

Jerzy Gertych
Fabryka Samochodów Małolitrażowych
Tychy

ANALIZA PRACY WĘZŁA NAPRAW NA MONTAŻU GŁÓWNYM PRZY
DOCELOWEJ PRODUKCJI 200 TYS. SZTUK SAMOCHODÓW
(BADANIE MODELU SYMULACYJNEGO).

Streszczenie. W oparciu o model symulacyjny węzła napraw, napisany w języku GPSS/360, badana jest sytuacja, jaka może się wytworzyć przy osiągnięciu docelowej zdolności produkcyjnej, zwłaszcza chodzi o wykrycie wąskich gardeł. Zaproponowano wykorzystanie modelu do okresowej oceny ilości schodzących z taśmy montażowej samochodów.

1. Sprecyzowane zadania

Jednym z ogniw procesu montażu samochodu jest węzeł napraw, gdzie dokonywane są prace związane z usuwaniem usterek montażowych oraz wad zespołu napędowego i zawieszenia. Węzeł ten jest jednym z poważniejszych potencjalnych wąskich gardeł, którego znaczenie rośnie wraz z liczbą usterek oraz pracochłonnością ich usuwania. Wartości te, jak wiadomo, nie dają się precyzyjnie ustalić. Powstał zatem problem, czy planowane wyposażenie techniczne węzła /liczb stanowisk i wielkość pól zapasowych i buforowych/, jego obsada oraz liczba będących do dyspozycji zmian

roboczych, przy określonej statystycznie usterkowości i pracochłonności jej usunięcia, będą wystarczające do osiągnięcia docelowej zdolności produkcyjnej wydziału /200 tys. sztuk samochodów rocznie/.

Problem drugi wiąże się z określeniem dopuszczalnych wielkości strumieni samochodów, które mogą być kierowane do poszczególnych grup stanowisk, bez groźby utworzenia się w węźle wąskiego gardła.

2. Opis obiektu

Węzeł napraw i koniec linii montażowych razem wzięte, zwane dalej węzłem napraw, są fragmentem ciągu montażowego wydziału montażu Zakładu Nr 2 FSM w Tychach. W jego skład wchodzi następujące grupy stanowisk:

1. ustawianie świateł i kąta zbieżności kół /Iosa/,
2. przeglądu i kontroli ruchowej na rolkach oraz próby hamowania /rolki/,
3. usuwania usterek montażowych /naprawy I/,
4. usuwania wad zespołu napędowego i zamieszenia /naprawy II/,
5. próby drogowej,
6. usuwania usterek blacharskich.

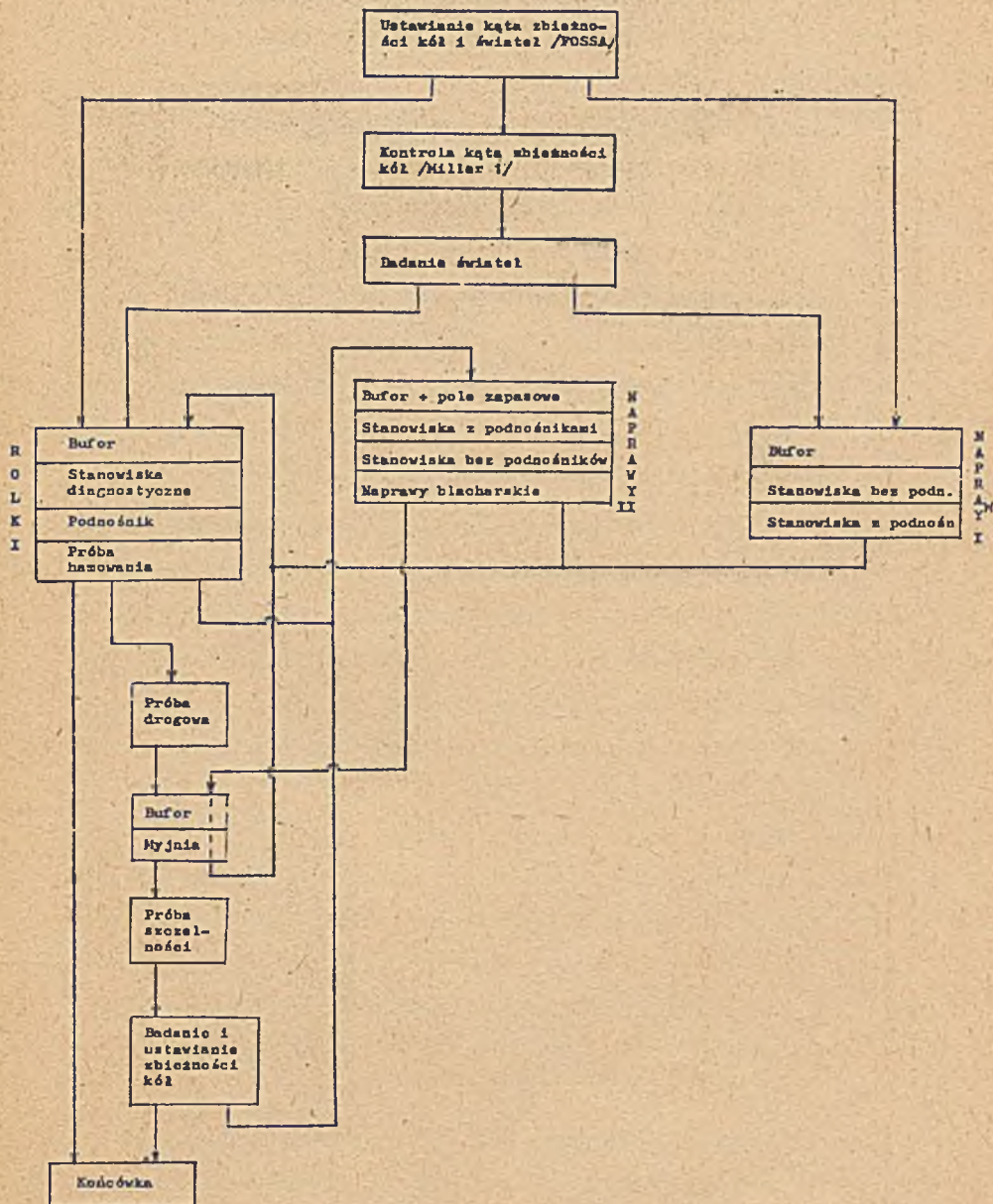
Schemat ogólny przepływu samochodów przez węzeł przedstawia rys. 1.

Pracę węzła determinują:

- liczba zadań wchodzących /samochody schodzące z taśmy montażowej/,
- liczba stanowisk i ich obsada,
- liczba i rodzaj usterek usuwanych na naprawach I i II /przy ich dużej zmienności i zróżnicowanej pracochłonności/,

SCHEMAT PRZEPIYU

ŁANOCIÓW PRZEZ POSZCZEGÓLNE STANOWISKA WĘZŁA NAPRAW



Rys. 1.

- liczba sprawowanych funkcji /czynności/,
- liczba i pojemność pól buforowych i zapasowych.

3. Opis modelu i sposob jego analizowania

Rozwiązanie postawionych na wstępie problemów wymagało zbudowania odpowiedniego modelu symulacyjnego i przeprowadzenia serii prób /eksperymentów/, mających na celu ocenę pracy węzła przy różnych parametrach.

Model zbudowano przy użyciu standardowego systemu GPSS /General Purposes Simulation System/ firmy IBM, a został on uruchomiony na komputerze IBM z serii 370/145 w Ośrodku Organizacji i Informatyki FSM w Bielsku-Białej.

Mając na uwadze redukcję rozmiarów modelu, została rozpatrzo-
na tylko jedna linia montażowa /przy dwóch pracujących/.

Praca w węźle prowadzona jest na dwie zmiany przy sporadycz-
nie uruchamianej trzeciej - dla wybranych grup stanowisk.

W związku z tym do symulowanej linii przypisano połowę
wszystkich stanowisk, pól buforowych i zapasowych, znajdu-
jących się w węźle napraw.

Jednostką czasu przyjętą w modelu jest minuta.

Czas trwania jednej średniej zmiany określono na 436 minut.

Dane o usterkowości samochodów /naprawy I/ schodzących z
linii montażowej opracowane zostały w oparciu o informacje
z okresu 2,5-miesięcznego. Opuściło w tym czasie montaż
około 5700 samochodów, co odpowiada wydajności zmianowej
badanej linii rzędu 90 sztuk.

W celu zredukowania rozmiarów tablicy usterek szczegółowe
dane, odpowiadające poszczególnym operacjom montażowym,
zagregowane zostały do 74 grup. Dla każdej z nich ustalono:
konieczność użycia specjalnego stanowiska z podnośnikiem,

szacunkową pracochłonność jej usunięcia w przeliczeniu na jednego pracownika oraz prawdopodobieństwo jej wystąpienia. Dla niektórych grup zaszła konieczność wydzielenia podgrup usterek, procentowo określonych, które różniły się znacznie pracochłonnością od pozostałych. Przyjęto ponadto, że tolerancja dla czasów usuwania usterek do 30 minut wyniesie $\pm 20 \%$; natomiast dla czasów ponad ten zakres $\pm 10 \%$.

Wady montażu i funkcjonalności zespołu napędowego oraz zawieszania, usuwane są w obrębie grupy stanowisk określonych jako naprawy II. Liczba grup usterek wyniosła 61. Pozostałe uwagi odnoszą się jak dla napraw I.

Dodatkowe zmiany robocze dla wybranych grup stanowisk /np. naprawy II/, które nie potrafiły uporać się z nadmiarem bieżących zadań, symulowane były w ten sposób, że odpowiednie ilości stanowisk oraz wielkości pól buforowych i zapasowych dodawane były do zmian zasadniczych.

Rozpływ samochodów /w %/ po każdej grupie stanowisk został określony statystycznie.

Symulację docelowej wielkości produkcji przeprowadzono przy następujących warunkach:

- ilość samochodów produkowanych na zmianie z linii wyniesie około 180 samochodów,
- produkcja odbywać się będzie na dwóch zmianach roboczych /w wyjątkowych sytuacjach uruchamiana będzie trzecia zmiana/,
- zostaną użyte docelowe ilości stanowisk, wielkości pól buforowych i zapasowych,
- mogą ulegać zmianie wielkości przepływu samochodów po poszczególnych grupach stanowisk,

- nie ulegają zmianie modele usterkowości napraw I i II.

Ponadto w modelu uwzględniono cały szereg szczegółowych zabiegów technologicznych i organizacyjnych zapewniających rytmiczną i nieprzerwaną pracę węzła napraw.

4. Eliminacje warunków początkowych

Start programu symulacyjnego odpowiada sytuacji, że w węźle napraw brak jest produkcji w toku, czyli samochodów będących w trakcie naprawy lub oczekujące na jej rozpoczęcie. Faktycznie bowiem pewna ilość aut jest przekazywana ze zmiany na zmianę. Aby wyeliminować tę nietypową ze statystycznego punktu widzenia sytuację, symulowane były trzy zmiany robocze, po których nastąpiło wyzerowanie stanu kartotek i statystyki, a pozostawiony został ^{stan} kolejek do poszczególnych stanowisk. W tej sytuacji uruchamiany był właściwy przebieg - symulujący 25 zmian roboczych dla produkcji rzędu 90 aut/zmianę oraz dla produkcji rzędu 180 aut/zmianę.

Skrócenie okresu symulacji tylko do 12 zmian przy produkcji docelowej podyktowane zostało niewielkimi różnicami w charakterystykach pracy węzła w stosunku do symulacji 25 zmian oraz koniecznością skrócenia czasów przebiegu programów na EMC.

I. Opis wydruków

1. Wydruk 1 podaje stany liczników wykorzystania poszczególnych bloków programowych, co pozwala zorientować się, ile razy w czasie przebiegu symulacyjnego wykorzystane były poszczególne sekwencje /bloki/ programowe.

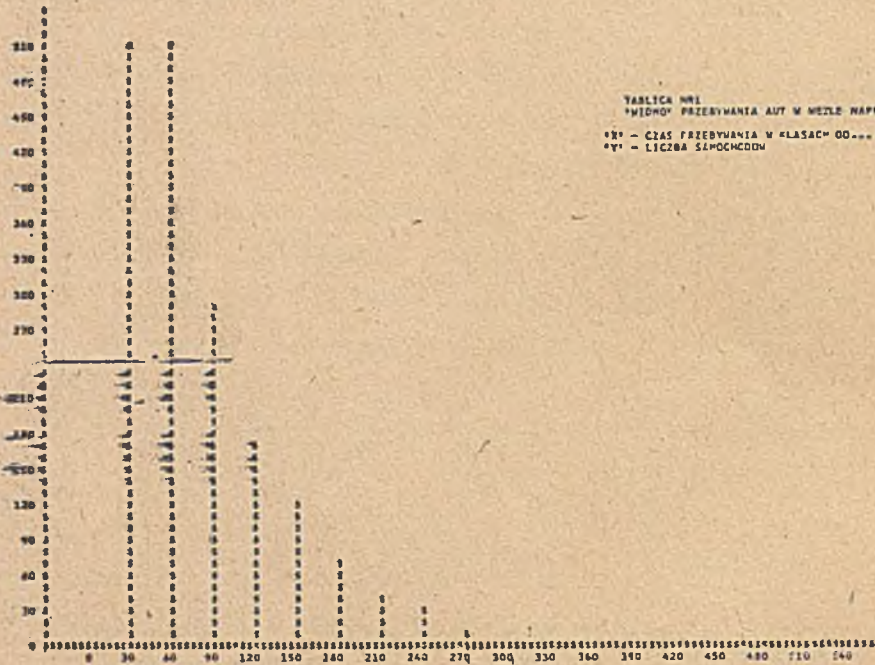
2. Wydruk 2 podaje informacje o stanie wykorzystania poszczególnych stanowisk roboczych. Brak stanowiska na wydruku świadczy o jego niekorzystaniu.
3. Wydruk 3 podaje informacje o stopniu wykorzystania pól buforowych, zapasowych lub grupy stanowisk.
4. Wydruk 4 podaje informacje o stanie kolejek. Pobyty w kolejce zostały tak zadeklarowane, że obejmują czas oczekiwania na wejście, przebywanie w polu zapasowym lub buforowym do danej grupy stanowisk oraz czas wykonania operacji.
5. Wydruk 5 podaje informacje o wskaźnikach zadeklarowanych przez programistę, charakteryzujących pracę węzła napraw, które obliczane są w oparciu o dane pobierane w różnych jego punktach.
6. Wydruk 6 przedstawia tablicę częstotliwościową kolejki wraz z odpowiadającym jej wykresem słupkowym. Obie te informacje pozwalają zorientować się, ile samochodów znajdowało się w badanym obszarze w różnych grupach czasowych /np. od 30-60 min/, jaki był średni czas przebywania wraz ze standardowym odchyleniem oraz jaka była łączna suma czasów napraw. Wydruk ten stanowi praktyczne wykorzystanie modułu raportowego do generowania nowych i modyfikacji standardowych wydruków. Wzór tabulogramu przedstawiony jest poniżej.

Przykłady pozostałych wydruków ze względu na ograniczoną objętość referatu nie zostały dołączone.

ANALIZA STATYSTYCZNA KOLEJKI O NAZWIE "NAPRO" W OKRESLOWYCH (ZADANYCH) PRZEDZIAŁACH CZASOWYCH

TABLE 1 ENTRIES IN TABLE 222a		MEAN ARGUMENT 64.770	STANDARD DEVIATION 83.375	SUM OF ARGUMENTS 148632.000	NON-WEIGHTED
UPPER LIMIT	OBSERVED FREQUENCY	PER CENT OF TOTAL	CUMULATIVE PERCENTAGE	CUMULATIVE REMAINDER	DEVIATION FROM MEAN
0	0	.00	.0	100.0	-1.053
30	452	29.29	29.2	70.7	-.590
60	709	31.83	61.1	38.8	-.106
90	267	16.48	77.6	22.3	.366
120	174	8.04	85.6	14.3	.839
150	124	5.37	91.2	8.7	1.313
180	75	3.36	94.6	5.3	1.786
210	48	2.13	96.9	3.4	2.260
240	31	1.43	97.9	2.0	2.733
270	11	.49	98.6	1.5	3.206
300	8	.33	98.8	1.1	3.680
330	7	.31	99.1	.8	4.153
360	3	.13	99.2	.7	4.626
390	5	.22	99.3	.4	5.100
420	2	.06	99.5	.4	5.573
450	3	.13	99.6	.3	6.047
480	1	.04	99.7	.2	6.520
510	3	.13	99.8	.1	6.993
540	1	.04	99.9	.0	7.467
570	0	.00	99.9	.0	7.940
600	0	.00	99.9	.0	8.413
630	2	.08	100.0	.0	8.887

REMAINING FREQUENCIES ARE ALL ZERO



TABLICA NR1
"WIDOK" PRZEBYWANIA AUT W WIELE NAPPAM
X - CZAS PRZEBYWANIA W KLASACH 00... 10...
Y - LICZBA SAPOCZEDOW

TABLE 1 ENTRIES IN TABLE 222a		MEAN ARGUMENT 64.770	STANDARD DEVIATION 83.375	SUM OF ARGUMENTS 148632.000	NON-WEIGHTED
-------------------------------------	--	-------------------------	------------------------------	--------------------------------	--------------

5. Analiza wyników.

Przeprowadzono serię następujących eksperymentów symulując pracę węzła napraw przy wielkości produkcji:

1. około 90 sztuk / zmianę, przy dwóch zmianach roboczych,
2. około 180 sztuk/zmianę, przy dwóch zmianach roboczych,
3. około 180 sztuk/zmianę, przy trzeciej zmianie roboczej dla wybranych stanowisk,
4. około 180 sztuk/zmianę, przy dwóch zmianach roboczych oraz przy usunięciu wąskich gardeł wykrytych w eksperymencie 2 poprzez zmiany rozpięty samochodów z poszczególnych grup stanowisk.

Analiza wyników eksperymentów symulacyjnych doprowadziła do następujących wniosków:

1. eksperyment 3 pokazał, że możliwe jest osiągnięcie docelowej zdolności produkcyjnej przez uruchomienie III zmiany dla niektórych grup stanowisk,
2. wielokrotne próby prowadzone w ramach eksperymentu 4 pozwoliły określić procentowe wskaźniki rozpięty aut: 26 % ogółem aut powinno być jednorazowo sprawdzane na rolkach oraz liczba aut kierowanych na naprawy blacharskie nie może przekraczać 12 %.

7. Wykorzystania modelu do okresowej oceny jakości produkcji

Pozytywna ocena ogólna modelu węzła napraw oznacza, że wyniki otrzymane na drodze symulacji są w wystarczającym stopniu bliskie rzeczywistym wartościom, co pozwala wykorzystać go do okresowej oceny jakości produkcji wchodzącej do węzła napraw.

Obecny sposób oceny usterkowości partii samochodów pozwala

na wyliczenie średniej ilości usterek przypadających na samochód. Jest to ocena bardzo niedoskonała, gdyż na usunięcie np. jednej usterki potrzeba 5 min, a innej - 50 min. Rozpatrując ten problem z punktu widzenia pracochłonności porównywania dwóch okresów czasu, w których występowały dwie identyczne ilości usterek na samochód, nie otrzyma się odpowiedzi na pytanie, który z tych okresów był lepszy, w którym jakoś produkcji była wyższa /mniejsza pracochłonność usuwanych usterek/.

Ocenę usterkowości w wielkościach bezwzględnych /w minutach/ w postaci średniej pracochłonności usunięcia usterek na samochód, standardowego odchylenia od wartości średniej, sumy czasów usuwania usterek w całej partii samochodów oraz tablicy częstościowej określonej kolejki wraz z wykresem słupkowym przedstawia wydruk 5. Warunkiem jego otrzymania jest wprowadzenie do programu danych dotyczących modelu napraw I i II oraz wskaźników rozprawy za okres, którego ocena ma być dokonana.

АНАЛИЗ РАБОТЫ РЕМОНТОГО ГЛАВНОГО МОНТАЖА ПРИ ПЛАНИРОВОЧНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ 200 ТЫСЯЧ ШТУК АВТОМОБИЛЕЙ FIAT 126p; (ИССЛЕДОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ)

Р е з ю м е

На основе имитационной модели ремонтного гнезда (на языке GPSS(360) исследуется в настоящей работе ситуация возможная при достижении планировочной производительности. Особое внимание обращено на "узкие горла".

Предлагается использование для периодической оценки качества выпускаемых машин.

ANALYSIS OF A REPAIRING CENTRE ON THE MAIN ASSEMBLING LINE FOR
A SCHEDULED PRODUCTION OF 200.000 CARS

S u m m a r y

Using a simulation model of the repairing centre in the GPSS/360 language, the situation which might occur for a scheduled 200.000 cars production is analysed, with special attention to bottleneck problems. The model may be used for periodical check-up of the quality of cars on the assembly line.