

P O L I T E C H N I K A W A R S Z A W S K A  
WYDZIAŁ MECHANICZNY TECHNOLOGICZNY  
Instytut Organizacji Zarządzania

# SYSTEM PROJEKTOWANIA KOMÓREK PRODUKCYJNYCH

NA KOMPUTERZE ODRA 1204

informator dla użytkowników

W A R S Z A W A 1 9 7 6



P O L I T E C H N I K A   W A R S Z A W S K A  
W Y D Z I A Ł   M E C H A N I C Z N Y   T E C H N O L O G I C Z N Y  
Instytut Organizacji Zarządzania

S Y S T E M   P R O J E K T O W A N I A   K O M Ó R E K   P R O D U K C Y J N Y C H  
N A   K O M P U T E R Z E   O D R A   1 2 0 4

informator dla użytkowników

W A R S Z A W A   1 9 7 6

E 1c  
E 4a 1c

Prowadzący temat węzłowy  
doc.dr hab. STANISŁAW LIS

Praca niniejsza powstała w wyniku realizacji  
Problemu Węzłowego 06.1.3 Rozwój zastosowań  
informatyki w wybranych dziedzinach systemu  
państwowego, koordynowanego przez Instytut  
Organizacji i Kierowania / IOK/ PAN, MNSzWiT

478704

II

60-76/483/16

20.4.

10-



Wykonano w Zakładzie Graficznym Politechniki Warszawskiej  
Nakł. 250+30. Arkuszy druku 3,5. Papier offset. kl. V 70 g.  
Oddano do druku 13. III. 1976 r. Zamówienie nr 396. J-110.



SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie . . . . .	4
2. Temat : System projektowania komórek produkcyjnych . .	7
3. Temat : Projektowanie struktury produkcyjnej . . . .	11
4. Temat : Rozmieszczenie stanowisk roboczych . . . . .	16
5. Temat : Projektowanie harmonogramów rytmicznej produkcji . . . . .	24
6. Temat : Symulacja pracy komórek i projektowanie rezerw produkcyjnych . . . . .	30
7. Zakonczenie . . . . .	43

## 1. WPROWADZENIE

W latach 1971-75 w Instytucie Organizacji Zarządzania Politechniki Warszawskiej prowadzono pracę badawczą zatytułowaną "Badanie, projektowanie i wdrażanie organizacji produkcji rytmicznej w komórkach niższych stopni przy zastosowaniu eto". Temat ten stanowił fragment problemu węzłowego 0.3 "Systemy typowe dla przedsiębiorstw przemysłowych", koordynowanego przez Ośrodek Badawczo Rozwojowy Informatyki, a następnie przez Instytut Organizacji i Kierowania PAN i MNSzWiT.

Praca była wykonywana pod kierownictwem doc.dr hab. Stanisława Lisa. W pracach brało udział ponad 20 osób, pracowników IOZ PW.

Postawione zadanie wykonywano w kilku etapach. Praca doc. dra hab. Stanisława Lisa pt. "Podstawy projektowania systemu rytmicznej produkcji" zawiera omówienie etapu wyjściowego, który obejmował analizę podstawowych zagadnień projektowania i organizacji rytmicznej produkcji oraz założenia metodyczne dla poszczególnych szczegółowych rozwiązań projektowych.

W realizacji zadania badawczego wydzielono 4 problemy badawcze :

- 1/ projektowanie struktury produkcyjnej,
- 2/ projektowanie rozmieszczenia stanowisk roboczych,
- 3/ harmonogramy produkcji,
- 4/ symulacja pracy komórek i projektowanie rezerw produkcyjnych jako kompensatorów zakłóceń rytmiczności

Problemy były rozwiązywane w mniejszych zespołach badaw-



czych pod kierunkiem :

- 1/ mgr inż. R. Jackowicza
- 2/ dr inż. K. Santarka
- 3/ dr inż. W. Nosowskiego

Po osiągnięciu przez poszczególne zespoły określonych rozwiązań cząstkowych zdecydowano się na ich scalenie i zbudowanie systemu projektowania organizacji rytmicznej produkcji przy wykorzystaniu komputera. Temat ten prowadził mgr inż. J. Stefański.

Badania dotyczyły obszaru zagadnień produkcji powtarzalnej, rytmicznej w komórkach I stopnia, tj. w gniazdach / liniach /. Część uzyskanych wyników może być jednak z powodzeniem wykorzystana w innych wypadkach, w szczególności dla produkcji niepowtarzalnej, w komórkach montażu i innych.

Ogólnym celem prac było wykorzystanie metod matematycznych, a w szczególności rachunku optymalizacyjnego w procesie projektowania i szerokie zastosowanie komputera. Użycie techniki komputerowej pozwoliło na znaczne odciążenie projektanta od żmudnych, pracochłonnych i nieefektywnych obliczeń, a równocześnie umożliwiło wariantowanie rozwiązań projektowych, wybór rozwiązania optymalnego, a w konsekwencji automatyzację procesu projektowania.

Efektem prac jest "System projektowania komórek produkcyjnych" obejmujący kilkanaście współpracujących ze sobą programów oraz programy które można wykorzystać samodzielnie. Wspomniany system uruchomiony został na maszynie ODRA 1204 i umożliwia kompleksowe i automatyczne projektowanie organizacji rytmicznej produkcji w komórkach niższych stopni.

Wyniki wszystkich prac przedstawione są w formie zeszytów

opracowań stanowiących podsumowanie poszczególnych etapów prac. Każde opracowanie ma jednolitą formę i zawiera: część wprowadzającą do problemu, przykład modelowy, program obliczeniowy napisany w języku ALGOL 1204-D na maszynie ODRA 1204 oraz zestawy danych testowych i wyniki obliczeń. Ogółem w ciągu 5 lat pracy nad problemem wykonano ponad 50 opracowań.

Zeszyty te wraz z taśmami programów komputerowych są dostępne w Bibliotece Programów Laboratorium Informatyki Instytutu Organizacji Zarządzania. W ramach każdego z 4 tematów badawczych wykonano również opracowania podsumowujące, które zawierają szczegółową analizę problemów i wyniki wszystkich badań.

Praca adresowana jest do projektantów zakładów przemysłowych, inżynierów technologów i organizatorów produkcji oraz tych wszystkich, którzy interesują się problemami organizacji procesów produkcyjnych.

Niniejsze opracowanie stanowi informator o pracach wykonanych w ramach tematu "Badanie, projektowanie i wdrażanie organizacji rytmicznej produkcji w koórkach niższych stopni przy zastosowaniu etc".

Szczegółowe informacje dotyczące całości problemu, poszczególnych tematów lub programów obliczeniowych można uzyskać w Instytucie Organizacji Zarządzania Politechniki Warszawskiej - Warszawa ul. Narbutta 85, pok. 137.



## 2. Temat : SYSTEM PROJEKTOWANIA KOMÓREK PRODUKCYJNYCH

Opracowany w IOZ "System projektowania komórek produkcyjnych" przeznaczony jest do wydzielenia komórek produkcyjnych I stopnia oraz projektowania organizacji rytmicznej produkcji w tych komórkach.

System uruchomiono na komputerze ODRA 1204 /komputerem takim dysponuje IOZ /.Istnieją plany dalszego rozwoju systemu w oparciu o komputer ODRA 1305,instalowany obecnie w IOZ.

Konfiguracja komputera Odra 1204 jest następująca :

- jednostka centralna 16 K,
- pamięć bębnowa / 4 bębny /,
- drukarka wierszowa / 120 znaków /,
- czytnik taśmy,
- perforator taśmy.

Zadaniem systemu projektowania komórek produkcyjnych /PK/ jest zaprojektowanie organizacji produkcji rytmicznej / powtarzalnej / oraz symulacja pracy zaprojektowanych komórek w celu sprawdzenia jakości projektu oraz dobór niektórych parametrów.

Opracowany projekt organizacji produkcji rytmicznej zawiera projekt struktury produkcyjnej,harmonogramy przebiegu produkcji i rozstawienie stanowisk roboczych w komórkach.Wszystkie te projekty uzyskuje się automatycznie z komputera w postaci tabulogramów.

Danymi do projektowania są : zbiór detali,których produkcję należy zorganizować oraz szereg wielkości charakteryzujących ten zbiór takich jak :

- programy produkcyjne detali,
- procesy technologiczne detali, /jeden dla każdego detalu/,

- dane charakteryzujące stanowiska robocze,
- dane kosztowe itp.

System składa się z pięciu modułów /podsystemów / rys.1 :

1. Moduł kontroli i zapisu danych wejściowych do projektowania w pamięci bębnowej
2. Moduł projektowania struktury produkcyjnej
3. Moduł projektowania harmonogramów pracy stanowisk
4. Moduł projektowania rozmieszczenia stanowisk
5. Moduł symulacji pracy komórek i projektowania rezerw

Proces projektowania organizacji komórek produkcyjnych przebiega w znacznej mierze automatycznie. Udział projektanta sprowadza się do przygotowania danych i wyboru programu / jeżeli jest kilka programów realizujących podobne funkcje /.

Sposób rozwiązywania zagadnień cząstkowych w poszczególnych modułach systemu opisany jest w dalszej części ; szczegóły są w osobnych opracowaniach.

Przekazywanie informacji między modułami i programami odbywa się głównie poprzez pamięć bębnową. W sporadycznych przypadkach /jeżeli jest to uzasadnione / poprzez taśmę papierową.

Podstawowa część danych do projektowania wprowadzana jest do systemu w module 1. Są to dane, z których korzystają wszystkie moduły. Dane o znaczeniu lokalnym dla określonego modułu wprowadzone są w tym module /np. dane szczegółowe do rozmieszczenia stanowisk lub do symulacji pracy zaprojektowanych komórek /.

Wyniki pracy poszczególnych programów potrzebne dla innych programów zapisywane są w ustalonej postaci tzw. zbioru. Ma to istotne znaczenie przy diagnostyce błędów.

Moduł 1 realizowany jest przez program o nazwie PK ZAPIS.



Program ten dokonuje formalnej kontroli danych, wstępnie je przetwarza i zapisuje w postaci zbiorów o nazwach ZAPIS i BINPROG. Ponadto program ten drukuje tabulogram zinterpretowanych danych.

Moduł 2 realizowany jest przez programy PK DEMAPROC, PK WYDKOM i PK STROK. Wymienione trzy programy realizowane w powyższej kolejności dają w wyniku strukturę produkcyjną dla rozpatrywanego zbioru detali - tworzącą komórki produkcyjne I stopnia. Informacje o strukturze produkcyjnej zapisywane są przez program PK STROK w pamięci bębnowej w zbiorze STRUKTURA. Każdy z programów modułu 2 drukuje tabulogram. Są to wyniki pośrednie, służą do kontroli procesu lub umożliwiają ręczne projektowanie począwszy od pewnego etapu.

Jako następny realizowany jest moduł rozmieszczenia stanowisk. Zadania tego rodzaju wypełniają programy : PK PRZEPLYWY, PK REGTROJALOK, PK CRAFT 2/1, PK CRAFT SP. Program PK PRZEPLYWY jest programem obligacyjnym w module. Pozostałe programy są fakultatywne z tym, że aby uzyskać rozstawienie stanowisk trzeba zrealizować przynajmniej jeden z nich. Programy fakultatywne dają w wyniku tabulogramy rozstawienia stanowisk w komórkach. Moduł ten korzysta ze zbiorów i ZAPIS i STRUKTURA, nie tworzy natomiast żadnego zbioru w pamięci bębnowej.

W dalszej kolejności realizowany jest moduł /podsystem / projektowania harmonogramów. Moduł ten projektuje powtarzalne harmonogramy pracy stanowisk w zaprojektowanych przez moduł 2 komórkach produkcyjnych. Moduł korzysta ze zbiorów ZAPIS i STRUKTURA. Wyniki pracy wyprowadza w postaci tabulogramu oraz zbioru SYMHAR / inna nazwa SYMUL / w pamięci bębnowej.

Jako ostatni realizowany jest moduł symulacji pracy komórek

i projektowania rezerw. Korzysta on z wyników pracy wszystkich modułów poprzedzających oraz dodatkowych danych czytanych z taśmy papierowej. W szczególności korzysta ze zbiorów ZAPIS, STRUKTURA, SYMHAR zapisanych w pamięci bębnowej.

Szczegółowe informacje o systemie zamieszczone są w opracowaniu IOZ B1-1.78/0399.

#### OGRANICZENIA SYSTEMU

Ograniczenia systemu wynikają głównie z pojemności pamięci operacyjnej emc ODRA 1204. Nie jest możliwe wyznaczenie jakie dane będą akceptowane przez wszystkie programy systemu, ponieważ zależy to od konkretnych rozwiązywanych problemów. W trakcie pracy zmienia się dynamicznie wielkość wykorzystywanej pamięci. Można określić jakie dane będą przyjęte przez programy realizowane na początku systemu bez gwarancji, że będą akceptowane przez dalsze programy. Jeżeli okaże się, że dane nie są przyjmowane przez określony program można kontynuować dalsze projektowanie ręcznie.

Z doświadczeń eksploatacyjnych wynika, że muszą być spełnione następujące warunki :

$$D \leq 150$$

$$T \leq 100$$

gdzie :

D - liczba rodzajów detali występujących w zagadnieniu,



T - liczba typów stanowisk występujących w zaganiu.

Powyższe warunki gwarantują jedynie, że dane wzięte z praktyki będą akceptowane przez programy PK ZAPIS i PK DEMAPROC. Dalsze programy systemu akceptują problemy o mniejszych rozmiarach.

### 3. Temat : PROJEKTOWANIE STRUKTURY PRODUKCYJNEJ

Projektowanie struktury produkcyjnej jest pierwszym etapem projektowania organizacji komórek produkcyjnych.

W procesie projektowania dąży się do minimalizacji :

- kosztów wyposażenia,
- kosztów wynikających z zamrożenia robót w toku,
- kosztów wynikających z czasów przygotowawczo - zakończeniowych,
- kosztów wynikających z przestoju maszyn i urządzeń.

Dane do obliczeń optymalizacyjnych są wynikiem pracy 1 modułu systemu i są zapisane w pamięci bębnowej w zbiorach ZAPIS i BINPROC.

Podstawowymi danymi do projektowania struktury produkcyjnej są :

- procesy technologiczne detali,
- programy produkcyjne detali,
- specyfikacje typów stanowisk wymaganych przez technologię,
- parametry dotyczące koszty stanowisk.

Proces projektowania struktury odbywa się w 3 etapach :

- 1/ dekompozycja macierzy procesów technologicznych,
- 2/ wydzielanie komórek produkcyjnych I stopnia i wstępny

przydział detalooperacji do stanowisk roboczych,

3/ optymalizacja przydziału detalooperacji do stanowisk roboczych.

Schemat modułu projektowania struktury produkcyjnej przedstawiono na rys.2.

Punktem wyjścia do projektowania struktury jest zbiór detali. Wynikiem obliczeń są komórki produkcyjne I stopnia tj. gniazda o ściśle określonym asortymencie produkowanych detali i przydziale operacji do stanowisk.

Pierwszy etap obliczeń jest realizowany przy pomocy programu PK DEMAPROC / opr. B1-1.78/0389 /. Wynikiem jego działania jest podział zbioru detali na grupy według ich podobieństwa technologicznego. Dokonuje się tego drogą porządkowania macierzy procesów technologicznych według kryterium wykonywania detalooperacji na tych samych typach stanowisk.

Macierz procesów technologicznych ma wymiary  $m \times n$  /  $m$  - liczba rozpatrywanych detali,  $n$  - liczba typów stanowisk roboczych /. Każdy wiersz macierzy dotyczy jednego detalu. Element macierzy równa się jedności, jeżeli detal odpowiadający numerowi wiersza, wykonywany jest na typie stanowiska roboczego, któremu odpowiada określona kolumna, zeru w przeciwnym wypadku. Algorytm polega na ustanowieniu wierszy i kolumn według podobieństwa technologicznego detali. Tak uporządkowana macierz jest podstawą obliczeń drugiego etapu.



W drugim etapie następuje dalsze uszczegółowienie obliczeń poprzez kojarzenie detali z tej samej lub w szczególnym wypadku z różnych grup. Wynikiem tych działań jest wydzielenie komórek produkcyjnych i stopnia tj. gniazd / linii /.

Podstawowym kryteriami tworzenia gniazd / linii / są - podobieństwo technologiczne detali wynikające z wykonywania różnych operacji na tych samych typach stanowisk i maksymalizacja stopnia wykorzystania maszyn i urządzeń lub minimalizacja łącznej ich ilości.

Obliczenia wykonywane są na uprządkowanej i zmodyfikowanej macierzy procesów technologicznych otrzymanej z poprzedniego etapu obliczeń. Modyfikacja macierzy polega na zastąpieniu elementów niezerowych macierzy /jedynek / współczynnikami obciążenia poszczególnych typów stanowisk roboczych. Otrzymana macierz nosi nazwę macierzy obciążeń typów stanowisk detalooperacjami.

Elementy macierzy przedstawiają stopień wykorzystania dysponowanego czasu pracy stanowisk.

W przypadku znacznych i zróżnicowanych kosztów zakupu stanowisk celowe jest operowanie współczynnikami wykorzystania zaangażowanych nakładów.

W trakcie drugiego etapu projektowania struktury produkcyjnej udziela się odpowiedzi na następujące pytania :

1. jakie detalooperacje powinny być łączone tj. wykonywane na tym samym stanowisku roboczym aby poprawić stopień wykorzystania stanowisk ?

2. jakie detale lub grupy detali wydzielone w pierwszym etapie projektowania mogą być produkowane w jednej komórce produkcyjnej ?

3. które detale należy rozpatrywać indywidualnie ze wzglę-

du na odmienne przebiegi procesów technologicznych w stosunku do pozostałych detali ?

W trakcie obliczeń następuje uszczegółowienie dokonanego poprzednio podziału detali na grupy przy założeniu maksymalnego wykorzystania stanowisk roboczych. W ten sposób następuje wydzielenie komórek produkcyjnych pierwszego stopnia.

Obliczenia drugiego etapu projektowania struktury produkcyjnej realizowane są przez program PK WYDKOM /B1-1.78/0394/.

W trzecim etapie projektowania struktury produkcyjnej dokonuje się przydziału detalooperacji do stanowisk roboczych w ramach wydzielonych komórek produkcyjnych.

Sposób przydziału detalooperacji do stanowisk roboczych wpływa na długość okresu powtarzalności  $X_p$  pracy komórki produkcyjnej. Długość okresu powtarzalności wpływa na szereg parametrów techniczno - ekonomicznych komórki.

W szczególności  $X_p$  wpływa na :

- wielkość partii produkcyjnej detali,
- długość cyklu produkcyjnego detali,
- koszty zamrożenia robót w toku,
- koszty przebrojenia stanowisk i inne.

Każdy z tych parametrów może być użyty w charakterze kryterium optymalizacji przy projektowaniu struktury produkcyjnej.

W systemie PK kryterium przydziału detalooperacji do stanowisk roboczych jest minimalizacja sumy kosztów zamrożenia robót w toku i przebrojenia stanowisk.

Obliczenia wykonuje się na macierzy obciążeń typów stanowisk detalooperacjami i analogicznej macierzy czasów przygotowawczo - zakończeniowych.

Wynikiem obliczeń jest/dla każdej komórki /



- macierz przydziału detalooperacji do stanowisk roboczych,
- macierz kolejności wykonywania detalooperacji na stanowiskach roboczych.

Ponad to obliczane są/dla każdej komórki / :

- sumy czasów przygotowawczo - zakończeniowych,
- sumy współczynników obciążenia stanowisk roboczych detalooperacjami,
- minimalne okresy powtarzalności dla wszystkich stanowisk roboczych,
- czasy przerw w pracy stanowisk roboczych odniesione do okresu powtarzalności,
- optymalne okresy powtarzalności.

Powyższe obliczenia realizuje program o nazwie PK STROK /B1-1.78/0397 /. Wyniki obliczeń modułu projektowania struktury produkcyjnej są przedstawione w postaci tabulogramów oraz są zapisywane w pamięci bębnowej, tworząc zbiór o nazwie STRUKTURA. Informacje zawarte w tym zbiorze wykorzystywane są przez pozostałe moduły systemu.

#### 4. Temat : ROZMIESZCZENIE STANOWISK ROBOCZYCH

Moduł 4 "Rozmieszczenie stanowisk roboczych" stanowi część "Systemu projektowania komórek produkcyjnych przy pomocy komputera Odra 1204". Tym samym stanowi on zintegrowaną całość z pozostałymi modułami projektowania komórek produkcyjnych. W szczególności dane do projektowania rozmieszczenia stanowisk roboczych pochodzą z modułu nr 1 /Moduł kontroli i zapisu danych wejściowych/ oraz z modułu nr 2 /Moduł projektowania struktury produkcyjnej /. Moduł rozmieszczenia stanowisk roboczych wymaga również pewnych dodatkowych danych, które pochodzą z zewnątrz systemu.

Wynikiem działania modułu jest rozstawienie stanowisk roboczych przedstawione w postaci graficznej / siatka trójkątów z zaznaczonymi numerami stanowisk umieszczonych w węzłach siatki / lub liczbowej / numery stanowisk przyporządkowane odpowiednim numerom miejsc /. Ponadto drukowana jest wartość funkcji celu. W zależności od przyjętego cząstkowego kryterium optymalizacji może to być : ilość operacji transportowych, długość dróg transportu lub wielkość przewozów transportowych. Obliczana jest również wartość tzw. wskaźnika KT, udziału ilości operacji transportowych krótkich w ogólnej liczbie operacji transportowych a także długość czasu obliczeń.

Podsystem "Rozmieszczenie stanowisk roboczych" składa się z 4 programów. Jeden z nich, PK PRZEPLYWY, generuje dane do obliczeń optymalizacyjnych. Pozostałe 3 programy, PK REGTROJALOK, PK CRAFT 2/1, PK CRAFT SP, służą do bezpośrednich obliczeń roz-



stawienia stanowisk.

Programy rozmieszczenia stanowisk wchodzące w skład podsystemu mogą również pracować samodzielnie, niezależnie od pozostałych podsystemów.

Oprócz nich opracowano szereg innych programów optymalizacji rozmieszczenia stanowisk roboczych, nie objętych systemem a mogących pracować samodzielnie.

W niniejszym rozdziale omówiony zostanie moduł "Projektowanie rozmieszczenia stanowisk roboczych" a w szczególności dane do projektowania, moduł rozmieszczenia stanowisk roboczych oraz programy samodzielne nie objęte systemem. Podany zostanie również spis programów optymalizacji rozmieszczania stanowisk roboczych.

#### DANE WEJŚCIOWE DO PROJEKTOWANIA I PODSYSTEM PROJEKTOWANIA ROZMIESZCZANIA STANOWISK ROBOCZYCH

Podsystem projektowania rozmieszczenia stanowisk roboczych jest niezależnym programem napisanym w języku Algol 1204. Przy pracy w systemie, z modułu tego można korzystać po zakończeniu pracy modułów 1 i 2. Dane podstawowe do obliczeń optymalizacyjnych podsystem czerpie z pamięci bębnowej ze zbiorów ZAPIS generowanego przez moduł nr 1 /oraz STRUKTURA / generowanego przez moduł nr 2 /. W szczególności są to procesy technologiczne obrabianych detali, programy produkcyjne i specyfi-

kacje typów stanowisk.

Schemat powiązań funkcjonalnych w podsystemie "Rozmieszczenie stanowisk roboczych" przedstawia rys. 2.

Program PK PRZEPLYWY korzysta tylko z danych zawartych w PB /zbiory ZAPIS i STRUKTURA / i służy do generowania danych do optymalizacji rozmieszczania stanowisk roboczych. Wynikiem jego obliczeń jest zbiór o nazwie PRZEPLYWY. Stanowi on wielokrotne powtórzenie /dla wszystkich komórek wydzielonych w trakcie projektowania struktury produkcyjnej / następującego bloku danych :

N - liczba rozstawianych stanowisk

S [1:N, 1:N] - macierz powiązań stanowisk

TNR [1:N] - wektor typów stanowisk

Pozostałe 3 programy modułu mogą być realizowane niezależnie od siebie. Oprócz podstawowego bloku danych ze zbioru PRZEPLYWY wymagają one pewnych dodatkowych informacji, które niezależnie od potrzeb, mogą być wprowadzane z monitora lub czytnika taśmy. Są to :

1. dla programu PK REGTROJALOK - szerokość powierzchni / liczba rzędów siatki trójkątów /, na której rozmieszcza się stanowiska / z monitora /.

2. dla programu PK CRAFT 2/1 - rozmieszczenie miejsc lokalizacji stanowisk. Rozmieszczenie miejsc może być przedstawione w postaci macierzy L [1:N, 1:N] powiązań miejsc / czytnik taśmy / lub w postaci zakodowanej siatki miejsc / z monitora, patrz opracowanie IOZ B1-0231/.

3. dla programu PK CRAFT SP - rozmieszczenie miejsc przedstawione w postaci siatki miejsc / z monitora / lub macierzy powiązań miejsc L /czytnika taśmy /. Ponadto konieczna jest znajomość lokalizacji obiektów stałych / z monitora /, wstępnego



rozstawienia stanowisk oraz ich wielkości / z czytnika taśmy/.

INFORMACJA O PROGRAMACH OPTIMALIZACYJNYCH WCHODZĄCYCH  
DO PODSYSTEMU

Podsystem "Rozmieszczenie stanowisk roboczych" zawiera 3 programy optymalizacyjne. Zostały one wybrane z pośród 96 sklasyfikowanych metod i technik optymalizacji rozmieszczania stanowisk roboczych. Charakteryzują się one zarówno wysoką sprawnością numeryczną jak i dużą przydatnością praktyczną.

Program PK REGTROJALOK stanowi modyfikację programu REGTROJALOK / opis : prace IOZ B1-1.78/0377 /

Algorytm programu należy do tzw. grupy metod z nieograniczoną możliwością wyboru miejsca, nie wymagającej znajomości początkowego rozstawienia stanowisk. Może być więc stosowany np. przy projektowaniu nowych komórek produkcyjnych, gdy brak jest ograniczeń co do kształtu powierzchni, na której rozmieszcza się stanowiska oraz wszędzie tam, gdzie brak koncepcji wstępnego rozmieszczenia stanowisk lub układu miejsc / kształtu powierzchni /. Stanowiska rozmieszczane są w węzłach siatki trójkątów równobocznych. Wymaga to założenia, że wielkości /powierzchnie / stano-

wisk są jednakowe lub zbliżone. Wyniki optymalizacji przedstawia się w postaci wydruku siatki miejsc z zaznaczonymi numerami stanowisk umieszczonych w węzłach siatki.

Program PK CRAFT 2/1 jest modyfikacją programu CRAFT 2/1  
/opis : prace IOZ B1-1. 78/0229 /.

Algorytm programu należy do grupy metod z ograniczoną możliwością wyboru miejsca. Kształt powierzchni na której rozmieszczone są stanowiska musi być znany i ściśle określony. Nie jest natomiast wymagana znajomość rozstawienia wstępnego. Program może być stosowany wszędzie tam, gdzie kształt powierzchni, na której rozmieszcza się stanowiska jest ściśle określony i stanowi ograniczenie przy rozstawianiu stanowisk. Stanowiska rozmieszcza się w węzłach siatki trójkątów lub ortogonalnej. Można również rozmieszczać stanowiska na miejscach położonych w nieregularny sposób. W obu przypadkach konieczna jest dokładna znajomość położenia miejsc lokalizacji stanowisk. Ilość miejsc musi być przy tym równa ilości rozmieszczanych stanowisk. Wszystkie stanowiska muszą być jednakowej lub zbliżonej wielkości. Wyniki otrzymuje się w postaci wektora rozstawienia stanowisk  $R = [R_i]$   $N$ ; gdzie  $R_i$  oznacza numer stanowiska stojącego w miejscu  $i$ .

Program PK CRAFT SP stanowi modyfikację programu CRAFT 2/3  
/ opis : prace IOZ B1-0230 /.

Program stanowi rozwinięcie algorytmu programu PK CRAFT 2/1. Dodatkowo uwzględnia on zróżnicowanie wielkości rozstawianych stanowisk oraz stanowiska o stałej lokalizacji. Wymagana jest znajomość tzw. rozstawienia wstępnego, którym może być np. dowolne rozstawienie zaproponowane przez projektanta lub rozstawienie istniejące. Dzięki temu program może być pomocny przy reorga-



nizacji istniejących komórek produkcyjnych. Forma wyników obliczeń - jak w programie PK CRAFT 2/1.

INNE PROGRAMY OPTIMALIZACJI ROZMIESZCZANIA  
STANOWISK ROBOCZYCH NIE OBJĘTE SYSTEMEM

W ramach prac prowadzonych w IOZ nad tematem "Rozmieszczanie stanowisk roboczych" wykonano ogółem 18 użytkowych programów optymalizujących rozmieszczenie stanowisk roboczych. Są to programy samodzielne pracujące niezależnie od siebie ;

1. Alokacja obiektów metodą przestawień Zorna, B1-0017
2. Alokacja obiektów - algorytm Hillera - Connorsa, B1 - 0028
3. Rozstawienie stanowisk metodą modularną MAT, B1-0031
4. Alokacja obiektów metodą CORELAP, B1-0048
5. Alokacja obiektów - kombinacja metody przestawień Zorna i MAT, B1-0064
6. Rozmieszczenie stanowisk metodą kolejnego wyboru miejsc, B1-0070
7. Rozstawienie stanowisk metodą przestawień Gołowej, B1 - 0101
8. Rozstawienie stanowisk metodą CRAFT 2/1, B1-0220
9. Rozstawienie stanowisk metodą CRAFT 2/2/1, B1-0230
10. Rozstawienie stanowisk metodą CRAFT 2/2/2, B1-0229
11. Rozstawienie stanowisk metodą CRAFT 2/3, B1-0230

12. Rozstawienie stanowisk metodą programowania dynamicznego, B1-0236

13. Optymalizacja rozmieszczania stanowisk roboczych z uwzględnieniem kosztów ich lokalizacji, B1-0244

14. Rozstawienie stanowisk metodą optymalizacji wielokryterialnej - metoda ustalania heirarchii i ważności kryteriów, CRAFTLAST, B1-0245

15. Rozmieszczanie stanowisk roboczych metodą optymalizacji wielokryterialnej - CRAFTMNOKRYT, B1-0366

16. Rozmieszczanie stanowisk roboczych metodą optymalizacji wielokryterialnej - CRAFTMODNYK, B1-0371

17. Alokacja obiektów na regularnej siatce trójkątnej - REGTROJALOK, B1-0377

18. Alokacja obiektów metodą modularną - zmodyfikowana metoda MAT, B1-0396

Programy 14, 15 i 16 umożliwiają optymalizację rozmieszczenia stanowisk roboczych z punktu widzenia kilku kryteriów cząstkowych, równocześnie np. minimalizacja wielkości przewozów transportowych i minimalizacja ilości operacji transportowych. Wymienione programy wymagają dość dużej ilości danych. Podstawowy blok danych, tj. :

N - liczba rozstawianych stanowisk

S  $[1:N, 1:N]$  - macierz powiązań stanowisk

L  $[1:N, 1:N]$  - macierz powiązań miejsc,

jest generowany przez program pomocniczy o nazwie "Przygotowanie danych do rozmieszczania obiektów", B1-0231. Inne dane należy przygotować ręcznie.

Tabl. 1 przedstawia wykaz danych niezbędnych do obliczeń



optymalizacyjnych poszczególnymi programami.

Całość problemów związanych z rozmieszczeniem stanowisk roboczych przedstawiona jest w opracowaniu podsumowującym pt. "Optymalizacja rozmieszczania stanowisk roboczych", B1-0437. Obejmuje ono m.in. takie zagadnienia jak : klasyfikacja modeli matematycznych, metod i kryteriów optymalizacji rozmieszczania stanowisk roboczych, badanie kryteriów i metod optymalizacji a także metodykę projektowania rozmieszczenia stanowisk roboczych z wykorzystaniem etc.

Duża różnorodność zadań rozmieszczania stanowisk roboczych oraz brak uniwersalnych metod ich rozwiązywania, stawia przed użytkownikiem problem wyboru odpowiedniej metody - programu rozwiązania postawionego zadania.

Tabl.2 przedstawia reguły doboru metod - programów do rozwiązywania określonej klasy zadań. W tabl. 3 zamieszczono maksymalne rozmiary zadań możliwe do rozwiązania na maszynie ODRA 1204 przedstawionymi metodami.

Przedstawione metody oraz ich programy są uniwersalne w tym sensie, że nie stawiają ograniczeń co do rodzaju rozmieszczanych obiektów. Dzięki temu można je stosować do rozwiązywania takich problemów jak : rozplanowanie hal produkcyjnych i pomieszczeń biurowych, projektowanie planów generalnych zakładów przemysłowych czy też projektowanie architektoniczne. Wszystkie programy napisane są w języku ALGOL 1204 na maszynę Odra 1204.

## 5. Temat : PROJEKTOWANIE HARMONOGRAMÓW RYTMICZNEJ PRODUKCJI

Wobec stosunkowo dużych rozmiarów problemów w praktyce, otrzymanie rozwiązań optymalnych było by zbyt kosztowne z uwagi na długie czasy liczenia na emc a niekiedy i niemożliwe do otrzymania z uwagi na ograniczone możliwości techniczne współczesnych emc.

W skład opracowanego podsystemu wchodzi algorytmy, które w trakcie badań zostały uznane za najlepiej spełniające postawione przed nimi zadania tzn. dające rozwiązania suboptymalne, w możliwie krótkim czasie obliczeń dla problemów o rozmiarach spotykanych w praktyce.

Jakość rozwiązań otrzymanych przy pomocy algorytmów suboptymalnych była sprawdzana przez porównanie z wynikami otrzymanymi wg algorytmów dających rozwiązania optymalne dla problemów o niewielkich rozmiarach.

Algorytmy wchodzące do podsystemu uwzględniają problem wielostrumieniowości przebiegu wyrobów przez stanowiska.

### INFORMACJA O ALGORYTMACH WCHODZĄCYCH DO PODSYSTEMU

Złożoność problemu projektowania harmonogramów i trudność jego rozwiązania wzrasta wraz ze stopniem wzrostu skomplikowania struktury przebiegu wyrobów przez stanowiska. Z tego też względu



włączone do ppsystemu algorytmy zostały opracowane dla odpowiednich typów struktury przebiegu wyrobów / rys. 4 i 5 /. Struktury przebiegu wyrobów dotyczą tzw. kolejności technologicznych wyrobów. Kolejnością technologiczną danego wyrobu nazywamy kolejność stanowisk, przez które musi przechodzić ten wyrób w trakcie jego obróbki. Wszystkie poniższe algorytmy pozwalają projektować harmonogramy produkcji rytmicznej, czyli harmonogramy uwzględniające z góry zadany okres powtarzalności  $X_p$ . Oznacza to, że na każdym stanowisku różnica pomiędzy czasem zakończenia obróbki ostatniego wyrobku a czasem rozpoczęcia obróbki pierwszego wyrobu musi być mniejsza od  $X_p$ .

Włączone do podsystemu algorytmy są następujące :

a/ Algorytm I - dla jednakowych kolejności technologicznych zbioru wyrobów obrabianych w komórce produkcyjnej - typ struktury 1. /rys. 4, cecha opracowania : B1-0080 /. W tym przypadku wszystkie wyroby przechodzą przez stanowiska w jednakowej kolejności i nie występuje zjawisko pomijania stanowisk.

b/ Algorytm II - dla podobnych kolejności technologicznych zbioru wyrobów obrabianych w komórce produkcyjnej - typ struktury 2. / rys. 4, Cecha opracowania : B1-0081 /. W przypadku tym niektóre wyroby pomijają pewne stanowiska podczas obróbki, jednak zachowany jest jednakowy kierunek przebiegu dla wszystkich wyrobów.

c/ Algorytm III - dla różnych kolejności technologicznych z pomijaniem stanowisk i bez nawrotów, zbioru wyrobów obrabianych w komórce produkcyjnej - typ struktury 5 i 6 /cecha opracowania B1-1.78/0372, rys.5 /. Jest to przypadek, w którym wyroby mają dowolne kolejności technologiczne. Dowolne jest również pomijanie



stanowisk, jednak nie występuje tu zjawisko nawrotów na to samo stanowisko.

d/ Algorytm IV - dla różnych kolejności technologicznych z pominiem stanowisk i nawrotami zbioru wyrobów obrabianych w komórce produkcyjnej - typ struktury 3, 4, 7 i 8 / rys. 4 i 5, Cecha opracowania : B1-1.78/0375 /. Jest to najogólniejszy z powyższych przypadków, w którym występują różne kolejności technologiczne wyrobów, dozwolone są pomijania stanowisk i nawroty.

#### INFORMACJE O PODSYSTEMIE I DANYCH WEJŚCIOWYCH

Podsystem projektowania harmonogramów jest niezależnym programem napisanym w języku ALGOL - 1204. Wchodzi on w skład systemu projektowania organizacji rytmicznej produkcji w komórkach niższych stopni i może również być eksploatowany oddzielnie jako samodzielny system. Podsystem zautomatyzowanego projektowania harmonogramów przetwarza dane wejściowe znajdujące się w pamięci bębnowej. Efektem działania podsystemu są wydruki projektów harmonogramów przebiegu produkcji / Zbiór WYDRUK / dla poszczególnych komórek produkcyjnych I stopnia oraz dane wejściowe dla podsystemu kompensacji zakłóceń rytmicznej produkcji / zbiór SYMUL /, które zapisane są w pamięci bębnowej. Dane wejściowe zawierają wszystkie informacje potrzebne do zaprojektowania harmonogramów. Pozwala to na uautomatyczne przetwarzanie informacji bez ingerencji użytkownika podsystemu i bez wprowadzania dodatkowych danych. Dane wejściowe składają się z dwóch częś-



ci :

1. Zbiór ZAPIS, z którego pobierane są następujące informacje :

- tekst identyfikujący projektowany obiekt,
- liczba detali,
- fundusz czasu pracy komórki produkcyjnej,
- oprocentowanie środków obrotowych,
- programy uruchomienia detali,
- liczby operacji technologicznych detali,
- normatywne koszty własne detali,
- współczynniki narastania kosztów detali,
- teksty identyfikujące detale,
- czasy jednostkowe operacji,
- czasy przebrojeń dla operacji,

2. Zbiór STRUKTURA, który jest tworzony przez inne podsystemy systemu. Zbiór STRUKTURA może również być tworzony samodzielnie przez użytkownika podsystemu projektowania harmonogramów.

Zbiór STRUKTURA zawiera następujące informacje :

- liczba zaprojektowanych komórek,
- liczba stanowisk roboczych w poszczególnych komórkach,
- liczba detali obrabianych w poszczególnych komórkach,
- numery detali obrabianych w komórkach,
- procesy technologiczne detali obrabianych w komórkach, w rozbiściu na procesy cząstkowe /części procesu technologicznego detalu wykonywanego w projektowanej komórce / przy uwzględnieniu wielostrumieniowości i rozdziału strumienia materiałowego,
- numery typów stanowisk roboczych i numery kolejnych stanowisk w typie.



## PRZETWARZANIE INFORMACJI W PODSYSTEMIE, DANE POŚREDNIE

Podsystem działa jako samodzielny program z procedurami, które są zapisywane w pamięci bębnowej. Procedurami tymi są : daneh, tsph, harm 1, preph, harm 2, drukh.

Procedury sterowane przez program sterujący tworzą zbiory danych pośrednich i końcowych oraz drukują projekty harmonogramów. W trakcie projektowania harmonogramu dla jednej komórki produkcyjnej mogą być utworzone 3 zbiory pośrednie nazwane : HARM 1, HARM 2, WYNIK. Zbiory pośrednie tworzone są tylko dla potrzeb projektowania jednej komórki produkcyjnej.

Schemat przesyłania danych w podsystemie podano na Rys. 6.

## WYDRUK WYNIKÓW

Wydruk wyników projektowania harmonogramów dla komórki produkcyjnej ma postać następującą :

1. Nagłówek zawierający informacje o komórce produkcyjnej :
  - nazwa obiektu,
  - liczba detali,
  - liczba stanowisk,
  - okres powtarzalności,
  - wartość funkcji celu dla zaprojektowanego harmonogramu, którą jest wartość odesetek z tytułu zamrożonej produkcji w toku od-



niesienia do okresu powtarzalności.

2. W przypadku jednokierunkowych przebiegów kolejności technologicznej drukuje się wspólną dla wszystkich stanowisk kolejność organizacyjną tzn. kolejność detali obrabianych na danym stanowisku.

3. Harmonogram przebiegu produkcji, w którym w kolumnach znajdują się informacje o detalach a więc :

- numer stanowiska, na którym wykonywana jest operacja detalu,
- termin / moment / rozpoczęcia przebrojenia stanowiska,
- terminy rozpoczęcia i zakończenia obróbki partii produkcyjnej detali,
- numery partii produkcyjnej, dla której podano terminy.

4. W przypadku różnokierunkowych przebiegów kolejności organizacyjnych dla poszczególnych stanowisk.

5. Zestawienie cykli normatywnych / teoretycznych / i rzeczywistych detali oraz współczynniki wydłużenia cykli.

#### DZIAŁANIE PODYSTEMU

Działanie podsystemu przedstawiono schematycznie na Rys. 7. Schemat ilustruje sposób wywoływania procedur i organizację przetwarzania danych od strony operacyjnej. Szczegóły dotyczące działania podsystemu oraz formy przygotowania i rozmieszczenia danych w pamięci maszyny podano w opracowaniu "Projektowanie harmonogramów rytmicznej produkcji" Cecha opracowania, B1-1.78/0403 .

6. Temat : SYMULACJA PRACY KOMÓREK I PROJEKTOWANIE  
REZERW PRODUKCYJNYCH

Przeznaczenie tego modułu jest dwojakie :

- po pierwsze, ma on służyć do oceny zachowania się komórek produkcyjnych zaprojektowanych na poprzednich etapach, w warunkach oddziaływania na proces produkcyjny, różnorodnych zakłóceń losowych,
- po drugie, można go wykorzystać do zaprojektowania dla konkretnej komórki produkcyjnej optymalnego, w sensie ustalonego kryterium, poziomu rezerw produkcyjnych.

Rezultatem stosowania tego modułu do badań pierwszego rodzaju jest stwierdzenie, czy zaprojektowana komórka posiada w warunkach zakłóceń losowych, parametry organizacyjno - produkcyjne zadowalające projektanta. Do drugiego rodzaju badań należy wykorzystać ten moduł w przypadkach, gdy wyniki badań pierwszego rodzaju są negatywne. Wynikiem tych badań jest wówczas optymalna postać tzw. podsystemu rezerw. Na podsystem rezerw składa się kilka rodzajów rezerw produkcyjnych i może on współpracować wg. określonych reguł z właściwym systemem produkcyjnym kompensując skutki działających tam zakłóceń i przyczyniając się do bardziej stabilnej jego pracy.

Wobec ogólności przyjętych założeń odnośnie takich zagadnień jak forma organizacji produkcji w badanej komórce, postać strumienia zakłóceń czy rodzaje rozpatrywanych rezerw, dla rozwiązania postawionych zadań wybrano metodę modelowania i symulacji komputerowej. Głównym narzędziem tej metody jest kompu-



terowy model symulacyjny, który opisuje przebieg procesu produkcyjnego w komórce produkcyjnej pierwszego stopnia w warunkach oddziaływania różnorodnych zakłóceń przy obecności różnorodnych rezerw produkcyjnych.

Badania estymacyjne systemu przy pomocy tego modelu polegają na wykonaniu szeregu eksperymentów symulacyjnych dla interesujących projektanta warunków produkcyjnych. Spośród wyników generowanych przez model interesujące są w tym wypadku te, które określają wartości parametrów organizacyjno - produkcyjnych / np. rytmiczności produkcji /. Ich interpretacja pozwala na stwierdzenie, czy są one zgodne z parametrami projektowymi.

Badania optymalizacyjne modelu polegają na wykonaniu szeregu eksperymentów symulacyjnych dla różnych warunków produkcyjnych określanych według przygotowanego w specjalny sposób planu. Spośród wyników generowanych przez model w jednym eksperymencie interesująca jest w tym wypadku wartość funkcji kryterium, która jest kompleksową miarą oceny systemu. Po wykonaniu eksperymentów dla wszystkich pozycji planu, należy opracować uzyskane wyniki przy pomocy specjalnej procedury optymalizacyjnej, która wskazuje optymalne warunki pracy systemu. Zmienne decyzje w modelu określają postać podsystemu rezerw /rodzaj rezerw i ich wielkość /, wynikiem działania procedury optymalizacyjnej jest więc optymalna postać tego podsystemu.

## BUDOWA MODUŁU

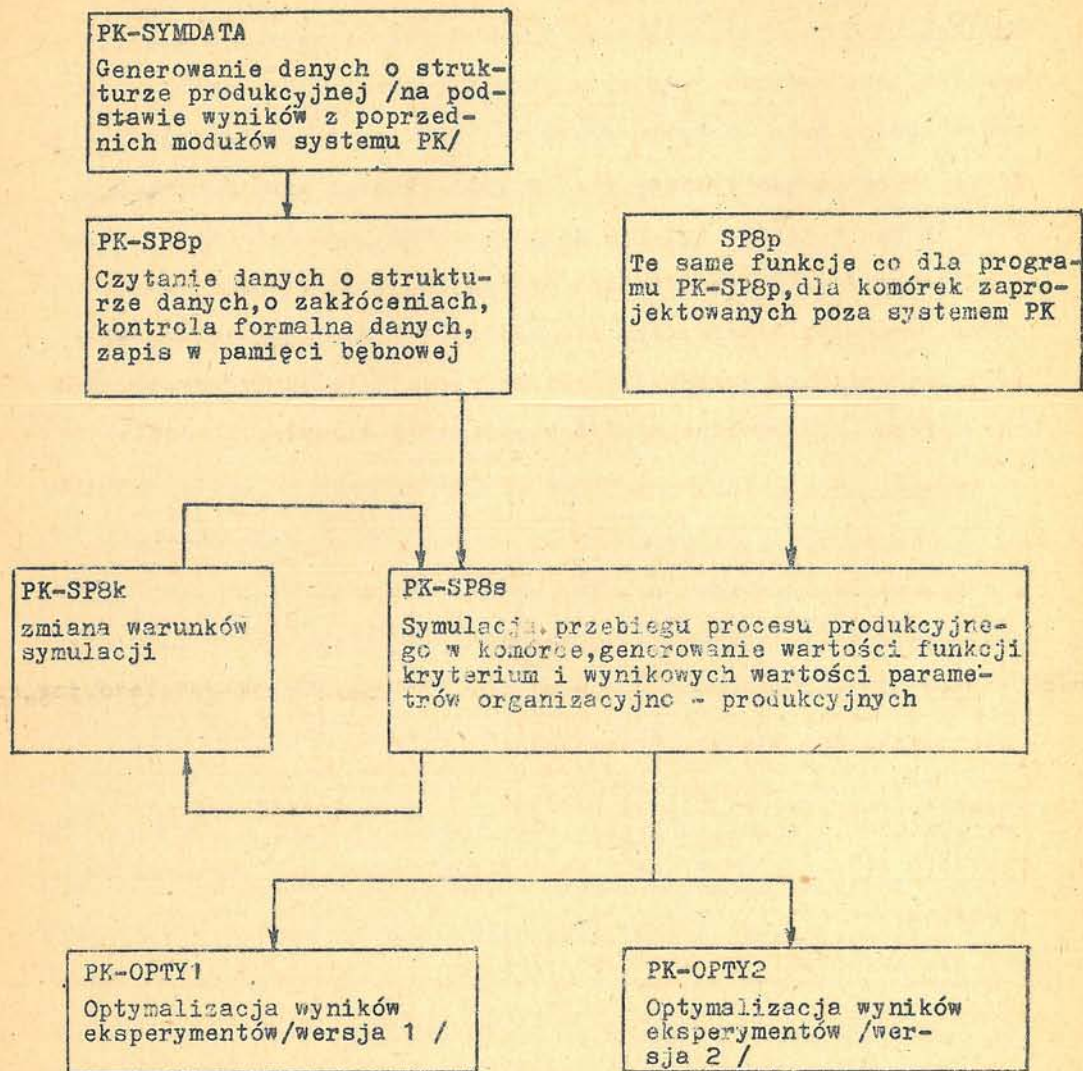
W skład modułu symulacji pracy komórek i projektowania rezerw produkcyjnych wchodzi siedem programów. Ich nazwy, funkcje i wzajemne powiązania przedstawione są na schemacie.

Wszystkie programy są napisane w języku ALGOL 1204-D na maszynie ODRA 1204.

Moduł ten jako część systemu projektowania komórek został przystosowany przede wszystkim do współpracy z innymi modułami tego systemu. Dane o strukturze zaprojektowanej przez poprzednie moduły są przygotowane przez program PK-SYMDATA. Następnie dane te, uzupełnione danymi o zakłóceniach /które, nie występują w innych modułach / są ostatecznie preparowane i zapisywane do pamięci bębnowej przez program PK-SP 8p. Tak utworzony zespół danych jest podstawą dla działania modelu symulacyjnego PK-SP 8s. W trakcie badania systemu, na modelu tym wykonuje się szereg eksperymentów, każdy z nich dla innych warunków produkcyjnych /innego zbioru wartości zmiennych decyzyjnych /. Bieżącej zmiany odpowiednich danych w pamięci bębnowej dokonuje się przy pomocy programu PK-SP 8k. Wreszcie po zakończeniu eksperymentów, uzyskane wyniki można poddać opracowaniu przez jeden z dwu programów optymalizujących : PK-OPTY 1, PK-OPTY 2. Obydwa programy wykorzystują metodę aproksymacji wyników eksperymentów wielomianem drugiego stopnia w przestrzeni wielowymiarowej / Wymiar tej przestrzeni jest równy liczbie zmiennych decyzyjnych w badanym systemie /, różnią się tylko postacią wie-



lomianu. Obok tego podstawowego sposobu wykorzystywania modułu możliwe jest badanie jego przy pomocy komórek, które zostały zaprojektowane poza systemem PK. Pełne dane o badanej komórce powinny być wówczas wprowadzone do pamięci bębnowej przy pomocy programu SP8p.



SCHEMAT MODUŁU SYMULACJI PRACY KOMÓREK I PROJEKTOWANIA

REZERW PRODUKCYJNYCH



## BUDOWA PROGRAMÓW

### a. Program PK-SYMDATA

#### Przeznaczenie :

Program PK-SYMDATA jest ogniewem pośrednim pomiędzy modulem symulacji i projektowania rezerw a pozostałą częścią systemu. Jego przeznaczeniem jest wygenerowanie danych o strukturze komórek zaprojektowanych w poprzednich etapach.

#### Dane :

Dane dla tego programu są zapisane w pamięci bębnowej, gdzie zostały umieszczone jako wyniki pracy poprzednich etapów projektowania.

#### Wyniki :

Dla każdej zaprojektowanej komórki program produkuje taśmę perforowaną zawierającą dane o strukturze komórki oraz niektóre dane kosztowe. Pełny zestaw danych zawiera następujące grupy informacji :

- dane określające wielkość komórki,
- dane określające wszystkie operacje produkcyjne w komórce / nr stanowisk, nr wyrobów, nr operacji, czasy tpz, czasy jednostkowe typy stanowisk /,
- dane kosztowe / koszt materiałów wejściowych, koszt wyrobów, koszt przestoju stanowisk /.

Wyprodukowana taśma stanowi część danych dla programu PK-SP8p, który ostatecznie organizuje pełny zestaw danych dla modelu symulacyjnego.

b. Program PK-SP8p / Nr bibl. B1-1.78/0440 /

Przeznaczenie :

Funkcją programu PK-SP8p jest przygotowanie kompletnych danych dla programu symulacyjnego PK-SP8s.

Dane :

Danymi dla programu PK-SP8p są :

- dane o strukturze komórki wygenerowane przez program PK-SYMDATA,
- dane o zakłóceniach oddziałujących na proces produkcyjny komórki.

Dla każdego rodzaju zakłócenia określona jest zmienna losowa, która w modelu reprezentuje to zakłócenie oraz określony jest zakres oddziaływania tego zakłócenia.

Pełną listę zakłóceń wraz z ich charakterystyką podaje poniższa tabelka :

Lp.	Rodzaj zakłócenia	Zmienna losowa	Zakres oddziaływania zakłócenia
1	Zakłócenia transportu międzystanowiskowego	Czas transportu międzystanowiskowego	Cała komórka
2	Absencja robotników	Wskaźnik liczby robotników nieobecnych na zmianie roboczej	Cała komórka
3	Zakłócenia przezbrojenia maszyn	Współczynnik wydłużenia czasu przezbrojenia	Cała komórka
4	Zakłócenia czasu dostawy materiałów	Czas dostawy materiałów	Jeden wyrób
5	Zakłócenia wielkości dostawy materiałów	Wielkości partii dostawczej	Jeden wyrób

od.tabelki na str. nast.



6	Awaryjność maszyn	Czas pracy bezawaryjnej	Grupa maszyn o tym samym charakterze awaryjności
7	Zakłócenia procesu naprawy maszyn	Czas naprawy maszyn	Grupa maszyn o tym samym charakterze awaryjności
8	Zakłócenia wydajności robotników	Współczynnik wydajności	Grupa robotników o tym samym charakterze wydajności
9	Brakowość wyrobów	Współczynnik brakowości	Grupa operacji jednego wyrobu o tym samym charakterze brakowości
10	Zakłócenia kooperacji	Czas przebywania partii części w kooperacji	Jedna operacja na partii części wykonywana w kooperacji

Każda zmienna losowa powinna być określona przez swój typ rozkładu prawdopodobieństwa oraz przez parametry tego rozkładu.

Wyniki :

Program PK-SP8p dokonuje kontroli czytanych danych pod względem formalnym ; wynikiem jego działania jest lista i opis wykrytych błędów. Przy braku błędów, wczytane dane zostają zorganizowane w odpowiednie zbiory i zapisane w pamięci bębnowej.

c. Program PK-SP8s /Nr bibl. B1-1.78-0439 /

Przeznaczenie :

Program PK-SP8s jest właściwym modelem symulacyjnym procesu produkcyjnego komórki pierwszego stopnia. Jego przeznaczeniem jest symulacja tego procesu, zbieranie interesują-

cych nas danych o jego przebiegu oraz organizacja i wydruk wyników.

Dane :

Danymi do programu PK-SP8s są wszystkie informacje zapisane w pamięci bębnowej przez program przygotowawczy PK-SP8p. W trakcie eksperymentów, dodatkowe dane określające wartości zmiennych decyzyjnych wprowadzane są przy pomocy programu PK-SP8k. Zmiennymi decyzyjnymi w modelu są rezerwy produkcyjne określone ilościowo w poszczególnych ich rodzajach. Zestawienie możliwych do uwzględnienia rezerw podaje poniższa tabelka :

Lp.	Rodzaj rezerwy	Miara ilościowa
1	Rezerwa maszyn	Liczba maszyn rezerwowych w poszczególnych grupach technologicznych maszyn
2	Rezerwa robotników	Liczba robotników rezerwowych w poszczególnych grupach zawodowych
3	Rezerwa wyrobów	Liczba partii rezerwowych części dla każdej operacji technologicznej
4	Rezerwa czasu	Różnica pomiędzy średnią wielkością okresu dostawy wyrobów a okresem powtarzalności komórki

Metoda :

Model PK-SP8s zbudowany jest w oparciu o technikę tzw. symulacji algorytmicznej. W całym procesie produkcyjnym zostało wyróżnionych osiem rodzajów czynności : przebrojenie, obróbka, transport, awaria, absencja, dostawa, zmiana robocza, kooperacja. Istotne dla procesu zmiany zachodzą na granicach pomiędzy tymi czynnościami w punktach zwanych zdarzeniami. W modelu wy-



różnionych zostało dwanaście rodzajów takich zdarzeń. Dla każdego zdarzenia opracowana została procedura określająca zmiany w procesie jakie są spowodowane przez to zdarzenie oraz ustalająca jego powiązania przestrzenne i czasowe z innymi zdarzeniami. Tzw. część centralna modelu powoduje wykonywanie poszczególnych procedur w kolejności wyznaczonej przez wyznaczony czas zajęcia odpowiadających im zdarzeń. W trakcie tak określonego procesu zbierane są dane niezbędne dla opracowania wyników końcowych, są to : czasy i wielkości wychodzących z komórki partii gotowych wyrobów, czasy przestoju maszyn i robotników, czasy oczekiwania części partii na obróbkę.

Wyniki :

Wynikami generowanymi przez model PK-SPBs w jednym przebiegu symulacyjnym są :

- rytmiczność produkcji wyrobów, rozumiana jako średnia wartość odstępu czasu między wpływem kolejnych partii jego samego wyrobu ;
- wartość funkcji kryterium, która jest kompleksową, kosztową oceną systemu przy ustalonym wariancie podsystemu rezerw ; na wartości funkcji składają się :
- koszt przestoju maszyn /zwykłych i rezerwowych /,
- koszt przestoju robotników / zwykłych i rezerwowych /,
- koszt zamrożenia środków obrotowych w rezerwie wyrobów,
- koszt przekroczenia zadanej rytmiczności,
- wartość wytworzonych wyrobów.

Na jeden eksperyment składa się zwykle kilka przebiegów symulacyjnych. Wynikami eksperymentu są wartości średnie rezultatów uzyskanych w poszczególnych przebiegach. Na jedno badanie systemu

składa się szereg eksperymentów wykonanych w punktach przest-  
rzeni decyzyjnej ustalonych wg specjalnego planu lub w dowol-  
nych punktach wybranych przez eksperymentatora.

d. Program PK-SP8k /Nr bibl. B1-1.78-0441 /

Przeznaczenie :

Program ten jest przeznaczony do zmiany warunków symula-  
cji bezpośrednio w pamięci bębnowej. W zasadzie, budowa tego  
programu umożliwia jego uniwersalne wykorzystanie do zmiany  
zawartości pamięci bębnowej w jej komórkach o zadanych adre-  
sach.

Dane :

Danymi do tego programu są informacje, które mają być  
zapisane w pamięci bębnowej oraz adresy zapisu. W przypadku  
Systemu, dane te dotyczyć będą przede wszystkim rodzajów rezerw  
produkcyjnych oraz wielkości poszczególnych rodzajów rezerw.  
Możliwa jest oczywiście w ten sposób zmiana dowolnej informa-  
cji o znanym adresie w pamięci bębnowej np. zmiana strumienia  
zakłóceń, zmiana parametrów operacji produkcyjnych itp. Dane te  
mogą być wprowadzane bezpośrednio z monitora w trybie konwer-  
sacyjnym lub z czytnika taśmy.

Wyniki :.

Wynikiem działania programu jest zmiana zawartości  
bębnowej. Możliwe jest uzyskanie kontrolnego wydruku na moni-  
tor lub drukarkę, potwierdzającego prawidłowość wprowadzonych  
danych.

e. Program PK-OPTY1 /Nr bibl. B1-1.78-0442 /

Przeznaczenie :

Program ten ma za zadanie aproksymację wyników doświadczeń



przeprowadzonych według z góry zadanego planu i znalezienie lokalnego ekstremum tego wielomianu. Współrzędne tego ekstremum wskazują na wartości zmiennych decyzyjnych, przy których badany system wykazuje optymalne własności.

Dane :

Danymi do programu są :

- dane określające wielkość modelu i liczbę eksperymentów,
- plan badania czyli zestaw wartości zmiennych decyzyjnych modelu we wszystkich eksperymentach,
- wartości funkcji kryterium dla wszystkich przeprowadzonych eksperymentów.

Dane te mogą być przygotowane na taśmie perforowanej lub wprowadzone do pamięci bębnowej przy pomocy programu PK-SP8k.

Metoda :

Wyniki eksperymentów są aproksymowane przy pomocy wielomianu drugiego stopnia w przestrzeni m-wymiarowej /m - liczba zmiennych decyzyjnych w modelu / postaci :

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^m b_i x_i + \sum_{i=1}^m c_i x_i^2$$

Ekstremum tego wielomianu znajdowane jest metodą jego różniczkowania i przyrównywania pochodnej do zera.

Wyniki :

Wynikiem działania programu są współrzędne punktu ekstremum. Możliwe jest również uzyskanie oszacowań współczynników regresji  $a_0$ ,  $b_i$ ,  $c_i$  wielomianu aproksymacyjnego.

f. Program PK-OPTY2 /nr bibl. B1-1.78-444 /

Program ten ma podobne przeznaczenie i własności jak program poprzedni PK-OPTY1. Różnica pomiędzy nimi polega na odmiennej postaci wielomianu aproksymacyjnego. W tym wypadku ma on postać :

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^m b_i x_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=i}^m c_{ij} x_i x_j$$

Jest to tzw. pełna postać wielomianu. Powinna ona być stosowana w wypadkach gdy podejrzewa się istnienie istotnych współzależności pomiędzy poszczególnymi zmiennymi decyzyjnymi w modelu.

Ta postać wielomianu wymaga przeprowadzenia znacznie większej, niż poprzednia, liczby eksperymentów.

g. Program SP8p /Nr bibl. B1-1.78-443 /

Program ten spełnia takie funkcje jak obydwa programy : PK-SYMDATA i PK-SP8p. Wczytuje on te same grupy informacji, jakie występują w tych programach i organizuje identyczny obraz wyników w pamięci bębnowej. Należy go używać, gdy badana komórka została zaprojektowana poza systemem i wobec tego dane o jej strukturze nie mogą być automatycznie wygenerowane przez program PK-SYMDATA.



## 7. ZAKOŃCZENIE

Prezentowany System projektowania i organizacji komórek produkcyjnych był opracowany z myślą jego praktycznego wykorzystania. Dlatego też, wszystkie programy i opracowania teoretyczne były wielokrotnie weryfikowane i testowane na danych rzeczywistych zaczerpniętych z przemysłu.

Na uwagę zasługują doświadczenia użytkowników programów w ZM URSUS, gdzie dokonano wdrożenia programów przy wykonywaniu realizowanych później projektów.

Opracowaniami zainteresowały się później również biura projektowe przemysłu maszynowego, między innymi BIPROMASZ Poznań. Biuro to z powodzeniem stosuje programy optymalizujące rozmieszczenie stanowisk w praktyce projektowej, włączając je do systemu projektowania technologicznego o nazwie projekt T, gdzie stanowią treść modułu 4.

Należy stwierdzić, że prace wykonane w ramach omawianego tematu nie wyczerpują całości zagadnień występujących w projektowaniu organizacji komórek produkcyjnych, dlatego też w Instytucie Organizacji Zarządzania planuje się modyfikację Systemu w oparciu o emc ODRA 1305.

Przewiduje się również podjęcie prac nad automatyzacją projektowania technologicznego Zakładów przemysłowych.

W skład nowego systemu wejdzie jako pewien fragment, opracowany obecnie system / po jego oprogramowaniu / a obok niego szereg innych, nowych programów, pozwalających w jeszcze większym stopniu zautomatyzować proces projektowania.

Autorzy systemu będą bardzo wdzięczni za opinie i uwagi

użytkowników systemu jak również wszystkich zainteresowanych problemami projektowania organizacji komórek produkcyjnych. Szczegółowe informacje o systemie, jego modułach i programach obliczeniowych, oraz taśmy z programami można uzyskać w Instytucie Organizacji Zarządzania Politechniki Warszawskiej. Ewentualną korespondencję prosimy kierować na adres 02-524 Warszawa, ul. Narbutta 85.





Wykaz danych niezbędnych do przeprowadzenia obliczeń różnymi technikami optymalizacji rozmieszczania stanowisk roboczych

Tabelle 1

Lp.	Nazwa techniki								
		Liczba rozstawianych stanowisk $N^1$	Mocierz powiązań stanowisk $S = S_{ij} N \times N^1 /$	Mocierz odległości miejsc $L = l_{pqh} XN^1 /$	Mocierz powiążeń funkcjonalnych stanowisk $S = S_{ij} N \times N^1 /$	Mocierz kosztów lokalizacji stanowisk $C = C_{id} N \times N$	Rozstawienie wstępne stanowisk $R = r_{ij} N$	Powierzchnia rozmierzonych stanowisk	Obiekty stałe
1	Programowania dynamicznego	+	+	+			+		
2	Przestawień Gołowej	+	+	+			+		
3	Najlepszego następstwa	+	+	+					
4	Przestawień Zorna	+	+	+			+		
5	MAT-przestawień Zorna	+	+						
6	Trójkątów Schlegella	+	+						+ <sup>3</sup>
7	CORELAP	+			+			+ <sup>2</sup>	+ <sup>4</sup>
8	HC 66	+	+	+		+			
9	MAT	+	+	+					
10	CRAFT 2/1	+	+	+			+		
11	CRAFT 2/2/1	+	+	+			+		+
12	CRAFT 2/2/2	+	+	+					+
13	CRAFT 2/3	+	+	+			+	+	+

- 1 - dane generowane przez program "Przygotowanie danych do rozmieszczenia obiektów"
- 2 - istnieje także wersja punktowa techniki CORELAP, która zakłada, że wszystkie stanowiska mają jednakowe wielkości
- 3 - szerokość powierzchni /liczba rzędów siatki trójkątów/ na której rozstawia się stanowiska
- 4 - kształt powierzchni: stosunek długości do szerokości powierzchni

Dobór techniki optymalizacji rozmieszczenia stanowisk  
robotycznych dla rozwiązania określonej klasy zadań

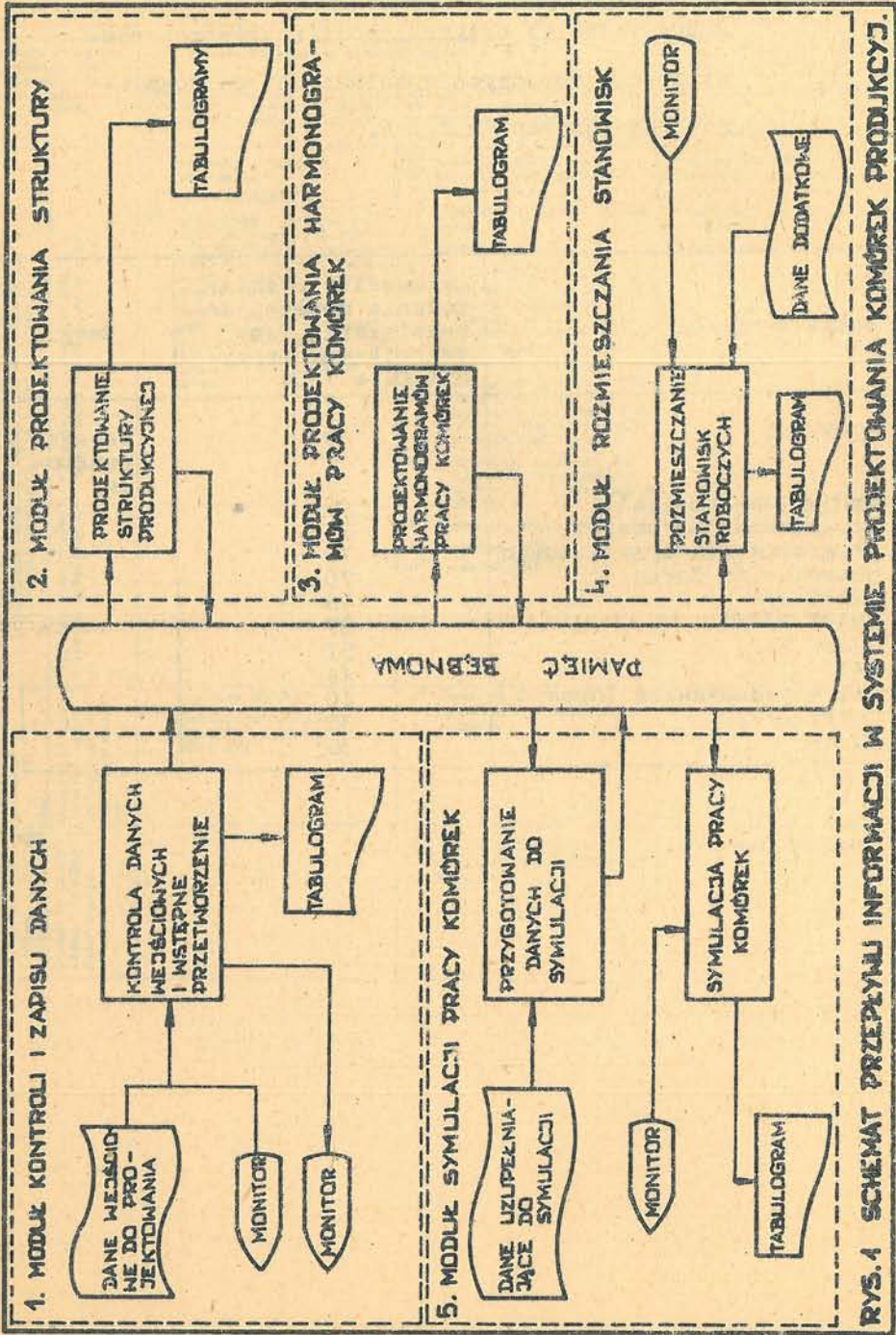
Tablica 2

Kryteria doboru techniki optymalizacji rozmieszczenia stanowisk robotycznych	Projektowanie nowych komórek produkcyjnych /techniki krokowe i kombinowana/		Modernizacja istniejących komórek produkcyjnych /techniki iteracyjne/	
	Kształt powierzchni dowolny /techniki z nieograniczoną możliwością wyboru miejsca/	Kształt powierzchni ściśle określony /techniki z ograniczoną możliwością wyboru miejsca/	Kształt powierzchni ściśle określony /techniki z ograniczoną możliwością wyboru miejsca/	
Rozmieszczenie stanowiska są jednakowej lub podobnej wielkości /techniki punktowe/	Wariantyła stanowiska należy uwzględnić w dowolnym miejscu	1 <sup>o</sup> technika trójkątów Schlegella 2 <sup>o</sup> technika CORELAP 3 <sup>o</sup> kombinacja techniki trójkątów Schlegella i techniki CRAFT 2/1, programowania dynamicznego, przestawień Gólowej i przestawień Zorna 4 <sup>o</sup> kombinacja techniki CORELAP i techniki CRAFT 2/1, programowania dynamicznego, przestawień Gólowej i przestawień Zorna	1 <sup>o</sup> technika CRAFT 2/2/2 2 <sup>o</sup> technika najlepszego następstwa 3 <sup>o</sup> techniki MAT-przestawień Zorna 4 <sup>o</sup> technika HC 65 5 <sup>o</sup> technika MAT 6 <sup>o</sup> kombinacja techniki najlepszego następstwa z technikami CRAFT 2/1, programowania dynamicznego, przestawień Gólowej i przestawień Zorna 7 <sup>o</sup> kombinacja techniki HC65 z technikami CRAFT 2/1, programowania dynamicznego, przestawień Gólowej i przestawień Zorna 8 <sup>o</sup> kombinacja techniki MAT z techniką programowania dynamicznego i przestawień Gólowej	1 <sup>o</sup> technika CRAFT 2/1 2 <sup>o</sup> technika programowanie dynamicznego 3 <sup>o</sup> technika przestawień Gólowej 4 <sup>o</sup> technika przestawień Zorna
		1 <sup>o</sup> technika CRAFT 2/2/2 2 <sup>o</sup> technika HC65 3 <sup>o</sup> technika MAT	1 <sup>o</sup> technika CRAFT 2/2/1	
Rozmieszczenie stanowiska są różnej wielkości /techniki modułowe/	Wariantyła stanowiska należy uwzględnić w dowolnym miejscu	1 <sup>o</sup> technika CORELAP 2 <sup>o</sup> kombinacja techniki CORELAP i techniki CRAFT 2/3	1 <sup>o</sup> technika CRAFT 2/3 /dowolne rozstawienie wstępne/	1 <sup>o</sup> technika CRAFT 2/3
Istniejące stanowiska o stałej lub zmiennej lokalizacji		1 <sup>o</sup> technika CRAFT 2/3 /dowolne rozstawienie wstępne/	1 <sup>o</sup> technika CRAFT 2/3	1 <sup>o</sup> technika CRAFT 2/3



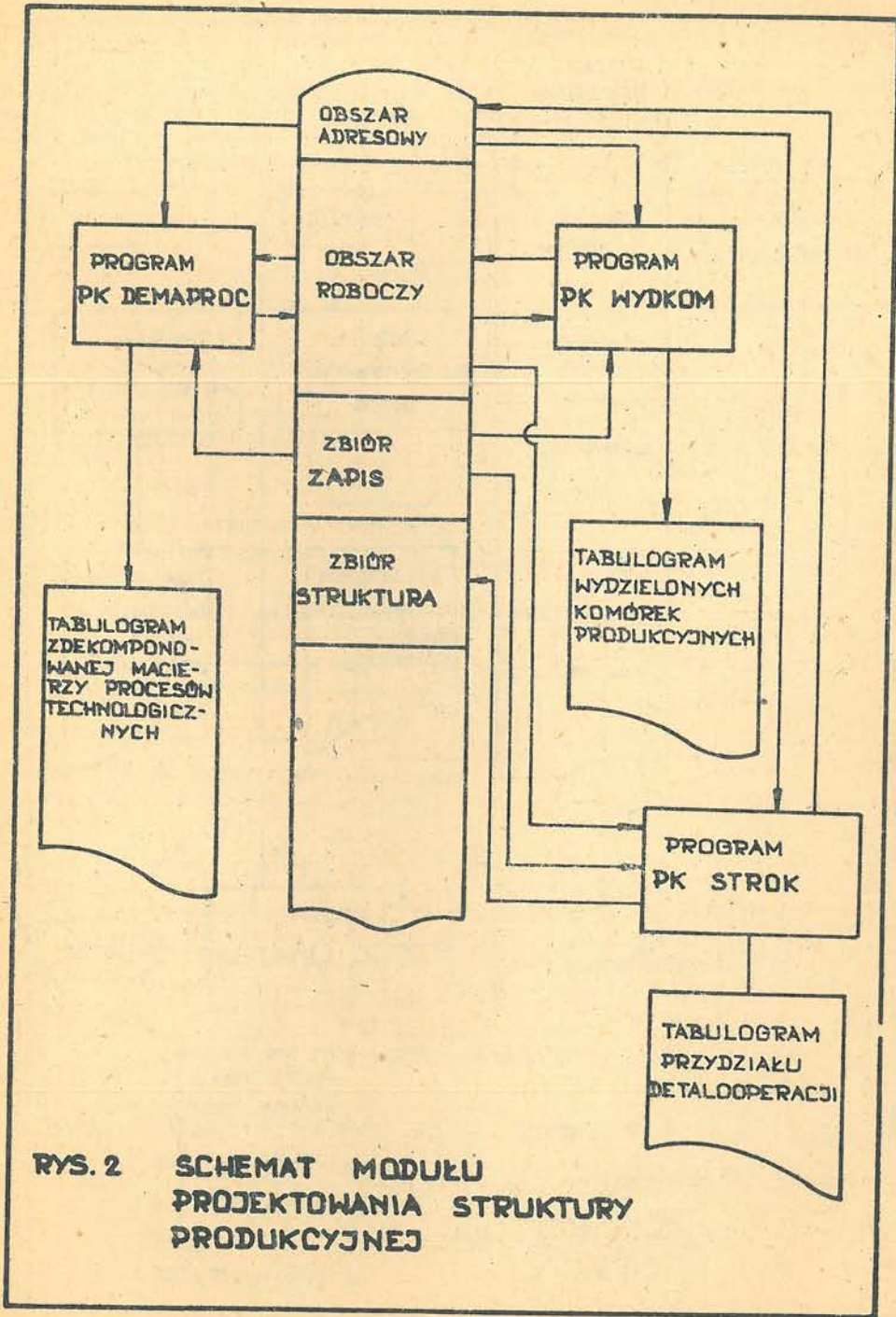
Dobór techniki optymalizacji rozmieszczania stanowisk roboczych w zależności od rozmiarów rozwiązywanych zadań.

Nazwa techniki	maksymalny rozmiar zadania możliwy do rozwiązania daną techniką na maszynie Odra 1204	Uwagi
CORELAP	99	wersja punktowa
trójkątów Schmigalli	95	
przestawień Gołowej	71	
programowania dynamicznego	70	
przestawień Zorna	70	
CRAFT 2/1	58	
CRAFT 2/2/1	57	
CRAFT 2/3	57	
MAT	44	
MAT - przestawień Zorna	40	
CRAFT 2/2/2	36	
HC 66	36	

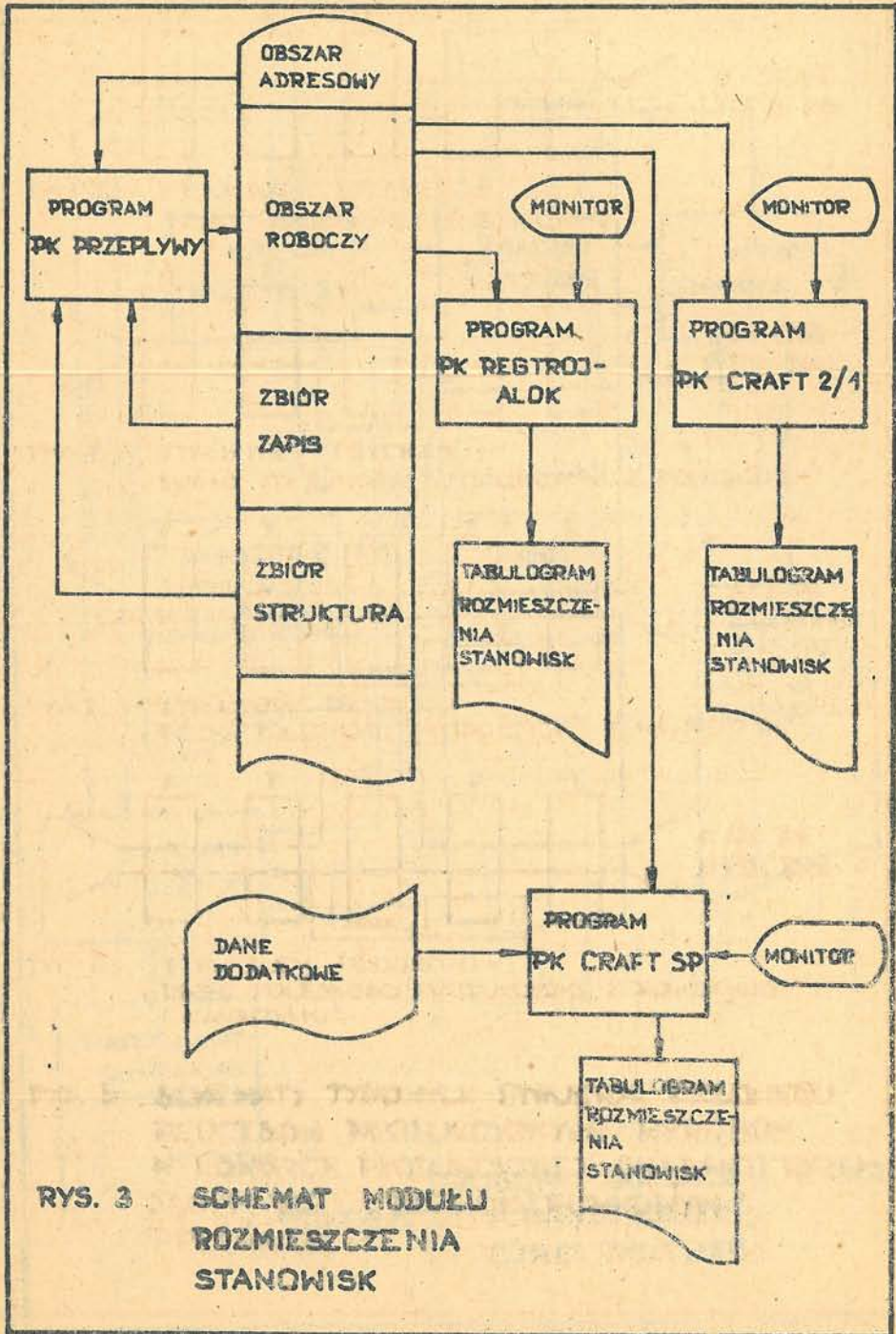


RYŚ. 4 SCHEMAT PRZEPŁYNU INFORMACJI W SYSTEMIE PROJEKTOWANIA KOMÓREK PRODUKCYJNYCH.



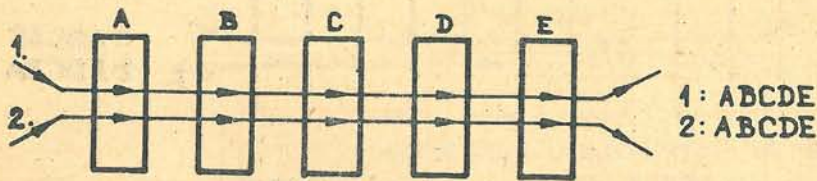


**RYS. 2 SCHEMAT MODUŁU  
PROJEKTOWANIA STRUKTURY  
PRODUKCYJNEJ**

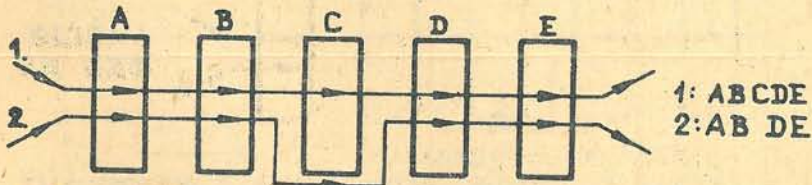


RYS. 3 SCHEMAT MODUŁU  
ROZMIESZCZENIA  
STANOWISK

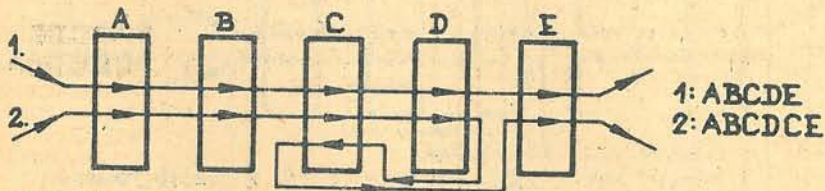




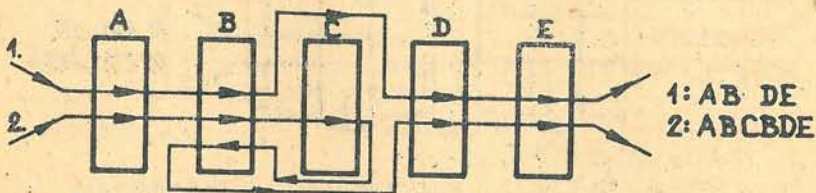
TYP 1. STRUKTURY PRZEBIEGU -  
"JEDNAKOWE KOLEJNOŚCI PRODUKCYJNE."



TYP 2. STRUKTURY PRZEBIEGU -  
"PODOBNE KOLEJNOŚCI PRODUKCYJNE."

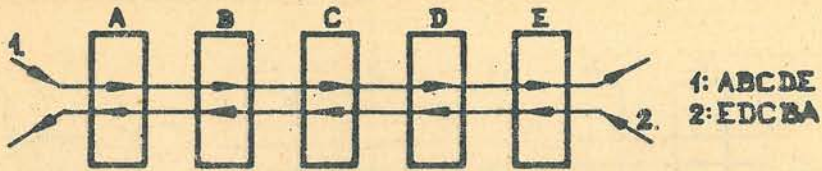


TYP 3. STRUKTURY PRZEBIEGU -  
"JEDNAKOWE KOLEJNOŚCI PRODUKCYJNE Z NAWROTAMI."

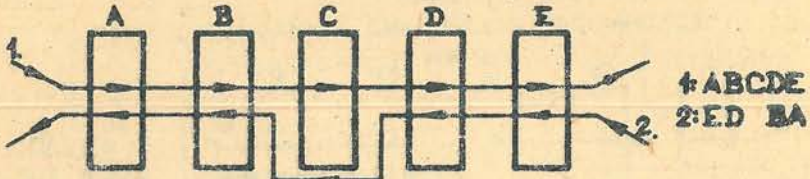


TYP 4. STRUKTURY PRZEBIEGU -  
"PODOBNE KOLEJNOŚCI PRODUKCYJNE Z NAWROTAMI."

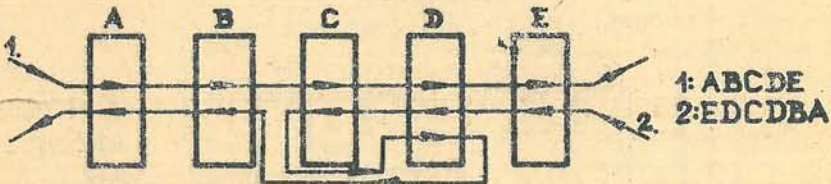
RYS. 4 SCHEMATY TYPOWYCH STRUKTUR PRZEBIEGU  
PROCESÓW PRODUKCYJNYCH WYROBÓW  
W KOMÓRCE PRODUKCYJNEJ CHARAKTERY-  
ZUJĄCYCH SIĘ "JEDNOKIERUNKOWYM"  
PRZEBIEGIEM



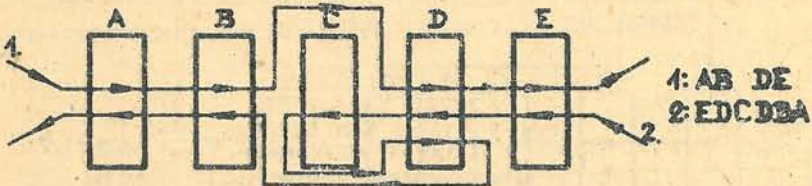
TYP 5. STRUKTURY PRZEBIEGU -  
" RÓŻNE KOLEJNOŚCI PRODUKCYJNE "



TYP 6. STRUKTURY PRZEBIEGU -  
" RÓŻNE KOLEJNOŚCI PRODUKCYJNE Z POMIJANIEM "



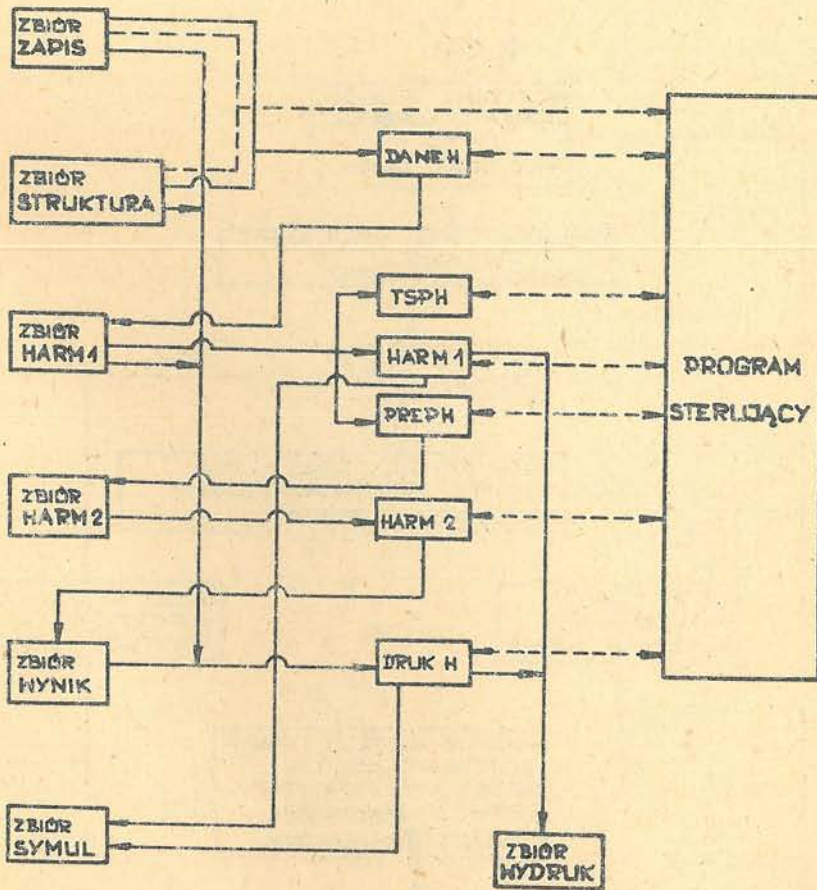
TYP 7. STRUKTURY PRZEBIEGU -  
" RÓŻNE KOLEJNOŚCI PRODUKCYJNE Z NAWROTAMI "



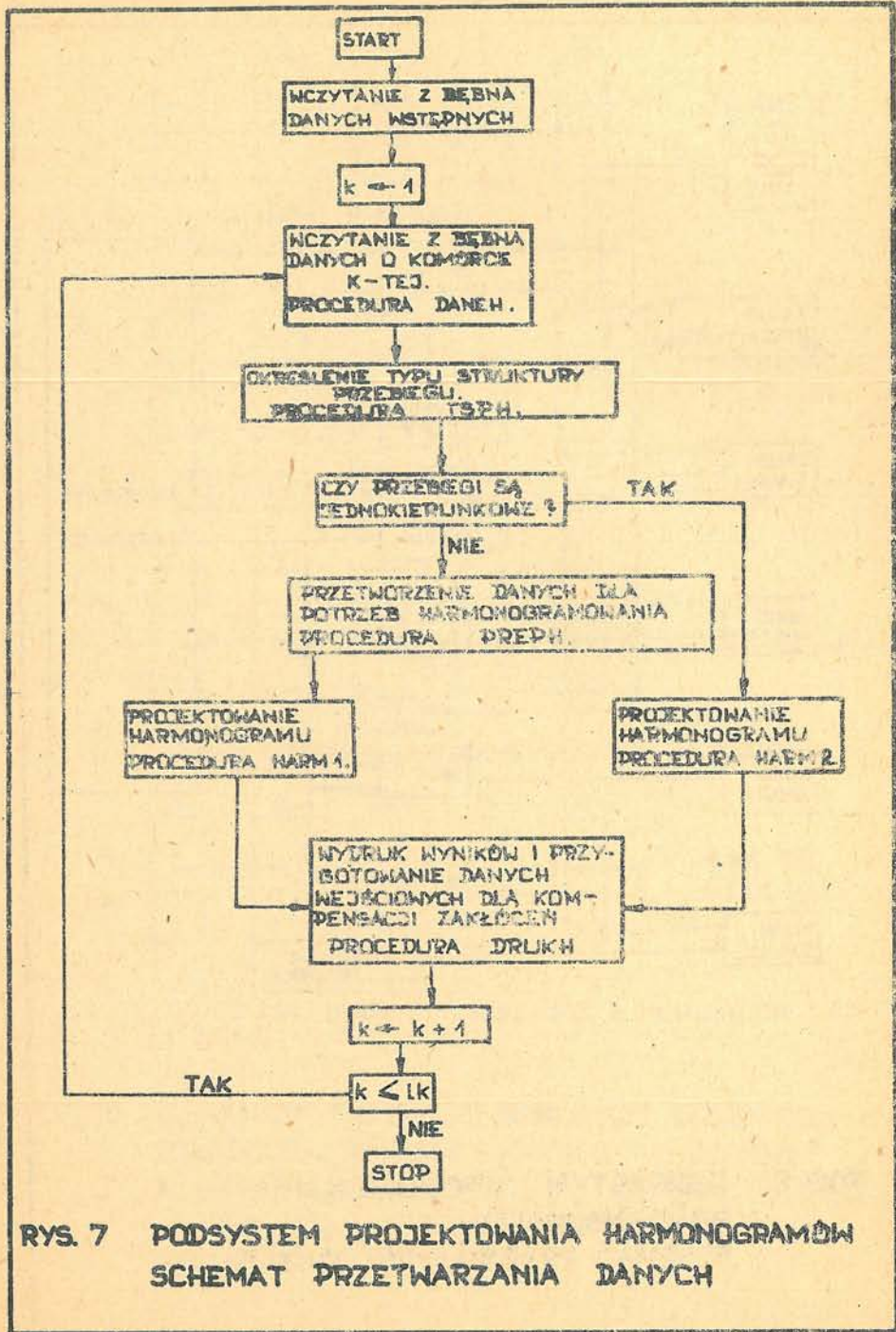
TYP 8. STRUKTURY PRZEBIEGU -  
" RÓŻNE KOLEJNOŚCI PRODUKCYJNE Z POMIJANIEM  
I NAWROTAMI "

RYS. 5 SCHEMATY TYPOWYCH STRUKTUR PRZEBIEGU  
PROCESÓW PRODUKCYJNYCH WYROBÓW  
W KOMÓRCE PRODUKCYJNEJ CHARAKTERYZU-  
JĄCYM SIĘ " RÓZNOKIERUNKOWYM "  
PRZEBIEGIEM





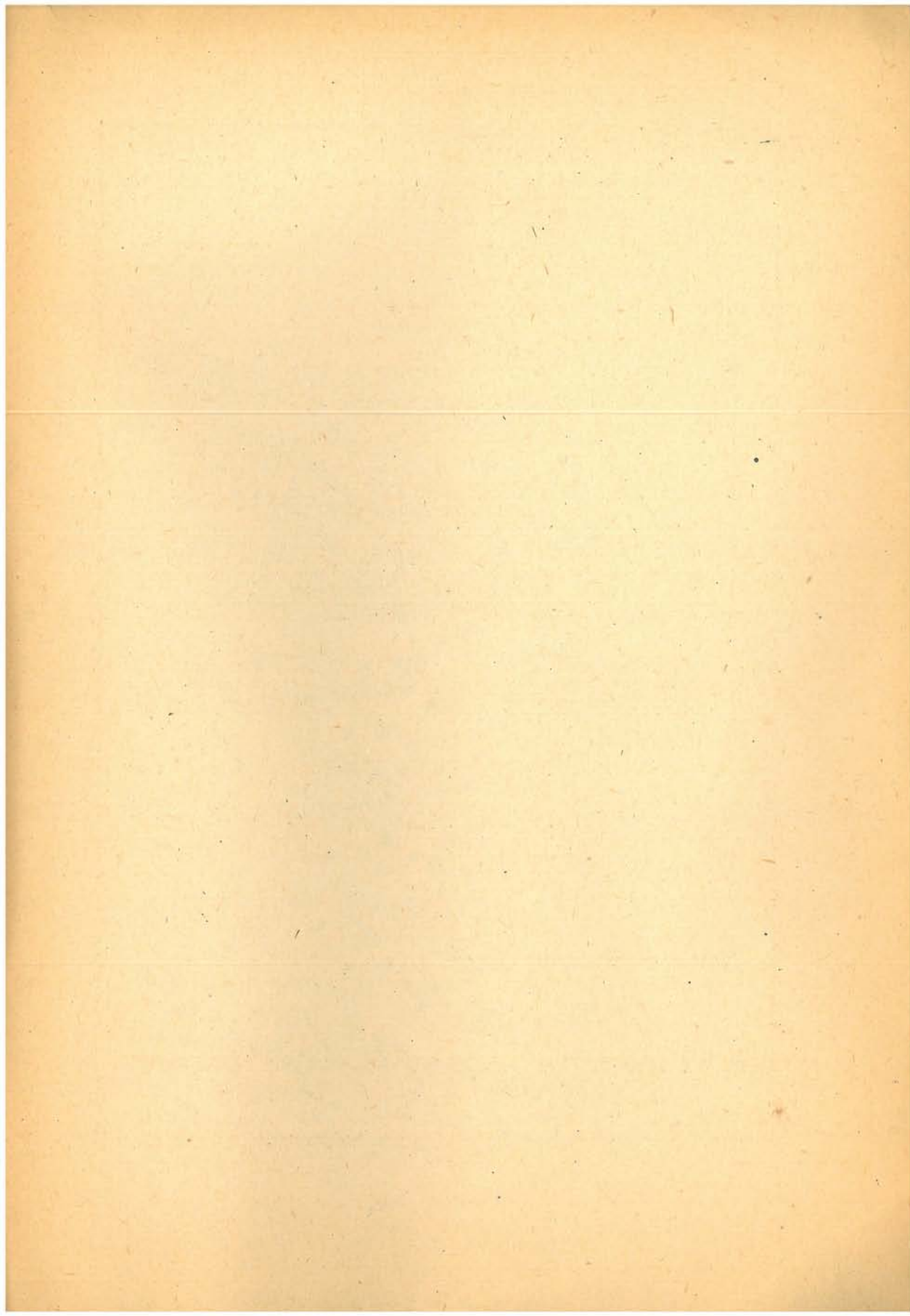
RYS. 6 PODSYSTEM PROJEKTOWANIA  
HARMONOGRAMÓW  
SCHEMAT PRZESYŁANIA DANYCH

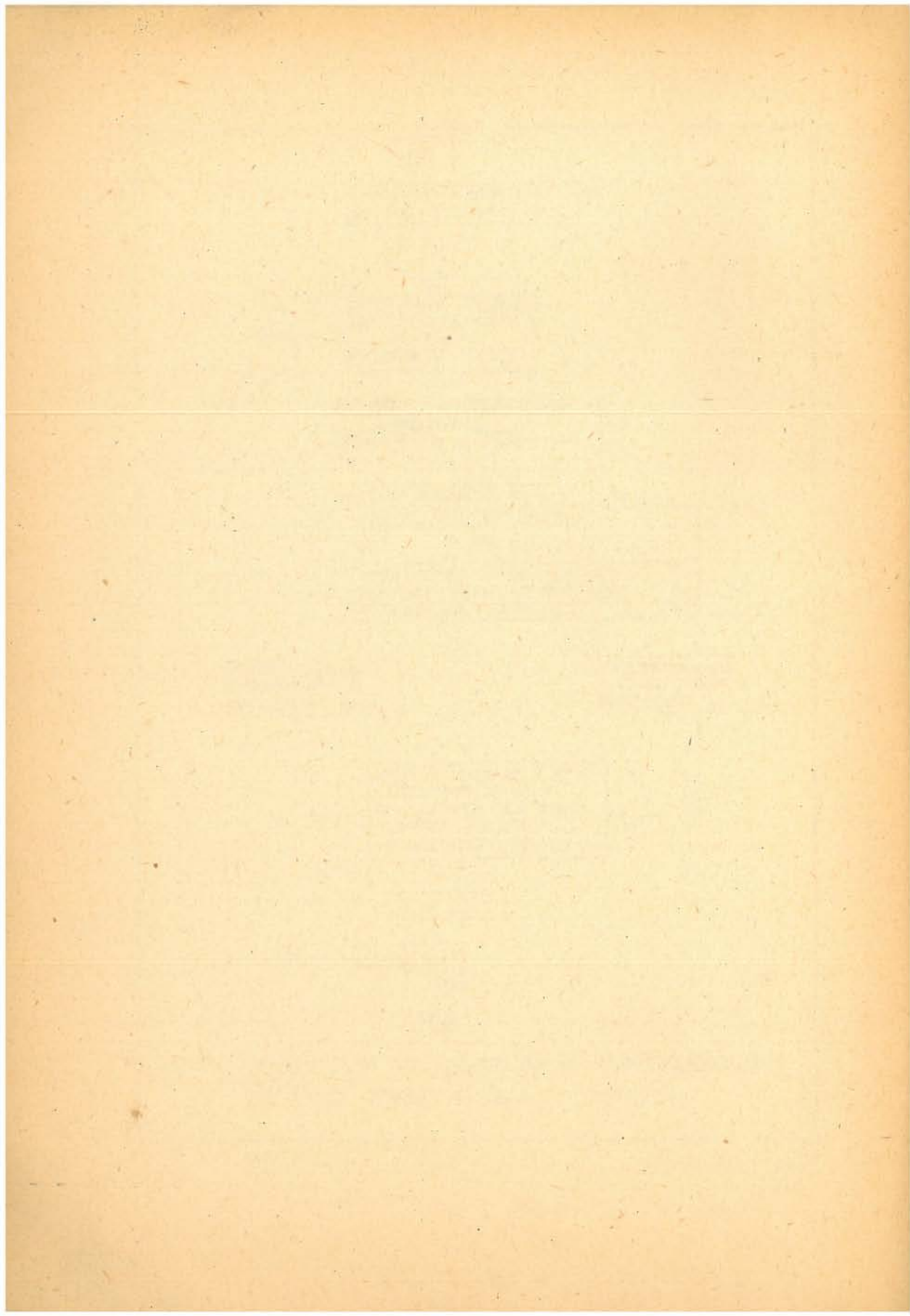


RYS. 7 PODSYSTEM PROJEKTOWANIA HARMONOGRAMÓW  
SCHEMAT PRZETWARZANIA DANYCH

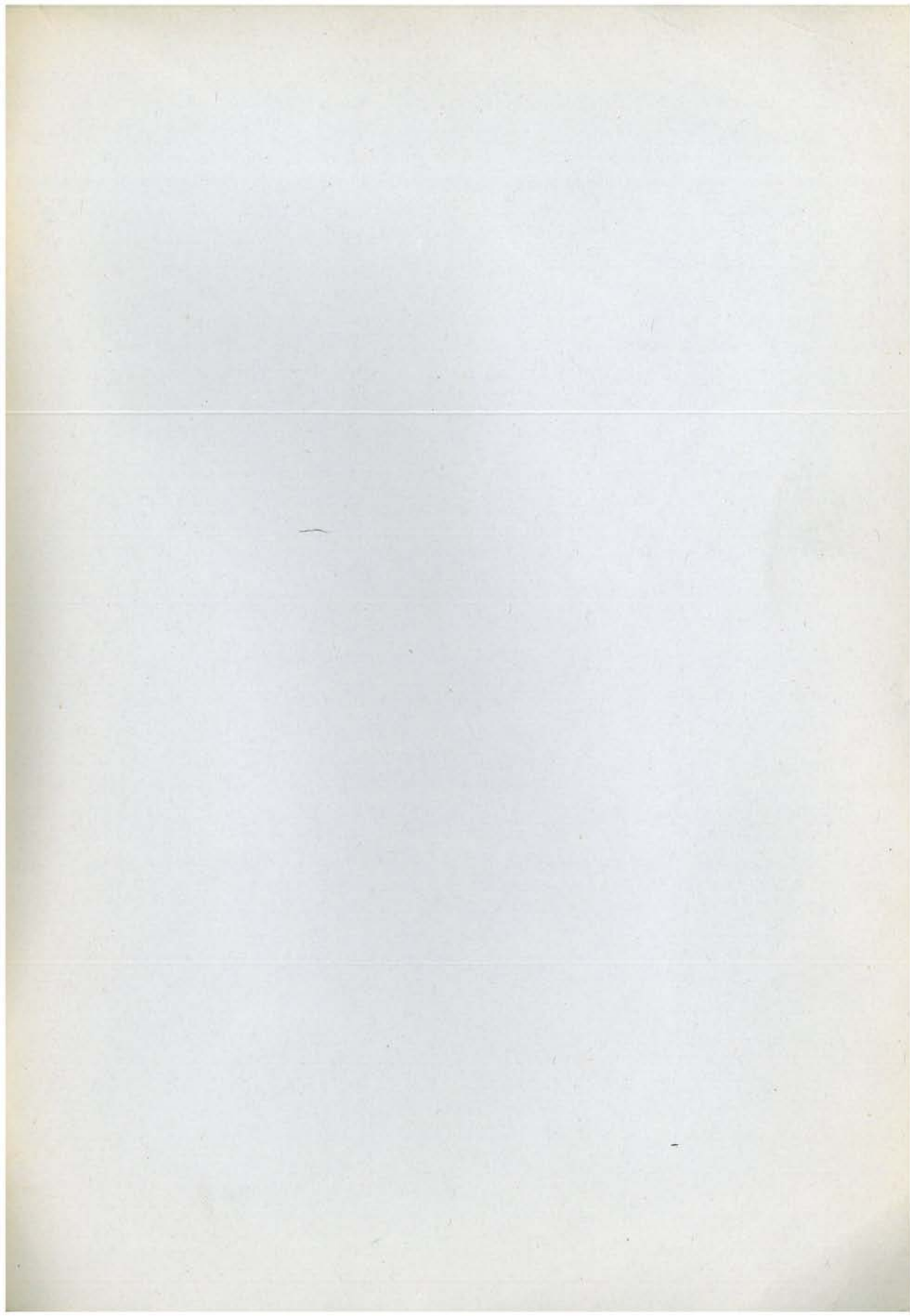












Biblioteka Śląska w Katowicach

Id: 0030000304355



II 478704