the ionosphere”, Cavendish Lab. Cambridge, Sept. 1954, s. 101—103.
54. *Beckmann B.*: Betrachtungen zur gute des Funkwetters. FTZ, t. 7, Nr 6, 1954, s.285—301.
55. *Beckmann B.*: On the present state of radio-weather forecasting. VDE-Fachber., t. 18, Nr 4, 1954, s. 5—11.
56. *Bell B., Glazer H.*: Geomagnetism and the emission — line corona. J. geoph. Res., t. 59 Nr 4, 1954, s. 551—553.
57. *Dieminger W.*: Über die Wirkung solaren Korpuskeln in der Ionosphäre. Arch. electr. Übertr., t. 8, Nr 6, 1954, s. 259—268.
58. *Dubin M.*: Meteor ionization, magnetic storms, and the aurora. C. R. Comm mixte l'ionosph. 4-e réunion 1954, s. 219—229.
59. *Jasiński S.*: O wpływie burz jonosferycznych na warunki eksploatacyjne radiostacji nadawczych. Przegl. Telekom., t. 27, Nr 1, 1954, s. 12—17.
60. *Jasiński S.*: Przewidywanie burz jonosferycznych i zakłóceń radiokomunikacyjnych. Prace Inst. Łączn., t. 1 Nr 1, 1954, s. 1—19.
61. *Lange — Hesse G.*: Systematische Untersuchungen über den Einfluss der erdmagnetischen Unruhe auf die Tagesgrenz-frequenzen der F2 — Schicht. Archiv elektr. Übertr., t. 8, Nr 4, 1954, s. 143—154.
62. *Lejay R. P.*: Les orages ionosphériques. C. R. Comm. mixte l'ionosph. 4-e réunion 1954, s. 58—67.
63. *Martyn D. F.*: A survey of present knowledge of the F2 region. Rep. phys. Soc. Confer. „The physics of the ionosphere”, Cavendish Lab. Cambridge, Sept. 1954, s. 212—218.
64. *Maxwell A.*: Investigation of F region drift movements by observation of radio star fading. Rep. phys. Soc. Confer. „The physics of the ionosphere”, Cavendish Lab. Cambridge, Sept. 1954, s. 166—171.
65. *Maxwell A., Dagg M.*: A radio astronomical investigation of drift movement in the upper atmosphere. Phil. Mag., t. 45. Nr 365, 1954, s. 551—569.
66. *Matsushita S.*: Some studies on the E_s region disturbances variations of the E_s region and the current — system for the S_D field. C. R. Comm. mixte l'ionosph. 4-e réunion, 1954, s. 194—211.
67. *Matsushita. S.* Ionospheric F2 variations associated with geomagnetic disturbances at the equatorial zone. Rep. phys. Soc. Confer. „The physics of the ionosphere”, Cavendish Lab. Cambridge, Sept. 1954, s. 265—269.
68. *Nagata T., Obayashi T., Sinno K.*: Morphology of ionospheric storms. C. R. Comm. mixte l'ionosph. 4-e réunion 1954. s. 147—158.
69. *Newton H. W., Milsom A. S.*: The distribution of great and small geomagnetic storms in the sunspot cycle. J. geoph. Res., t. 59, Nr 2, 1954, s. 203—214.
70. Rapp. Spéc. No 4, Secrét. Gén. URSI: Sur la distribution de la brillance radioélectrique sur le disque solaire, Bruxelles 1954.
71. *Sen Gupta P. K., Mitra S. N.*: Corpuscular eclipse in the F2-layer and its association with solar flares and M-regions. Nature (London), t. 173, 1954, s. 814—816.

72. *Shain C. A., Mitra A. P.*: Effects of solar flares on the absorption of 18,3 Mc/s cosmic noise. *J. atm. terr. Phys.*, t. 5, Nr 5/6, list. 1954 s. 316—328.
73. *Sinno K.*: Studies on the disturbances in F2 layer associated with geomagnetic disturbances. *J. geomag. Geoelectr.*, t. 6, Nr 3, 1954, s. 120—126.
74. U. R. S. I. Proc. XIth Gen. Assembly, 1954, Vol. X, Part. 5, Commis. V on Radio-Astronomy.
- 74a. Loco cit. Vol. X, Part 3, Commis. III on Ionospheric Radio.
75. *De Voogt A. H.*: The use of earth — potential measurements for magnetic — and ionospheric storm — indication. *J. atm. terr. Phys.*, t. 5, Nr 2, 1954, s. 108—110.

1955 r.

76. *Arriago Nilo S. J.*: Relations between solar activity and the center of gravity of the planetary system. *J. geoph. Res.*, t. 60, Nr 4, 1955, s. 535—536.
77. *Beckmann B.*: Kennzeichnung und Vorhersage des Funkwetters. Fernmelde — Ing. t. 9, część 1, Nr 3, 1955 s. 1—30, część 2, Nr 5, 1955, s. 1—27.
78. *Beiser A.*: Solar — terrestrial time delays. *J. geoph. Res.*, t. 60, Nr 2, 1955, s. 161—164.
79. *Bennington T. W.*: Observations of the effects of ionospheric storms over a North Atlantic circuit. *J. atm. terr. Phys.*, t. 7, Nr 4/5, paźdz. 1955, s. 235—243.
80. *Jerg D. G.*: Notes on correlation methods for evaluating ionospheric winds from fading records. *J. geoph. Res.*, t. 60, Nr 2, 1955, s. 173—185.
81. *Lange — Hesse G.*: Erdmagnetische Unruhe und Durchschnittsabweichungen der F2 — Schicht — Tagesgrenzfrequenzen in verschiedenen geomagnetischen Breiten. *J. atm. terr. Phys.*, t. 7, Nr 1/2, 1955, s. 49—60.
82. *Leighton H. I., Billings. D. E.*: Solar H. Filaments and geomagnetic disturbances. *J. atm. terr. Phys.*, t. 7, Nr 6, 1955, s. 349—350.
83. *Minnis C. M.*: A new index of solar activity based on ionospheric measurements. *J. atm. terr. Phys.*, t. 7, Nr 6, 1955, s. 310—321.
84. *Pecker J. C., Roberts W. O.*: Solar corpuscles responsible for geomagnetic disturbances. *J. geoph. Res.*, t. 60, Nr 1, 1955, s. 33—44.
85. *Roberts W. O., Trotter D. E.*: Solar prominences and geomagnetic disturbance. *J. atm. terr. Phys.*, t. 6, Nr 5, 1955, s. 282—283.
86. *Ross L. W.*: Accuracy of solar — flare observations. *J. atm. terr. Phys.*, t. 7, Nr 6, 1955, s. 344—345.
87. *Shain G. A.*: Changes in the absorption of cosmic noise observed during two ionospheric disturbances. *J. atm. terr. Phys.*, t. 7, Nr 6, 1955, s. 347—348.

1956 r.

88. *Bell B., Glazer H.*: Geomagnetism and the emission — line corona. *J. geoph. Res.*, t. 61, Nr 2, czerw. 1956, s. 179—182.
89. C. C. I. R.: Comparaison des prévisions à court terme avec les résultats des observations VIII-e Assemblée Plénière, Varsovie 1956, doc. 282.
90. C. C. I. R.: Détermination des signes précurseurs de variations à court terme dans les conditions de propagation ionosphérique. VIII-e Assemblée Plénière, Varsovie 1956, doc. 78.
91. C. C. I. R.: Détermination des signes précurseurs de variations à court terme dans les conditions de propagation ionosphérique. VIII-e Assemblée Plénière, Varsovie 1956, doc. 79.
92. C. C. I. R.: Echange des observations en vue de l'établissement de prévisions

à court terme, et transmission des avertissements de perturbations ionosphérique. VIII-e Assemblée Plénière, Varsovie 1956, doc. 75.

93. C. C. I. R.: Indice d'activité des éruptions de la chromosphère et perturbations ionosphériques à début brusque (P. I. D. B.). VIII-e Assemblée Plénière, Varsovie 1956, doc. 123.
 94. C. C. I. R. Relation entre la somme quotidienne des indices geomagnetiques K et un coefficient caracterisant l'état de la couche F2 durant certains jours. VIII-e Assemblée Plénière, Varsovie 1956, doc. 124.
 95. *Simon P.*: Activité géomagnétique et éruptions. Ann. Géophys., t. 12, Nr 3, lip./sierp. 1956, s. 167—182.
 96. *Tandon J. N.*: A note on the annual variation of geomagnetic activity and M-region. J. geoph. Res., t. 61, Nr 2, czerw. 1956, s. 211—213.
 97. *Yoshio Kato, Syun — ichi Akosofu*: Relationships between the geomagnetic micropulsation and the solar UM region. J. atm. terr. Phys., t. 9, Nr 5/6, list. 1956, s. 352—353.
- 1957 r.
98. *Beckmann B., Dietrich P., Salow H.*: Über den Einfluss der solaren Ultrastrahlung auf die Funkwetterlage am 23 Februar 1957. N. T. Z. t. 10, Nr 7, lipiec 1957, s. 329—334.
 99. *Beynon W. J. G., Brown G. M.*: Manuel d'instructions ionosphère, 1-e partie, les sondages ionosphériques verticaux. Année Geophysique Internationale 1957—58.
 100. C. C. I. R. Documents de la VIII-e Assemblée Plénière, Varsovie 1956. Rapport No 55. Applications pratiques et valeur à accorder aux données relatives à la propagation ionosphérique. Genève 1957.
 101. *Miednikowa N. W.* Ionosfiernyje wozmuszczenia w srednich szyrotach. Akademia nauk SSSR. Fizyka solniecznych korpuskularnych potokow i ich wozdziejstwije na werchniuju atmosfieru ziemi, Moskwa 1957. Str. 183—244.
 102. *Taubenheim J.*: Über den Einfluss von Sonneneruptionen auf die ionosphärische E-Schicht. J. atm. terr. Phys., t. 11, Nr 1, 1957, s. 14—22.
 103. *Watson R. A.*: Magnetic activity following a solar flare. J. atm. terr. Phys., t. 11. Nr 1, 1957, s. 59—61.

C. Ф. Ясинский

ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОГНОЗА ИОНОСФЕРНЫХ БУРЬ И НАРУШЕНИЙ РАДИОСВЯЗИ

Резюме

В настоящей работе дана общая характеристика ионосферных бурь и нарушений радиосвязи а также сделан обзор солнечных и земных явлений, которые по современным взглядам могут иметь практическое значение при формулировке краткосрочных прогнозов распространения радиоволн.

В дальнейшем описаны принципы составления вышеуказанных прогнозов а также указатели радиосвязи; в частности описаны: указатель и критерий суточной ионосферной возмущённости предлагаемые автором.

В заключительной части статьи, после обсуждения степени верности прогнозов, приведен обзор принятых современных взглядов насчёт целесообразности содержания службы краткосрочных прогнозов и обоснована необходимость ведения дальнейшей исследовательской работы в этой области в Польше.

Stefan Jasiński

ACTUAL STATE OF THE PREDICTION OF IONOSPHERIC STORMS
AND RADIO CIRCUIT DISTURBANCES

Summary

The author discusses general features of ionospheric storms and of disturbances encountered in radiocommunications, as well as telluric and solar phenomena which, according to actual knowledge, may be of practical interest for short-term propagation forecasts. He then considers principles of these forecasts and suggests the adoption of a criterion and of an index of storminess for periods of 24 hours. Finally, after a discussion of the accuracy of the forecasts and of actual opinions as to the utility of short-term forecasting service, the author stresses the necessity of establishing this kind of service in Poland and of continuing pertinent research work.

Stefan Jasiński

L'ÉTAT ACTUEL DES PRÉVISIONS DES ORAGES IONOSPHERIQUES
ET DES BROUILLAGES DES RADIOCOMMUNICATIONS

Résumé

Dans cet article on a présenté la caractéristique générale des orages ionosphériques et des brouillages des radiocommunications et examiné les phénomènes solaires et terrestres qui, d'après les théories actuelles, ont quelque importance pratique dans l'élaboration des prévisions de propagation à court terme.

Ensuite sont décrits les principes de l'établissement des prévisions mentionnées ainsi que des coefficients caractérisant les conditions générales de réception et particulièrement du coefficient et du critérium de l'agitation ionosphérique pendant la période de 24 heures, proposés par l'auteur.

Ayant exprimé son opinion sur la justesse des prévisions, l'auteur examine les théories actuelles sur la nécessité d'organiser un service des prévisions à court terme et présente les raisons de continuer en ce domaine des recherches en Pologne.

Stefan Jasiński

DER GEGENWÄRTIGE STAND DER VORHERSEHUNG
DER JONOSPHERISCHEN STÜRME
UND DER FUNKVERKEHR-STÖRUNGEN

Zusammenfassung

Im vorliegenden Aufsatz wurde die allgemeine Charakteristik der jonosphärischen Stürme und der Funkverkehr-Störungen angegeben und wurde eine Übersicht der Sonnen- und Erderscheinungen ausgeführt, welche den gegenwärtigen

Ansichten nach praktische Bedeutung beim Formulieren der kurzfristigen Ausbreitungsvorhersagen besitzen können.

Dann wurden die Grundlagen der Entwerfung der erwähnten Vorhersagen und die Funkverkehr — Indexzahlen, insbesondere die Indexzahl und das Kriterium des 24-stündigen Sturmzustandes, besprochen, die vom Verfasser vorgeschlagen wurde.

Endlich wurde, nach der Besprechung der Treffsicherheit der Vorhersagen, in den Schlüssen die Übersicht der herrschenden Ansichten über die Zweckmässigkeit der Einführung des kurzfristigen Vorhersagedienstes angegeben und wurde Bedürfnis der Führung in Polen der weiteren Forschungen in diesem Gebiete begründet.

Cena zł. 35.—