

Cramp

AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA  
im. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH  
w Bydgoszczy



ZESZYTY NAUKOWE

Nr 28

BUDOWNICTWO

(6)

MATERIAŁY SESJI NAUKOWEJ WYDZIAŁU BUDOWNICTWA  
LĄDOWEGO

PROBLEMY KONSTRUKCYJNE I TECHNOLOGICZNE

Bydgoszcz 7 i 8 XII 1973 rok

— BYDGOSZCZ 1976 —



AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA  
im. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH  
w Bydgoszczy



ZESZYTY NAUKOWE

Nr 28

BUDOWNICTWO

(6)

MATERIAŁY SESJI NAUKOWEJ WYDZIAŁU BUDOWNICTWA  
LĄDOWEGO

PROBLEMY KONSTRUKCYJNE I TECHNOLOGICZNE

Bydgoszcz 7 i 8 XII 1973 rok

— BYDGOSZCZ 1976 —

**REDAKTOR NACZELNY**

*Zbigniew Kikiewicz*

**REDAKTOR NAUKOWY**

*Zygmunt Wiśniewski*

**REDAKTOR TECHNICZNY**

*Elżbieta Rubaszkiewicz*

Wydano za zgodą Rektora  
Akademii Techniczno-Rolniczej  
w Bydgoszczy

WYDAWNICTWO UCZELNIANE AKADEMII TECHNICZNO-ROLNICZEJ  
W BYDGOSZCZY

---

ZP UMK, zam. 584, ark. wyd. 7,3, B-5, nakł. 200 egz., S-5/281, cena zł 10,—

---

## Spis treści

	Strona
1. Krystyna Habdas: Niektóre problemy postępu technicznego w budownictwie.....	6
2. Tadeusz Kabat : Obliczenia na EMC wstępnie napiętego płaskiego układu cięgien parabolicznych.....	26
3. Wacław Kwiecień: Zastosowanie bazowego tachymetru BRT 006 przy pomiarach okrągłych murowanych kominów przemysłowych....	52
4. Edmund Lubieniecki, Roman Kolański: Naprężenia drugorzędne w kratowych ustrojach sprężonych.....	70
5. Romuald Napierała: Niektóre zadadnienia teoretyczne, technologiczne i praktyczne dotyczące mas bitumicznych wytwarzanych i wbudowywanych na zimno.....	80
6. Andrzej Stefański, Tham Nguyen: Zagadnienia przestojów w montażu budynków wielkopłytowych.....	106
7. Eugeniusz Waliszko: Światowe tendencje ochrony tajemnicy "Know-how".....	126



Krystyna Habdas

## NIEKTÓRE PROBLEMY POSTĘPU TECHNICZNEGO W BUDOWNICTWIE

W artykule niniejszym omówiono różnorodne interpretacje pojęcia postępu technicznego, jego definicji, istniejące poglądy na rolę postępu technicznego i towarzyszące mu aspekty społeczne. Szerzej rozpatrzono znaczenie postępu technicznego w budownictwie i częściowo omówiono niektóre jego mierniki oraz metodologię kwantyfikacji ogólnej efektywności wdrażanego do budownictwa postępu technicznego. Artykuł stanowi zarazem próbę krytycznego uogólnienia aktualnego stanu technicznego uzbrojenia pracy w polskim budownictwie i wynikających zeń niektórych ważniejszych zadań, stojących przed postępowaniem technicznym na tle istniejącego programu naszego budownictwa w najbliższej perspektywie.

### 1. Istota postępu technicznego

Pojęcie postępu technicznego nie jest jednoznaczne i jak dotąd nie ma jednej ściśle ustalonej definicji. Problemem postępu technicznego zajmuje się wiele dyscyplin naukowych i każda z nich interpretuje i określa jego definicję odmiennie.

Współczesny polski filozof prakseolog, Tadeusz Kotarbiński określa postęp techniczny następującym aforyzmem: "Wszelki postęp jest jakimś wyzwoleniem ..., kluczowym pojęciem dynamiki postępu, jest w naszym rozumieniu pojęciem sytuacji przymusowej ..., ludzie tworzą nowe drogi przeważnie wtedy, kiedy tylko nową drogą można wyjść z matni." [4]

Podobny punkt widzenia reprezentował Oskar Lange, który twierdził, iż postęp techniczny winien być racjonalny czyli rozumny ze względów rzeczowych jak i metodologicznych. Analizując

ten problem pisze on, że: "Zespół środków służących do realizacji celu oraz sposób ich stosowania stanowi technikę danej działalności gospodarczej. Mówimy więc o technice dystrybucji, a w bardziej szczegółowym ujęciu rozróżniamy technikę rolniczą/a - grotechnikę, zootechnikę/, technikę górnictwa, technikę produkcji stali i wiele innych. W szerokim tego słowa znaczeniu termin "technika" jest równoznaczny z terminem "metoda", który jak wiemy, oznacza systematyczny sposób postępowania zmierzający do osiągnięcia określonego celu.[5]

Jeszcze inne określenie pojęcia postępu technicznego dał Marian Kalecki. W jego interpretacji postęp techniczny to innowacje, czyli "stopniowe przystosowanie aparatu wytwórczego przedsiębiorstwa do stanu technologii ...". Pojęcie innowacji jest u Mariana Kaleckiego równoznaczne z rozwojem techniki czyli z postępem technicznym. Wynika to z jego następującego wywodu: "Definicję innowacji można z łatwością rozszerzyć w taki sposób, ażeby objęła pokrewne zjawiska, jak wprowadzenie nowych produktów, których wytwarzanie wymaga nowych urządzeń, eksploatacja nowych źródeł surowców, która wymaga nowych inwestycji w dziedzinie produkcji i transportu itd." [3] Jak wynika z tych wypowiedzi, M. Kalecki określa jednoznacznie treść postępu technicznego wyłącznie przez pryzmat ekonomii.

W świetle całokształtu przeprowadzonych rozważań i wyprowadzonych krytycznie wywodów opartych o współczesną literaturę naukową, definicję taką można sformułować następująco:

postęp techniczny jest to doskonalenie środków produkcji /zwłaszcza środków pracy/ i metod wytwarzania oraz organizacji procesu produkcji zmierzających do oszczędności nakładów społecznej pracy żywej i uprzedmiotowionej w celu zwiększenia możliwości zaspokajania stale rosnących ilościowych i jakościowych potrzeb społecznych.



Takie sformułowanie postępu technicznego jest najbardziej zbliżone do obiektywnie istniejącej rzeczywistości.

Rewolucja naukowo-techniczna stanowi istotny czynnik budowy socjalizmu. Uzupełnia skutecznie rewolucję społeczną w postępowych procesach rozwojowych ludzkości.

Znaczenie postępu technicznego we współczesnym świecie nieustannie wzrasta. Zrodziło ono wiele różnych poglądów na przyszłe losy ludzkości. Na przykład jeden z kierunków zwany "optymizmem technicystycznym" głosi bezgraniczną wiarę we wszechpotęgę techniki, w jej automatycznie dobroczynne skutki. Natomiast kierunek cechujący się technofobią głosi wręcz wrogość do postępu technicznego, który ma degradować osobowość ludzką i nieść zagładę światu. Jeszcze inny pogląd na rolę postępu technicznego zwany kierunkiem "racjonalistycznym" widzi w nim środek stałej poprawy warunków materialno-duchowych ludzkości, a jednocześnie dostrzega zagrożenie, które niesie ze sobą technika.[7] Ten trzeci kierunek wydaje się być obiektywnym i zgodnym z nauką.

Ze względu na swoje następstwa, aspekty społeczne postępu technicznego nabierają aktualnie bodaj najważniejszego znaczenia.

Postęp techniczny wywiera decydujący wpływ na całą gospodarkę narodową, zarówno na wszystkie jej działy produkcyjne jak i na działy sfery nieprodukcyjnej. Postęp techniczny to przede wszystkim obniżka kosztów własnych, wzrost wydajności pracy i lepsza produkcja z jednej strony - z drugiej zaś strony, wymaga coraz to większych nakładów inwestycyjnych. Przeciętne nakłady inwestycyjne na 1 dodatkowo zatrudnionego w gospodarce narodowej wynoszą około 600 tys. zł. Przy końcu bieżącej 5-latki utworzenie 1 stanowiska pracy wynosić ma przeciętnie 800 tys. zł. Ten wzrost nakładów inwestycyjnych na nowoczesną technikę, nie jest wyłącznie cechą polskiego postępu technicznego, jest to bowiem prawidłowość właściwa wszystkim krajom, w których rozwija się postęp techniczny. Na przykład w RFN koszt uzbrojenia technicznego jednego stanowiska pracy w przemyśle tradycyjnym wynosi od 7 tys. do 30 tys. DM, a w zakładach wysoce zautomatyzowanych wynosi od 100 tys. do 0,25 mln. DM. Koszt jednego stanowiska pracy w nowoczesnych obiektach przemysłowych w Stanach Zjednoczo -

nych przekroczył już dawno 100 tys. dolarów<sup>[9]</sup>.

Postęp techniczny przynosi więc nie tylko poważne korzyści gospodarcze, ale pochłania zarazem poważną część dochodu narodowego, co wywołuje zwykle ujemne reperkusji jeżeli chodzi o stopę życiową ludzi pracy. Dla tego też wdrażając postęp techniczny, w aktualnych warunkach polskiej gospodarki narodowej należy kierować się przy wyborze określonej alternatywy, rachunkiem jego ekonomicznej efektywności, pozwalającą osiągnąć możliwie największe korzyści gospodarcze przy optymalnych nakładach inwestycyjnych.

Postęp techniczny ma doniosły wpływ na wzrost wydajności pracy. Doskonali narzędzia i maszyny oraz metody pracy, ułatwia wykonanie prac uciążliwych i uprzednio w ogóle niemożliwych. Pod wpływem postępu technicznego metody produkcji zmieniają się coraz szybciej. Powoduje to przechodzenie od pracy fizycznej do mechanicznej, a wreszcie do pełnej automatyzacji. Zmienia się struktura zatrudnienia - maleje liczba pracowników niewykwalifikowanych na korzyść liczby pracowników ze średnim i wyższym wykształceniem. Wzrost wymogów kwalifikacji zawodowych wywołuje bardzo istotne skutki społeczne, rzutując na konieczność rozwoju oświaty i szkolnictwa zawodowego różnych stopni, tworząc społeczeństwo o coraz wyższej kulturze i poziomie cywilizacji.

Pozytywnym następstwom postępu technicznego towarzyszą niekiedy trudne problemy społeczne. Postęp techniczny rodzi nie tylko potrzebę stałego wzrostu kwalifikacji zawodowych, ale również obawę przed ewentualnym spadkiem zarobków pracowników zatrudnionych już przy danym poziomie technicznym, a nawet lęk przed utratą pracy. Wielu pracowników szczególnie starszych wiekiem, którym trudno już podnosić kwalifikacje zawodowe, zmieniać swe nawyki i przyzwyczajenia wraz z nowymi wymogami i warunkami pracy, posiada psychiczne opory w stosunku do postępu technicznego. Wymienione ujemne skutki postępu technicznego są

przyczyną szkodliwego zjawiska uszkodzania urządzeń przez pracowników, niewykorzystywania i magazynowania bardzo wielu najnowszych /importowanych/ urządzeń przez kierownictwo zakładu, których łączna wartość w skali kraju sięga kilku mld złotych. Dlatego też problem wdrażania postępu technicznego winien być rozpatrywany wraz z programem rozwiązywania ludzkich problemów i od nich uzależniony. Z humanitarnego punktu widzenia nie należy wdrażać postępu technicznego w tych zakładach pracy lub na takich stanowiskach pracy, gdzie aktualnie nie można właściwie rozwiązać problemów ludzkich. Ma to szczególne znaczenie w tych rejonach, które w danym okresie dysponują nadmiarem zwykle niewykwalifikowanej siły roboczej.

Wykorzystywanie maszyn cyfrowych w sferze programowania, planowania, zarządzania i sterowania procesami produkcyjnymi, zarówno w wielkich przedsiębiorstwach jak i w całej gospodarce narodowej w zasadniczy sposób wpływa na zmianę warunków życia społecznego. Nowa technika zmienia często radykalnie warunki pracy i wpływa na stan bezpieczeństwa i higieny pracy oraz na naturalne środowisko człowieka. Z jednej strony stwarza to bezpieczne i wygodne warunki pracy, z drugiej zaś powstaje zagrożenie dla naturalnego środowiska człowieka w postaci nadmiernego hałasu, zapylenia, zanieczyszczenia rzek.

Bardzo różne są środki i metody przeciwdziałania i zapobiegania tym szkodliwym skutkom postępu technicznego, które w głównej mierze wzięła na siebie ergonomia korekcyjna i ergonomia koncepcyjna. Chodzi o to, aby ludzkość płaciła możliwie najmniej za oczywiste dobrodziejstwa postępu technicznego.

"Postęp naukowo-techniczny w naszym kraju zależy w równym stopniu od właściwego ukierunkowania i osiągnięć polskiej nauki, jak i od działania przemysłu i jego zaplecza technicznego, od kwalifikacji i poziomu pracy organizatorów produkcji, od inicjatywy i aktywności załóg robotniczych. Każdy na swoim stanowisku pracy może i powinien przyczynić się do unowocześnienia naszej gospodarki. Postęp techniczny jest bowiem rezultatem zarówno wielkich innowacji, jak i tysięcy pozornie drobnych usprawnień w dziedzinie narzędzi pracy, mechanizacji i

organizacji stanowisk roboczych..." [8].

Postęp techniczny to ważny czynnik we współzawodnictwie między różnymi systemami ustrojowymi krajów współczesnego świata.

Polska obecnie znajduje się w okresie przyspieszonego wzrostu gospodarczego. W roku 1972 w porównaniu z rokiem 1970 dochód narodowy wytworzony wzrósł w Polsce o ponad 9 %. Wysokość tę uzyskano przede wszystkim dzięki poprawie wydajności pracy, w drodze wprowadzonego postępu technicznego. Na przykład w budownictwie, które należy do najbardziej pracochłonnych działów produkcji materialnej, produkcja podstawowa była 6-krotnie wyższa niż w 1950 r., natomiast zatrudnienie wzrosło tylko niespełna dwukrotnie [1].

W dalszym ciągu istnieją olbrzymie rezerwy wzrostu wydajności pracy, które wiążą się przede wszystkim z postępowaniem w organizacji pracy, postępowaniem w gospodarce materiałowej, skracaniem cykli inwestycyjnych, szybszym postępowaniem technicznym i technologicznym.

Ważnym zagadnieniem jest wybór priorytetowych kierunków postępu technicznego. Wybór ten powinno uzyskać się poprzez analizę potrzeb i rozwoju ludności, tendencję rozwoju nauki i techniki światowej oraz krajowej. W oparciu o wyniki tej analizy i obecny rozwój kraju, trzeba nakreślić zadania, które pozwalają na szybki jego rozwój gospodarczy.

## 2. Znaczenie postępu technicznego w budownictwie i jego mierniki

Omówione powyżej problemy związane z potrzebą rozwoju gospodarki narodowej, uwarunkowanej wprowadzonym postępowaniem technicznym, odnoszą się również do budownictwa. Dane dotyczące udziału budownictwa jako działu gospodarki narodowej w tworzeniu dochodu narodowego wskazują na trzykrotny wzrost zadań do 1990 roku. Podobne tempo z niewielkimi zmianami ma być utrzymane do roku 2000 [6]. Istotny wzrost zadań produkcyjnych w budownictwie w następnych latach możliwy jest między innymi przez intensywniejsze wprowadzenie postępu technicznego do tego tak ważnego działu gospodarki narodowej, decydującego w dużej mierze o stopniu zaspokojenia żywotnych

potrzeb społecznych.

Ażeby zadania wytyczone budownictwu zostały spełnione, należy w procesie inwestycyjnym stworzyć prawidłową współpracę różnych jednostek gospodarczych, która decyduje o realizacji nakreślonych celów. Nienależyte spełnienie obowiązków przez jednego z uczestników procesu inwestycyjnego w budownictwie podważa możliwość osiągnięcia zamierzonego rezultatu.

Industrializacja budownictwa i unowocześnienie technologii produkcji przyczyniają się do rozwoju nowoczesnych struktur organizacyjnych w budownictwie i związanej z tym nieodłączniejszej poprawy kooperacji w działalności inwestycyjnej. Duże znaczenie w tym zakresie mają nowoczesne metody organizacji i zarządzania, które muszą być wprowadzone do działalności inwestycyjnej i budowlanej. Metody powiązań sieciowych, możliwości zastosowania elektronicznej techniki obliczeniowej, systemy kontroli realizacji inwestycji tworzą bogaty zespół środków pozwalających na lepsze urzeczywistnienie założonego celu.

Odejście od administracyjnego systemu rozdziału robót budowlanych ma istotny wpływ na wzrost efektywności kooperacji. Zdrowa konkurencja i współzawodnictwo na polu dobrej jakości i terminowej realizacji robót, to dalszy krok w rozwoju naszego budownictwa.

Nie można mówić o wykorzystaniu postępu technicznego wszędzie tam, gdzie niewykorzystane są zainwestowane w budownictwie środki trwałe, ich właściwa eksploatacja - bo postęp techniczny to nie tylko nowoczesny park maszynowy, ale również nowoczesna organizacja pracy, umożliwiająca jak najefektywniejsze wykorzystanie mocy produkcyjnych i zasobów ludzkich w budownictwie.

Ludzie - załogi budowlane, to najważniejszy czynnik w realizacji zadań postawionych przed budownictwem. Od ich wydajności, solidności zależy ilość i jakość wykonania tych zadań. Dlatego też zainteresowanie wzrostem wydajności pracy powinno mieć decydujące znaczenie dla uzyskania istotnego postępu w podwyższeniu kwalifikacji, stabilizacji kadr w budownictwie. Od stabilnej załogi bowiem coraz bardziej zależy powodzenie w realizacji zadań poszczególnych przedsiębiorstw i całego budownictwa, jeśli zważy się, że wkroczyliśmy zdecydowanie na drogę u-

zbrojenia budownictwa w nowoczesny sprzęt i maszyny - na drogę uprzemysłowienia.

Nie ma postępu tam gdzie nie występuje związek pomiędzy techniką a ekonomiką, która informuje nas o opłacalności zamierzonych przedsięwzięć. Postęp techniczny bowiem, to nie tylko przedsięwzięcia dające nam ilościowy wzrost produkcji budowlanej, ale rozwiązania przysparzające także optymalne koszty - to cena tej produkcji. Musi występować pomiędzy nowoczesnymi rozwiązaniami a ceną odpowiednia relacja - rozwiązania te muszą być tańsze, muszą dać oszczędność nakładów społecznych w porównaniu z rozwiązaniami starymi, tradycyjnymi.

Postęp techniczny decydujący o rozwoju bazy materiałowej budownictwa, oznacza konieczność:

- wprowadzenia postępowych rozwiązań materiałowo - konstrukcyjnych i technologicznych we wszystkich rodzajach budownictwa,
- rozwoju nowoczesnych efektywnych materiałów budowlanych i ulepszeń w dziedzinie materiałów tradycyjnych /obecnie stosowanych/, dostosowania ich do nowych wymagań oraz zwiększenia potencjału produkcyjnego przemysłu materiałów budowlanych i zmiany jego struktury.

Produkcja materiałów budowlanych w zakresie wielkości i struktury w znacznej mierze limituje postęp w zakresie budownictwa /brak rezerw oraz możliwości wyboru materiałów i wyrobów/. Generalnym założeniem rozwoju technik budowania w okresie 1971-1980 jest dalszy rozwój metod uprzemysłowionych, w których proces wznoszenia budynków i budowli na placu budowy będzie coraz bardziej ograniczał się do montażu i robót wykończeniowych. Ażeby sprostać tym zadaniom, postęp techniczny zmierzający w kierunku rozwoju produkcji nowoczesnych materiałów budowlanych oraz udoskonalenie obecnie stosowanych materiałów, ma na celu umożliwienie zmian i dostosowanie struktury produkcji do nowych rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych w poszczególnych rodzajach budownictwa, odznaczających się zarówno mniejszym zużyciem materiału, transportu, jak też znacznie mniejszą pracochłonnością.

Do najważniejszych przedsięwzięć w tym zakresie należy między innymi:

- produkowanie stypizowanych elementów i wyrobów wyposażenia i wykończenia budynków ze stali i aluminium,
- rozwój produkcji wysokosprawnych materiałów izolacji cieplnej, akustycznej i przeciwwilgociowej,
- rozwój produkcji cementów szybkosprawnych i specjalnych,
- postęp w dziedzinie technologii betonu i jego właściwości, a zwłaszcza otrzymywanie betonu o specjalnych wymaganiach dotyczących szczelności, skurczu, odporności na agresję chemiczną,
- rozwój produkcji kompletów elementów dla budownictwa przemysłowego /hale i budynki wysokie /,
- doskonalenie produkcji elementów ściennych wielkowymiarowych.

Konieczność zabezpieczenia potrzeb budownictwa wymaga rozwoju potencjału produkcyjnego przemysłu materiałów budowlanych w tempie szybszym od wzrostu produkcji budowlano-montażowej i jednocześnie dostosowanym do zachodzących i przewidywanych zmian w strukturze tych robót. Ażeby nakreślić dalsze kierunki rozwoju postępu technicznego trzeba określić istniejący stan poziomu techniki w przemyśle materiałów budowlanych.

Dla określenia tego poziomu stosuje się w zasadzie trzy wskaźniki:

- 1/ wskaźnik zużycia /umorzenia/ środków trwałych, w tym maszyn i urządzeń
- 2/ wskaźnik wyposażenia technicznego /uzbrojenia pracy/,
- 3/ wskaźnik zużycia energii elektrycznej.

Według stanu z 31.XII.1971 roku wykazanego w rocznym bilansie, wskaźnik zużycia środków trwałych w przemyśle materiałów budowlanych wynosił 42,1 % zaś w przemyśle ogółem w kraju 39,9 %. Analogiczne wskaźniki dla 1969 roku wynosiły 43,9 % i 41,0%<sup>1,2)</sup>. Nastąpiło więc pewne odnowienie majątku trwałego w przemyśle ogółem w kraju i przemyśle materiałów budowlanych.

Na wyposażenie techniczne załogi składają się środki trwałe o charakterze produkcyjnym. Im wyposażenie techniczne jest większe, tym bardziej zwiększa się zdolność produkcyjna przedsiębiorstwa. Zwiększenie wyposażenia w środki trwałe oznacza lepsze uzbrojenie załogi, umożliwiające wykonanie przez nią zadań produkcyjnych. Wyposażenie techniczne mierzy się stopniem technicznego uzbrojenia załogi, obliczanym według wzoru:

$$P_{wt} = \frac{P_{mp}}{Z_r} \quad [1]$$

gdzie:  $P_{wt}$  - wskaźnik wyposażenia technicznego  
 $P_{mp}$  - wartość środków trwałych produkcyjnych  
 $Z_r$  - liczba robotników grupy przemysłowej /przeciętna w skali roku/.

Średnio w przemyśle materiałów budowlanych wskaźnik wyposażenia technicznego  $P_{wt}$  kształtował się w ostatnich latach następująco: [1]

Tablica 1

Kształtowanie się i dynamika wskaźnika wyposażenia technicznego w przemyśle materiałów budowlanych w latach 1966 - 1971

Rok	$P_{wt}$ tys.zł.	Dynamika %
1966	119,0	100,0
1967	120,2	101,0
1968	108,6	91,3
1969	116,4	97,8
1970	127,3	106,9
1971	130,0	109,2
1972	149,2	125,3

Jak wynika z podanych wielkości, wskaźnik wyposażenia technicznego w badanym okresie nie miał stałej tendencji wzrastającej.



Innym miernikiem świadczącym o poziomie technicznym przemysłu materiałów budowlanych jest wskaźnik zużycia energii elektrycznej na jednego zatrudnionego, wykazujący ilość mocy zainstalowanej w danym przedsiębiorstwie. Im wyższa jest zainstalowana moc elektryczna, tym większe jest zużycie energii elektrycznej, wyższy stopień mechanizacji prac. Miarą zużycia energii elektrycznej jest stosunek ilości zużycia energii elektrycznej obliczany na jednego zatrudnionego grupy przemysłowej, według wzoru:

$$P \text{ kWh} = \frac{E}{Z_r} \quad [2]$$

gdzie: P kWh - wskaźnik zużycia energii elektrycznej na jednego zatrudnionego

E - zużycie energii elektrycznej w skali roku

$Z_r$  - liczba robotników grupy przemysłowej /przeciętna w skali roku/.

Kształtowanie się wskaźnika P kWh w przemyśle materiałów budowlanych za lata 1960, 1965 i 1970 i jego dynamikę przedstawia tablica 2. [1]

Tablica 2

Kształtowanie się wskaźnika P kWh w przemyśle materiałów budowlanych

Rok	Przemysł cementowy tys.kWh	Przemysł betonów tys.kWh	średnio w p m b tys.kWh	Dynamika %
1960	68,54	2,00	8,52	100
1965	78,40	4,49	12,73	149,4
1970	79,15	4,05	13,30	156,1

Jak wynika z powyższych danych, przemysł cementowy charakteryzuje się najwyższym zużyciem energii elektrycznej na 1 zatrudnionego, zaś przemysł betonów ma jeden z najniższych wskaźników. Natomiast wskaźnik zużycia energii elektrycznej na 1 za-

trudnionego średnio w przemyśle materiałów budowlanych wzrastał w badanym okresie systematycznie.

Analiza poziomu techniki pozwala na ukierunkowanie postępu technicznego, który w efekcie pozwoliłby na poprawę kształtowania się wskaźników techniczno-ekonomicznych w przemyśle materiałów budowlanych. Jednakże ze względu na specyficzne warunki pracy każdej branży wchodzącej w skład przemysłu materiałów budowlanych /np. przemysł cementowy, kruszyw, ceramiki budowlanej, szklarski, betonów/, należy wprowadzać różnorodne kierunki postępu technicznego, ściśle dostosowane do tych różnic branżowych. Najważniejsze z tych kierunków to:

- udoskonalenie techniki wytwarzania,
- udoskonalenie technologii wytwarzania,
- udoskonalenie wyrobów

Wszystkie wymienione kierunki postępu technicznego muszą być realizowane, jednakże ze względu na przestarzały majątek trwały jakim dysponuje dotychczas przemysł materiałów budowlanych, duże znaczenie dla rozwoju tego przemysłu będą miały udoskonalenia w dziedzinie techniki wytwarzania, a zwłaszcza mechanizacja, a nawet częściowa automatyzacja, a więc te kierunki postępu technicznego, które decydują o nowoczesności.

Rozwój mechanizacji nie jest celem samym w sobie, sens nadaje mu dopiero weryfikacja ekonomiczna. Wprowadzając mechanizację w budownictwie należy określić korzyści lub niekorzyści ekonomiczne, a więc przeprowadzić weryfikację określonego przedsięwzięcia technicznego i organizacyjnego, które uzyska się po jego wprowadzeniu do praktyki budownictwa. Weryfikację tę należy przeprowadzić w oparciu o odpowiednie metody i rachunek ekonomiczny.

Dalszy rozwój mechanizacji trzeba uznać za przedsięwzięcie, które przyniesie duże korzyści ekonomiczne bezpośrednio w działaniu budownictwa. Wśród nich trzeba wyróżnić korzyści, które da się osiągnąć w krótkim okresie, to jest do 1975 roku i te są - cuje się na 3-8,5 mld zł w skali rocznej. Będą to efekty płynące przede wszystkim ze skrócenia cyklu realizacji budowli. Z kolei krótszy cykl można osiągnąć głównie drogą poprawy organizacji pracy. W warunkach długiego okresu można będzie osiągnąć

dalsze korzyści ekonomiczne. Będą one przypuszczalnie nie mniejsze od efektów krótkiego okresu, a ich źródłem będzie również dalsze skrócenie cyklu. Korzyści te można osiągnąć głównie przez rozszerzenie mechanizacji na prace wykonywane dotychczas ręcznie. Zarówno w długim jak i w krótkim okresie, wielkość efektów zależy głównie od tego, o ile da się skrócić cykl. W tej sytuacji wysoce efektywne jest tworzenie warunków sprzyjających skróceniu cyklu, a zwłaszcza uruchamianiu mechanizmów pobudzających działanie wykonawców w tym kierunku.

Kompleksowa mechanizacja produkcji budowlano-montażowej została przez Komitet Nauki i Techniki uznana za jedno z najważniejszych zadań do rozwiązania w naszej gospodarce. Rangę tego zadania określa fakt, że temat kompleksowej mechanizacji wprowadzono, jako jeden z niewielu węzłowych problemów /problem nr 07.1.1./, do planu prac naukowo-badawczych resortu budownictwa i przemysłu materiałów budowlanych na lata 1971-1975.

Na wyniki i zastosowanie naukowych opracowań podstaw kompleksowej mechanizacji, budownictwo będzie mogło liczyć dopiero w następnej 5-latce /1976-1980/.

Efekty mechanizacji są oczywiście wielokierunkowe. Ogólnie biorąc, można powiedzieć, że mechanizacja:

- uwalnia robotników od prac ciężkich i uciążliwych, w które obfituje budownictwo,
- uatrakcyjnia przemysł budowlany,
- jest czynnikiem poprawy bezpieczeństwa i higieny pracy,
- rozwija kulturę techniczną załóg budowlanych,
- umożliwia szerokie prowadzenie robót budowlanych w rejonach o deficytach zatrudnienia,
- zmniejsza zatrudnienie i zwiększa wydajność pracy w budownictwie,
- skraca cykle produkcji budowlano-montażowej,
- umożliwia rozwijanie postępowych technologii w produkcji budowlanej,
- jest w sumie jednym z podstawowych czynników postępu technicz-

cznego w produkcji budowlano-montażowej.

Trudno już obecnie nawet wyobrazić sobie dalszy rozwój przemysłu budowlanego inaczej, niż w oparciu o rozwój mechanizacji produkcji, a szczególnie rozwój mechanizacji kompleksowej.

Sprawę ekonomicznych efektów mechanizacji produkcji budowlano-montażowej można potraktować wielorako.

Ekonomiczna efektywność robót wykonywanych ręcznie i robót zmechanizowanych zależy w dużym stopniu od porównawczej wysokości płac robotników budowlanych i systemu tych płac /dniówka, dniówka z premią, akord/ oraz cen maszyn budowlanych i intensywności ich wykorzystania. Na intensywność wykorzystania maszyn wpływa z kolei ich konstrukcja, jakość produkcji oraz parametry techniczno-eksploatacyjne, a także wielkość robót do zmechanizowanego wykonania, organizacja pracy na budowach i wreszcie warunki atmosferyczne, w których jest prowadzona produkcja budowlano-montażowa.

Jednostkowy koszt robót wykonywanych ręcznie i w sposób zmechanizowany otrzymujemy z uproszczonych wzorów ogólnych:

dla robót ręcznych

$$k_r = \frac{A_r + K_r}{p} \quad [3]$$

dla robót zmechanizowanych

$$k_m = \frac{A_m - K_m}{p} \quad [4]$$

gdzie - przy oznaczniku "r" dla robót ręcznych i "m" dla robót zmechanizowanych:

k - jednostkowy koszt produkcji /w zł /

A - udział amortyzacji w kosztach globalnych produkcji /w zł /

K - pozostałe globalne koszty produkcji /w zł /

P - wielkość produkcji w jednostkach technicznych

Ogólnie można więc stwierdzić, że ekonomiczna opłacalność robót zmechanizowanych w porównaniu z robotami wykonywanymi ręcznie ma miejsce, gdy: [10]

$$k_m < k_r$$

[5]

Kompleksową mechanizację danego rodzaju robót uzyskuje się przy użyciu odpowiednio dobranego zestawu maszyn. Materiał w drodze z miejsca pobrania do miejsca ostatecznego zużycia/zwykłe - wybudowania/ powinien być przerobiony i przemieszczony przez maszyny. Efektywność kompleksowej mechanizacji danego rodzaju robót zależy od spełnienia określonych warunków technicznych i ekonomicznych. Zestaw maszyn do kompleksowej mechanizacji ściśle określonych robót musi dawać pewność wykonania poszczególnych zadań, zgodnie z programem robót. Dobór maszyn w zestawie musi być technicznie i ekonomicznie uzasadniony. Ilość maszyn w zestawie i ich parametry techniczne powinny być tak dobrane, by różne współpracujące rodzaje i typy maszyn dawały pewność rytmicznego zatrudnienia, bez przestojów w oczekiwaniu na pracę. Wymaga to zgodności w zakresie wydajności poszczególnych rodzajów i typów maszyn wchodzących w skład zestawu. Przy istniejących możliwościach dyspozycyjnego parku maszynowego, w zestawie powinny być włączone maszyny o najbardziej korzystnych parametrach eksploatacyjno-ekonomicznych dla pracy w określonych warunkach tak, by w sumie otrzymać najniższy możliwy do uzyskania końcowy jednostkowy i globalny koszt wykonanych robót.

W sumie, zestaw maszyn do mechanizacji kompleksowej danego zadania roboczego, musi być optymalny z punktu widzenia techniki, czasu wykonania robót oraz ich kosztów.

Pełną mechanizacją powinny być również objęte prace przyładunkowe, co pozwoli zrealizować ogromne zadania w zakresie budownictwa mieszkaniowego i przemysłowego w interesie naszego społeczeństwa. Stosowanie wielu tradycyjnych form transportu ,

przy zarysowującym się deficycie siły roboczej nie będzie w stanie sprostać zadaniom związanym z dużym przyrostem produkcji budowlano-montażowej, a co za tym idzie, z rozwojem przemysłu materiałów budowlanych. Maksimum korzyści ze zmechanizowania czynności ładunkowych można osiągnąć tylko wtedy, gdy zastosuje się mechaniczny przeładunek na obu krańcach cyklu transportowego na przykład PKP - miejsce przez naczynia /budowa/. Z tego względu duże znaczenie ma wprowadzenie do eksploatacji samochodów wywrotek o dużym tonażu i budowa lub modernizacja stacji przeładunkowych posiadających pełne wyposażenie techniczne, na przykład sunnice, żurawie, ładowarki. Przy podejmowaniu tych prac należy ustalić efekty ekonomiczne mechanizacji prac przeładunkowych biorąc pod uwagę cały łańcuch transportowy.

Postęp techniczny to również lepsze i szybsze opracowanie dokumentacji projektowej, uwzględniającej zastosowanie ETO zarówno do obliczeń inżynierskich jak też projektowania konstrukcji i instalacji. Usprawnienie i unowocześnienie warsztatu pracy projektanta to zwiększenie wydajności jego pracy, a jednocześnie obniżenie kosztu inwestycji.

### 3. Aktualny stan, braki i zadania postępu technicznego w budownictwie

Technika budownictwa w kraju, pomimo osiągnięć, odstaje w sposób istotny od poziomu przodujących gospodarczo państw świata. Wyrazem tego są materiałochłonne i ciężkie konstrukcje obiektów oraz niedostateczny stopień mechanizacji prac.

Przyczyny składające się na aktualny stan konstrukcji, technologii, organizacji i ekonomiki produkcji budowlanej są liczne i złożone. Można do nich dodać i te, które wynikają z niezadowolającego wykorzystania nauki, stanowiącej współcześnie jeden z czynników postępu technicznego. Bez zasadniczych zmian w tym zakresie, stworzenia technicznych,

organizacyjnych i ekonomicznych warunków, realizacja zadań produkcji budowlanej będzie bardzo utrudniona, bądź też spowoduje nadmierne i z ekonomicznego punktu widzenia, zbędne obciążenie dochodu narodowego.

Wzrost mechanizacji pracy i uprzemysłowienie budownictwa powoduje, że cechą charakterystyczną budownictwa europejskiego stała się intensyfikacja pracy i wzrost jej efektywności [11]

W RFN na przestrzeni ostatnich 18 lat produkcja budowlana wzrosła 7,5 krotnie przy 1,5 krotnym wzroście zatrudnienia. W rezultacie wydajność pracy wzrosła blisko 5-krotnie. Źródłem tych osiągnięć było intensywne wprowadzenie na place budowy wysoko wydajnych urządzeń i maszyn budowlanych, efektywnej organizacji pracy oraz stosowanie nowych rozwiązań materiałowych i konstrukcyjnych. Podobne efekty uzyskuje budownictwo krajów skandynawskich, gdzie na przestrzeni ostatnich 10 lat wydajność pracy zwiększyła się od 2,5 - 3 krotnie.

Miejsce tradycyjnych metod wznoszenia budowli zajęło budownictwo zmechanizowane, charakteryzujące się mechanizacją: robót rzemieślniczych i ziemnych, przygotowawczych, transportowych i innych oraz budownictwo uprzemysłowione, w którym podstawowy zakres robót przeniesiony został na etap przygotowania produkcji, gdzie jest realizowany w różnorodnych technologiach prefabrykacyjnych.

Mechanizacja i uprzemysłowienie powodują wzrost wymagań w zakresie jakości materiałów, stabilności cech fizycznych i technologicznych oraz wzrost standaryzacji i normalizacji. Rosną wymogi utrzymania stałej dokładności wymiarowej elementów. Zaznacza się też tendencja do zwiększenia jednostkowych wymiarów elementów prefabrykowanych i zwiększenia ich gotowości użytkowej po montażu. Zmieniają się również metody transportu i montażu.

Wymienione tendencje rozwojowe, charakteryzujące poziom budownictwa krajów przodujących pod względem rozwoju gospodarczego, wyznaczają również kierunki działania dla produkcji budowlanej w Polsce. Aby jednak postęp techniczny i organizacyjny mógł wkroczyć na place budowy, muszą być przygoto-

wane nowe rozwiązania w zakresie nowych materiałów, konstrukcji, metod wznoszenia budowli, organizacji pracy oraz maszyn, urządzeń i narzędzi do pełniejszej mechanizacji pracy. Spełnienie tych zadań będzie wymagało zwiększenia zakresu lub podjęcia nowych prac w zapleczu naukowo-badawczym.

W konkluzji niniejszych rozważań nasuwają się wnioski, które aktualnie przed postępowaniem technicznym w naszym budownictwie przybierają postać następujących zadań:

- 1/ rozszerzenie i uszlachetnianie materiałów stosowanych w budownictwie, na przykład stosowanie różnych stali metali kolorowych, tworzyw sztucznych, prefabrykatów, poprawa parametrów technicznych materiałów, wyższa ich jakość w tym również i materiałów wykończeniowych i elementów wyposażenia,
- 2/ minimalizacja liczby operacji montażowych i upraszczających montaż,
- 3/ opracowanie rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych umożliwiających realizację tak zwanego mieszkania elastycznego i elastycznych pomieszczeń przemysłowych,
- 4/ określenie wpływu nowo wprowadzonych materiałów i wyrobów na zdrowie człowieka,
- 5/ opracowanie i wdrażanie technologii suchego montażu na placu budowy w celu przyspieszenia cyklu budowy i uniezależnienia się od warunków atmosferycznych,
- 6/ usprawnienie środków transportowych, lepsza jego organizacja i efektywność,
- 7/ rozwiązanie problemu kompleksowej mechanizacji prac montażowych oraz automatyzacji prefabrykacji.

Zaplecze naukowo-badawcze, ażeby mogło wnieść swój wkład do postępu techniczno-organizacyjnego, powinno w szerszej mierze niż dotychczas podejmować wyprzedzające prace, kształtujące przyszłościowe rozwiązania budowlane.



## Niektóre problemy postępu technicznego w budownictwie

### Literatura

1. Bień W.: *Ekonomika Przedsiębiorstwa Budowlanego*, PWE, Warszawa, 1972 r., s. 232.
2. Górecki M.: *Ekonomiczne efekty rozwoju mechanizacji w budownictwie*, *Problemy Rozwoju Budownictwa*, Nr 2/1973, s.37.
3. Kalecki M.: *Teoria dynamiki gospodarczej*, PWN, Warszawa 1958, s.128 211/212.
4. Kotarbiński T.: *Traktat o dobrej robocie*, Zakład Narodowy im. Ossoliński, Wrocław-Warszawa, 1958 r., s.133.
5. Lange O.: *Ekonomia Polityczna*, t.I. PWN, Warszawa, 1961 r., s. 127.
6. Mateja K., Zarzycki M.: *Wstępna prognoza zmian jakościowych materiałów budowlanych*, 1973 r., s.23.
7. *Nowe Drogi*, Nr 245/10/69 KC PZPR, Warszawa, s.31.
8. *Nowe Drogi*, KC PZPR, Wydanie Specjalne, Warszawa, 1971 r.
9. Obolewicz W.: *Społeczne skutki postępu technicznego*, *Nowe Drogi*, Nr 245/10/69 KC PZPR, Warszawa, s.36-37.
10. Rojek K.: *Kompleksowa mechanizacja w budownictwie*, *Problemy Rozwoju Budownictwa*, Nr 4/71, s.30.
11. Świerkowi E.: *Zaplecze naukowo-badawcze a postęp techniczny w produkcji budowlanej*, Nr 6/1972, s.5.
12. Szymanek E.: *Postęp techniczny w przemyśle materiałów budowlanych* *Problemy Rozwoju Budownictwa*, Nr 3/1973, s.39.

## SELECTION SPHERES OF TECHNICAL PROGRESS IN BUILDING

## Summary

In this article various interpretations of the technical progress, its definition, the view on the role of technical progress and the social aspects in this matter have been discussed. Very widely has been examined the considerable technical progress in architecture and partly some measures as well as methodology of general effect entering upon architecture technical progress have been discussed.

This article is critical test of real state of technical work equipment in the Polish architecture on the background of existing program of our architecture in nearest future.

**НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО  
ПРОГРЕССА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

## Резюме

**В нижепредставленной статье рассмотрены разнородные интерпретации понятия технического прогресса, его определения, существующие взгляды на роль технического прогресса и сопоставляющие его общественных аспектов. Широко рассмотрено значение технического прогресса в строительстве и частично разобраны некоторые его измерители, а также методология увеличения общей эффективности вводимого в строительство технического прогресса. Одновременно автор пытается критически сообщить актуальное техническое состояние вооружения труда в польском строительстве и вытекающие отсюда некоторые более важные задания, стоящие перед техническим прогрессом на фоне существующей программы нашего строительства в ближайшей перспективе.**

Tadeusz Kabat

OBLICZENIA NA EMC WSTĘPNIE NAPIĘTEGO  
PŁASKIEGO UKŁADU CIĘGIEN PARABOLICZNYCH

W pracy przedstawiono program TKB-6, służący do obliczeń statycznych płaskiego, wstępnie napiętego układu dwóch cięgien parabolicznych, sprzężonych pionowymi łącznikami. Program napisany jest w języku realizacyjnym Algol - 1204 i znajduje się w Ośrodku Obliczeniowym Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy. W pracy zamieszczono też obszerny przykład obliczeń numerycznych wykonanych przy użyciu programu TKB-6 oraz sformułowano istotne dla praktyki inżynierskiej wnioski dotyczące obliczeń tego typu konstrukcji.

## 1. Wstęp

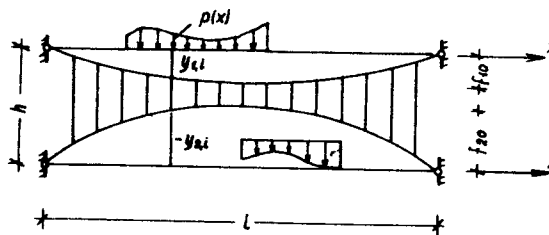
Układy cięgnowe, jako jedne z najbardziej ekonomicznych i nowoczesnych ustrojów konstrukcyjnych, znajdują coraz szersze zastosowanie w budownictwie. Wśród tych ustrojów, obok powierzchniowych siatkowych konstrukcji cięgnowych, obszerną grupę stanowią ustroje, których głównym elementem nośnym jest płaski układ dwóch cięgien o odwrotnych krzywiznach, połączonych ze sobą z reguły pionowymi łącznikami, zwany układem cięgien sprzężonych [2], dwupasowym dźwigarem cięgnowym [5], lub linowym [6] albo dwupasowym ustrojem cięgnowym [1]. W ostatnich dziesięcioleciach powstała dość bogata literatura na temat obliczeń, projektowania i wykonawstwa ustrojów

ciągnowych. Obszerne wykazy tej literatury można znaleźć między innymi w najbardziej w Polsce popularnych monografiach [1] i [2]. Zawarte w tej literaturze wiadomości pozwalają na poprawną na ogół i z technicznego punktu widzenia wystarczająco dokładną analizę pracy statycznej projektowanych konstrukcji ciągnowych.

Przybliżone obliczenia statyczne wstępnie napiętych dwupasowych dźwigarów ciągnowych wykonuje się najczęściej w sposób podany przez L.G. Muchadze [3]. Ten stosunkowo prosty od strony matematycznej algorytm rozwiązania posiada jednak pewien uciążliwy w praktyce fragment, którym jest konieczność rozwiązania układu dwóch równań trzeciego stopnia. Nakład potrzebnej do tego celu pracy rachunkowej znacznie wzrasta wskutek konieczności wielokrotnego przeprowadzania obliczeń dla różnych obciążeń układu. Niedopuszczalność stosowania dla tych układów zasady superpozycji rozwiązań nie pozwala na zmniejszenie tego nakładu pracy rachunkowej. W tej sytuacji wydaje się koniecznym zastosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej do obliczeń statycznych, wstępnie napiętych dwupasowych dźwigarów ciągnowych.

## 2. Program TKB-6 obliczeń na EMC Odra-1204 płaskiego układu dwóch parabolicznych cięgien sprzężonych

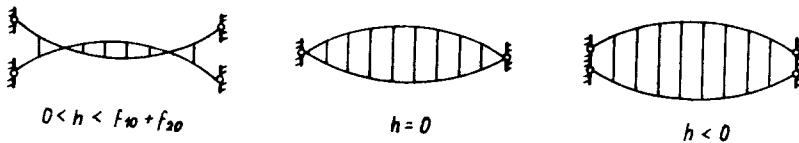
### 2.1. Sformułowanie zadania



Rys.1. Schemat rozpatrywanego układu

Zadanie polega na opracowaniu programu obliczeń na EMC Odra-1204 wartości sił i naprężeń w poszczególnych odcinkach cięgna nośnego i napinającego oraz sił w pionowych łącznikach, a także pionowych przemieszczeń węzłów układu przedstawionego na rys. 1. Obciążenie czynne układu może posiadać tylko pionowy kierunek, lecz może być przyłożone do cięgna nośnego i do cięgna napinającego, i w dowolny sposób rozłożone na długości cięciw tych cięgien. Wielkość wstępnego napięcia układu może być dowolna a jej miernikiem jest zadana wartość poziomej składowej siły w cięgnie napinającym. Geometria układu określona jest w stanie wstępnego napięcia układu.

W tym stanie osie obu cięgien posiadają kształt paraboli drugiego stopnia o zadanych strzałkach  $f_{10}$  i  $f_{20}$ . Odległość  $h$  między poziomymi cięciwami obu cięgien może być zadana dowolnie, także mniejsza od  $f_{10} + f_{20}$  lub też ujemna, co pozwala także na obliczenia układów przedstawionych na rys.2.



Rys.2. Różne możliwe wzajemne usytuowania cięgien

Moduły Younga  $E$  i pola przekrojów  $F$  obu cięgien mogą być różne lecz stałe na całej długości cięgien. Oprócz czynnych obciążeń statycznych mogą wystąpić zmiany temperatury  $\Delta t_1$  i  $\Delta t_2$  różne w obu cięgnach, lecz stałe na ich długości.

## 2.2. Algorytm zagadnienia

Algorytm rozpatrywanego zagadnienia oparto na sposobie podanym w [3] i [4]:

Dla zadanej geometrii wstępnie napiętego układu nieobciążonego wylicza się najpierw rzędne węzłów obu cięgien według wzorów:

$$y_{10,i} = \frac{4 f_{10} x_i (1 - x_i)}{l^2} \quad (1)$$

$$y_{20,i} = \frac{4 f_{20} x_i (1 - x_i)}{l^2}$$

Następnie, dla zadanej wartości wstępnego napięcia, określonej poziomą składową siły w cięgnie napinającym:  $S_{20}$ , wylicza się poziomą składową siły w cięgnie nośnym:

$$S_{10} = \frac{f_{20}}{f_{10}} S_{20} \quad (2)$$

Siły normalne w poszczególnych odcinkach cięgien oblicza się ze wzorów:

$$N_{1i} = \frac{S_{10}}{\cos \varphi_{1i}} \quad ; \quad N_{2i} = \frac{S_{20}}{\cos \varphi_{2i}} \quad (3)$$

gdzie:

$$\cos \varphi_{1i} = \frac{dx}{\sqrt{dx^2 + (y_{10,i} - y_{10,i-1})^2}} \quad (4)$$

$$\cos \varphi_{2i} = \frac{dx}{\sqrt{dx^2 + (y_{20,i} - y_{20,i-1})^2}} \quad (4b)$$

$dx = \frac{l}{m}$      $m$  - liczba przedziałów w układzie między łącznikami.

Wartości sił normalnych w pionowych łącznikach wynikają z warunków równowagi węzłów i określone są wzorem:

$$\begin{aligned} N_i &= \frac{S_{10}}{dx} (-y_{10,i-1} + 2y_{10,i} - y_{10,i+1}) = \\ &= \frac{S_{20}}{dx} (y_{20,i-1} - 2y_{20,i} + y_{20,i+1}) \end{aligned} \quad (5)$$

Znaki tych sił normalnych ustalone są w zależności od wzajemnego położenia względem siebie cięgna nośnego w stosunku do cięgna napinającego.

Z kolei, dla zadanego stanu obciążeń pionowymi siłami skupionymi węzłów cięgna nośnego  $P_{1i}$  i napinającego  $P_{2i}$ , oblicza się sumę tych sił:  $P_i = P_{1i} + P_{2i}$  a następnie z najprostszyc równań wartości siły tnącej  $Qp_i$  na kolejnych przedziałach układu oraz wartości momentu zginającego  $Mp_i$  w kolejnych punktach podziału. Obliczenie całek:

$$J_1 = \int_1 Qp(x)(1-2x)dx \quad \text{oraz} \quad J_2 = \int_1 Qp(x)^2 dx \quad (6)$$

odbywa się numerycznie, poprzez sumowanie.

Następnie oblicza się wartości współczynników układu dwóch równań trzeciego stopnia według wzorów:

$$a_1 = \frac{8E_1 F_1}{8 + 3\lambda^2} - S_{10} + \alpha \Delta t_1 E_1 F_1 \quad (7)$$

$$a_2 = \frac{8E_1 F_1 (1 + 2\gamma)}{\gamma^2 (8 + 3\lambda^2)} + S_{10} - \alpha \Delta t_1 E_1 F_1 \quad (8)$$

$$a_3 = \frac{12E_1 F_1 \lambda (\gamma + 1)}{\gamma^3 (8 + 3\lambda^2)} J_1 \quad (9)$$

$$a_4 = \frac{3E_1 F_1 \lambda^2}{21 (8 + 3\lambda^2)} J_2 \quad (10)$$

$$b_1 = \frac{8n E_1 F_1}{8 + 3\lambda^2 \gamma^2} - S_{20} + \alpha \Delta t_2 n E_1 F_1 \quad (11)$$

$$b_2 = \frac{8n E_1 F_1 (\gamma^2 + 2\gamma)}{8 + 3\lambda^2 \gamma^2} + S_{20} - \alpha \Delta t_2 n E_1 F_1 \quad (12)$$

$$b_3 = \frac{12n E_1 F_1 \lambda \gamma (1 + \gamma)}{1^2 (8 + 3\lambda^2 \gamma^2)} J_1 \quad (13)$$

$$b_4 = \frac{3n E_1 F_1 \lambda^2 \gamma^2}{21 (8 + 3\lambda^2 \gamma^2)} J_2 \quad (14)$$

gdzie:  $\lambda = \frac{1}{f_{10}}$

$$\gamma = \frac{f_{10}}{f_{20}}$$

$$n = \frac{E_2 F_2}{E_1 F_1}$$

W tym miejscu należy zwrócić uwagę na drobny, aczkolwiek istotny merytorycznie, błąd we wzorach na współczynniki  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$  i  $b_2$ , podanych w publikacji [3]. Błąd ten polega na pominięciu w członach pochodzących od zmiany temperatury cięgien mnożników  $E_1 F_1$  oraz  $n E_1 F_1$ . Usterka ta występuje także w publikacji [4].

Układ dwóch równań trzeciego stopnia:

$$\begin{aligned} S_{11}^3 + S_{11}^2 (a_1 + 2S_{21}) + S_{11} (S_{21}^2 + 2a_1 S_{21}) = \\ = a_2 S_{21}^2 + a_3 S_{21} + a_4 \end{aligned} \quad (15a)$$



$$\begin{aligned}
 S_{21}^3 + S_{21}^2 (b_1 + 2S_{11}) + S_{21} (S_{11}^2 + 2b_1 S_{11}) = \\
 = b_2 S_{11}^2 - b_3 S_{11} + b_4
 \end{aligned} \tag{15b}$$

rozwiązywany jest względem niewiadomych  $S_{11}$  i  $S_{21}$  /składowe poziome sił wciąganych po obciążeniu układu/ iteracyjną metodą Newtona. Kolejne, poprawione wartości niewiadomych w  $n+1$  przybliżeniu oblicza się jako sumę poprawek i wartości tych sił z poprzedniego,  $n$ -tego przybliżenia:

$$S_{11}^{(n+1)} = S_{11}^{(n)} + dS_{11}^{(n+1)} \tag{16a}$$

$$S_{21}^{(n+1)} = S_{21}^{(n)} + dS_{21}^{(n+1)} \tag{16b}$$

W celu obliczenia poprawek  $dS_{11}$  i  $dS_{21}$  należy przepisać równania (15) w postaci:

$$\begin{aligned}
 V_1 = S_{11}^3 + S_{11}^2 (a_1 + 2S_{21}) + S_{11} (S_{21}^2 + 2a_1 S_{21}) + \\
 - a_2 S_{21}^2 - a_3 S_{21} - a_4 = 0
 \end{aligned} \tag{17a}$$

$$\begin{aligned}
 V_2 = S_{21}^3 + S_{21}^2 (b_1 + 2S_{11}) + S_{21} (S_{11}^2 + 2b_1 S_{11}) + \\
 - b_2 S_{11}^2 - b_3 S_{11} - b_4 = 0
 \end{aligned} \tag{17b}$$

i wyznaczyć elementy jakobianu tego układu równań

$$[W] = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} \\ W_{21} & W_{22} \end{bmatrix} \tag{18}$$

gdzie:

$$\begin{aligned}
 W_{11} = \frac{\partial V_1}{\partial S_{11}} = 3S_{11}^2 + 2S_{11} (a_1 + 2S_{21}) + S_{21}^2 + \\
 + 2a_1 S_{21}
 \end{aligned}$$

$$W_{12} = \frac{\partial V_1}{\partial S_{11}} = 2S_{11}^2 + 2S_{11} (S_{21} + a_1) - 2a_2 S_{21} - a_3$$

$$W_{21} = \frac{\partial V_2}{\partial S_{11}} = 2S_{21}^2 + 2S_{21} (S_{11} + b_1) - 2b_2 S_{11} + b_3 \quad (19)$$

$$W_{22} = \frac{\partial V_2}{\partial S_{22}} = 3S_{21}^2 + 2S_{21} (b_1 + 2S_{11}) + S_{11}^2 + 2b_1 S_{11}$$

Poprawki  $dS_{11}^{(n)}$  i  $dS_{21}^{(n)}$  w  $n$ -tym przybliżeniu wylicza się z rozwiązania następującego niejednorodnego układu dwóch równań liniowych:

$$W_{11}^{(n)} dS_{11}^{(n+1)} + W_{12}^{(n)} dS_{21}^{(n+1)} + V_1^{(n)} = 0$$

$$W_{21}^{(n)} dS_{11}^{(n+1)} + W_{22}^{(n)} dS_{21}^{(n+1)} + V_2^{(n)} = 0$$

gdzie wielkości  $V_1^{(n)}$  i  $V_2^{(n)}$  oraz  $W_{11}^{(n)}$ ,  $W_{12}^{(n)}$ ,  $W_{21}^{(n)}$  i  $W_{22}^{(n)}$  są wielkościami określonymi wzorami (17) i (19) dla wartości sił  $S_{11}^{(n)}$  i  $S_{21}^{(n)}$  wyliczonych w poprzednim,  $n$ -tym przybliżeniu. Jako pierwsze przybliżenie wartości sił  $S_{11}^{(1)}$  i  $S_{21}^{(1)}$ , przyjęto siły odpowiadające stanowi wstępnego napięcia z uwzględnieniem przyrostów wywołanych ewentualnie występującymi zmianami temperatury. Opisany iteracyjny proces rozwiązania układu równań (17) zostaje przerywany wtedy, gdy równania te są spełnione z wymaganą, określoną w danych do obliczeń, dokładnością względną. Jeżeli obie wyliczone w ten sposób wartości sił  $S_{11}$  i  $S_{21}$  są dodatnie /oba ciągną rozciągane/, to następuje wyliczenie rzędnych przemieszczonych węzłów układu według wzorów:

$$Y_{11,i} = \frac{M_{pi} l^2 + 4x_i (1 - x_i) (f_{10} + f_{20}) S_{21}}{(S_{11} + S_{21}) l^2} \quad (20a)$$

$$Y_{21,i} = \frac{M_{pi} l^2 - 4x_i (1 - x_i) (f_{10} + f_{20}) S_{11}}{(S_{11} + S_{21}) l^2} \quad (20b)$$

oraz sił normalnych w poszczególnych odcinkach obu cięgien według wzorów (3) przy podstawieniu w miejsce  $S_{10}$  i  $S_{20}$  wartości  $S_{11}$  i  $S_{21}$  oraz przy uwzględnieniu we wzorach (4) nowych wartości rzędnych węzłów po przemieszczeniu. Siły normalne w łącznikach wylicza się ze wzoru podobnego do (5) przyjmując nowe, aktualne wartości sił w cięgnach i rzędne przemieszczonych węzłów oraz uwzględniając dodatkowo ewentualne występujące obciążenie czynne w węzłach  $/P_{11}$  lub  $P_{21}/$ . Jeżeli jedna z wyliczonych wartości  $S_{11}$  i  $S_{21}$  sił w cięgnach jest ujemna /ciągną ściskane/, to rozwiązanie to przyjmuje się jako nieaktualne. Siłę w takim cięgnie przyjmuje się równą zero  $/S_{11} = 0$  lub  $S_{21} = 0/$ , a całość obciążenia czynnego  $P_1$  przyłożona zostaje na węzły drugiego, rozciąganego cięgna. Dalsze obliczenia polegają na rozwiązaniu cięgna pojedynczego. Składową poziomą siły normalnej w tym cięgnie wylicza się z rozwiązania następującego równania trzeciego stopnia:

$$V_1 = S_{11}^3 + a_1 S_{11}^2 - a_4 = 0 \quad (21a)$$

$$\text{lub } V_2 = S_{21}^3 + b_1 S_{21}^2 - b_4 = 0 \quad (21b)$$

gdzie współczynniki  $a_1$ ,  $a_4$ ,  $b_1$  i  $b_4$  zostały już poprzednio wyliczone.

Rozwiązanie równania (21) odbywa się także sposobem iteracyjnym z założoną dokładnością, przy czym teraz:

$$dS_{11}^{(n+1)} = - \frac{V_1^{(n)}}{W_{11}^{(n)}} \quad \text{albo} \quad dS_{22}^{(n+1)} = - \frac{V_2^{(n)}}{W_{22}^{(n)}} \quad (22)$$

$$\text{gdzie: } W_{11} = 3S_{11}^2 + 2a_1 S_{11} \quad \text{albo} \quad W_{22} = 3S_{21}^2 + 2b_1 S_{21}$$

Po wyznaczeniu siły w rozciąganych cięgnach wylicza się rzędne przemieszczonych węzłów tego cięgna:

$$Y_{11,i} = \frac{M_{pi}}{S_{11}} \quad (23a)$$

$$\text{albo } Y_{21,i} = - \frac{M_{pi}}{S_{22}} \quad (23b)$$

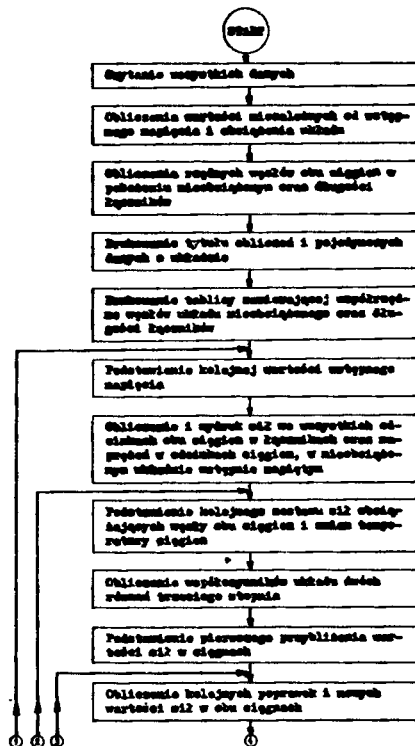
Rzędne przemieszczonych węzłów drugiego, wyłączonego ze współpracy ciągną, wynikają z założenia o niezmienionej długości łączników:

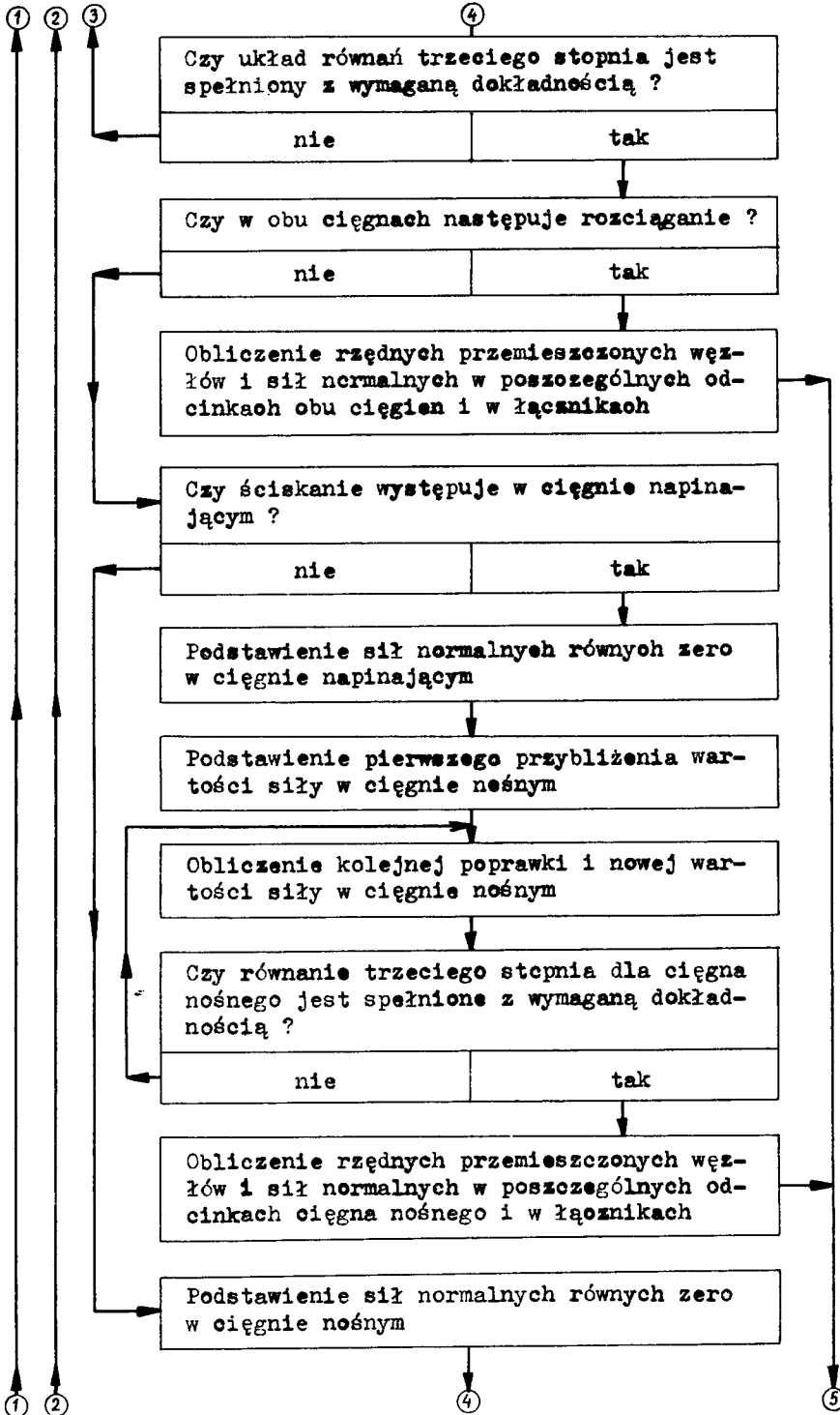
$$Y_{24,i} = Y_{11,i} - Y_{10,i} + Y_{20,i}$$

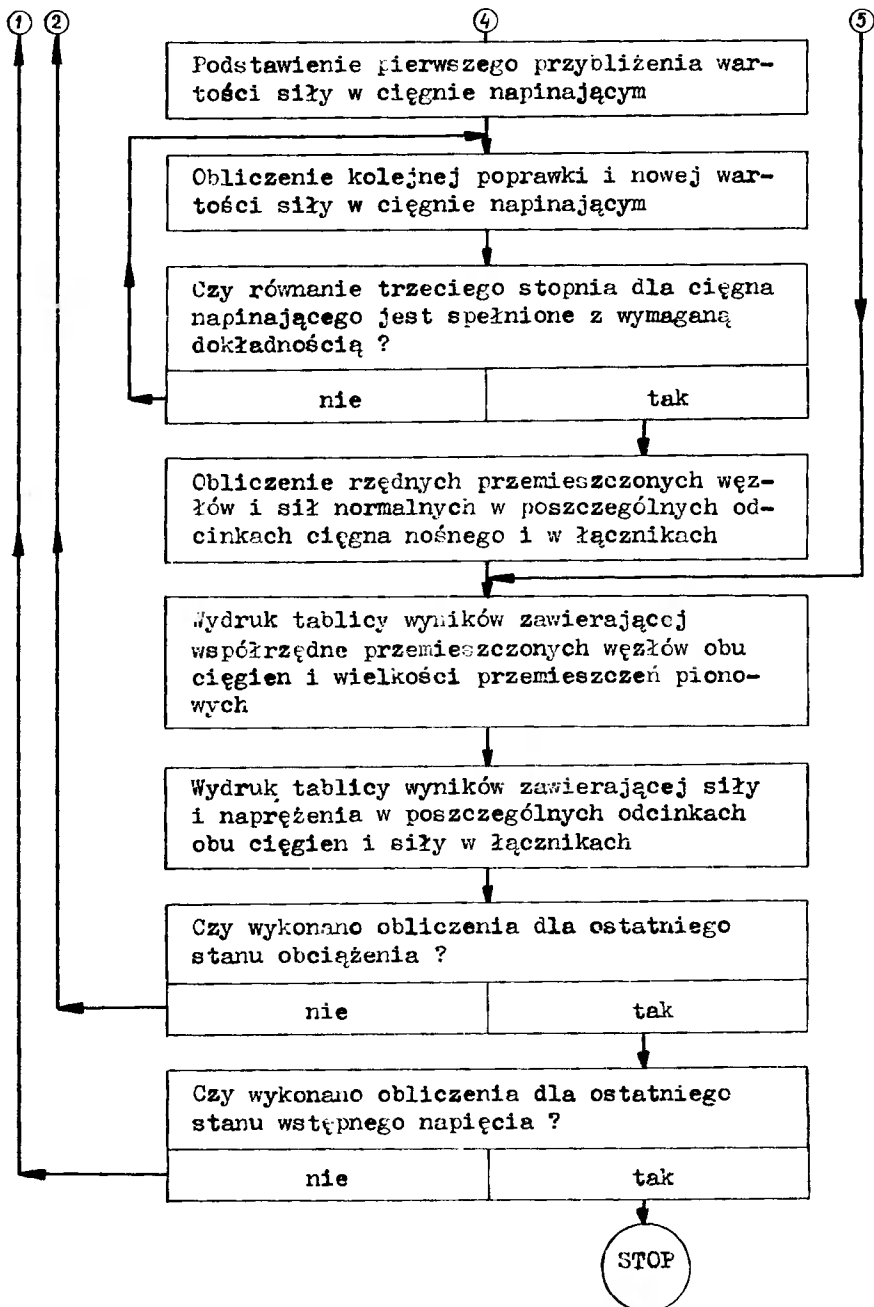
$$\text{lub } Y_{11,i} = Y_{24,i} + Y_{10,i} - Y_{20,i} \quad (24)$$

Siły normalne w poszczególnych odcinkach ciągną rozciąganego wylicza się według poprzednio zmodyfikowanego wzoru (3) i (4), natomiast we wszystkich odcinkach ciągną drugiego siły normalne równe są zero. Siły normalne w łącznikach równe są wziętym z odpowiednim znakiem siłom czynnym, obciążającym węzły ciągną wyłączanego ze współpracy.

### 2.3. Schemat blokowy programu TKB-6







## 2.4. Dane do obliczeń

Wszystkie dane do obliczeń należy podawać ściśle w następującej kolejności:

1. Rozpiętość układu /jednakowa dla obu cięgien odległość pozioma między punktami niepodatnego zaczeplenia cięgien/w cm.
2. Strzałka cięgna nośnego w cm, zawsze dodatnia, niezależnie od zwrotu krzywizny cięgna.
3. Strzałka cięgna napinającego w cm, zawsze dodatnia, niezależnie od zwrotu krzywizny cięgna.
4. Odległość pionowa w cm między poziomymi cięciwami cięgna, liczbę tę należy podawać z odpowiednim znakiem, w zależności od wzajemnego względem siebie położenia obu cięgien /patrz rys.1 i rys.2/.
5. Liczba m przedziałów układu, równa pomniejszonej o 1 liczbie pionowych łączników, rozstawionych w jednakowych odległościach.
6. Moduł Younga w  $\text{kg/cm}^2$  cięgna nośnego.
7. Moduł Younga w  $\text{kg/cm}^2$  cięgna napinającego.
8. Pole przekroju poprzecznego w  $\text{cm}^2$  cięgna nośnego.
9. Pole przekroju poprzecznego w  $\text{cm}^2$  cięgna napinającego.
10. Jednakowy dla obu cięgien współczynnik liniowej rozszerzalności termicznej w  $1/^\circ\text{C}$ .
11. Liczba j różnych wartości wstępnego napięcia układu.
12. Liczba k różnych zestawów obciążenia czynnego układu.
13. Liczba naturalna d, określająca stopień wymaganej dokładności iteracyjnego rozwiązania równań trzeciego stopnia.  
Np.  $d = 6$  oznacza, że wyniki rozwiązania równań trzeciego stopnia będą określone z dokładnością do 6 znaczących miejsc dziesiętnych.
14. Ciąg j liczb /patrz poz.11/równych wartościom poziomej składowej siły w  $\text{kg}$ , w cięgnię napinającym, w kolejnych stanach wstępnego napięcia układu.
15. k grup liczb /patrz poz.12/ określających kolejne zestawy obciążeń czynnych układu, a w każdej grupie kolejno:

- 15.1.  $m - 1$  /patrz poz. 5/ liczb, równych wartościom pionowych sił skupionych w kG, działających na kolejne /od lewej do prawej/ węzły cięgna nośnego.
- 15.2.  $m - 1$  liczb, równych wartościom pionowych sił skupionych w kG, działających na kolejne /od lewej do prawej/węzły cięgna napinającego.  
Wartości sił skierowanych w dół podaje się jako dodatnie, skierowanych w górę - ujemne.
- 15.3. Liczba  $^{\circ}\text{C}$ , o jaką wzrasta temperatura cięgna nośnego.
- 15.4. Liczba  $^{\circ}\text{C}$ , o jaką wzrosła temperatura cięgna napinającego.

## 2.5. Wydawnictwo wyników

Wszystkie wyniki obliczeń wyprowadzane są na drukarce wierszowej w następującej kolejności:

1. Tytuł obliczeń i pojedyncze dane o geometrii układu i sztywności cięgien.
2. Tablica danych o geometrii układu w stanie wstępnego napięcia /przed obciążeniem/, zawierająca następujące kolumny:
  - nr punktu - węzła układu
  - odcięta węzła w cm
  - rzędna w cm węzła cięgna nośnego
  - rzędna w cm węzła cięgna napinającego
  - długość w cm pionowego łącznika
3. j /patrz p.2.4 poz. 11/ grup tablic zawierających rozwiązania dla kolejnych stanów wstępnego napięcia. W każdej grupie kolejno:
  - 3.1. Tablica wielkości statycznych w układzie, w stanie wstępnego napięcia, zawierająca następujące kolumny:
    - nr pręta
    - siła w kG w odcinkach cięgna nośnego
    - naprężenia w  $\text{kG/cm}^2$  w odcinkach cięgna nośnego
    - siła w kG w odcinkach cięgna napinającego
    - naprężenie w kG w odcinkach cięgna napinającego
    - siła w kG w łącznikach



3.2. k /patrz p.2.4 poz. 15/ par tablic zawierających wyniki obliczeń dla kolejnych zestawów obciążenia, a w każdej parze:

3.2.1. Tablica danych o obciążeniu i geometrii przemieszczonego układu, zawierająca następujące kolumny:

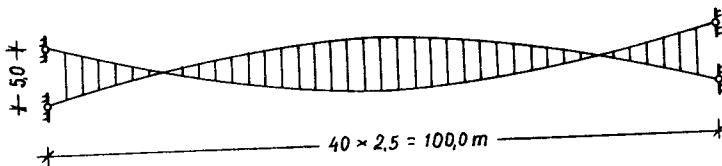
- nr węzła
- odcięta węzła w cm
- wartości pionowych sił w kG obciążających węzły ciężna nośnego
- wartości pionowych sił w kG obciążających węzły ciężna napinającego
- rzędne w cm przemieszczonych węzłów ciężna nośnego
- rzędne w cm przemieszczonych węzłów ciężna napinającego
- przemieszczenia pionowe w cm węzłów układu

3.2.2. Tablica wielkości statycznych w obciążonym układzie, zawierająca następujące kolumny:

- nr pręta
- siła w kG w odcinku ciężna nośnego
- naprężenia w  $\text{kG/cm}^2$  w odcinku ciężna nośnego
- siła w kG w odcinku ciężna napinającego
- naprężenie w  $\text{kG/cm}^2$  w odcinku ciężna napinającego
- siła w kG w pionowych łącznikach

3. Przykład obliczeń numerycznych

3.1. Zadanie



Rys.3. Schemat obliczanego układu

Dla wstępnie napiętego układu dwóch parabolicznych cięgien sprzężonych, o schemacie przedstawionym na rys.3, obliczyć siły normalne i naprężenia w cięgnach, siły normalne w łącznikach oraz przemieszczenia pionowe, wywołane obciążeniem ciężarem własnym konstrukcji i pokrycia dachu, obciążeniem śniegiem i obciążeniem wiatrem.

Strzałki obu cięgien są jednakowe, równe 5,0 m, czyli 1/20 rozpiętości cięgien. Rozstaw nośnych układów poprzecznych - co 3,0 m. Cięgna należy zaprojektować w postaci wiązek równoległych strun  $\varnothing 5$  mm, ze stali o naprężeniach dopuszczalnych na rozciąganie  $k_r = 10500 \text{ kg/cm}^2$  i module Younga  $E = 2086000 \text{ kg/cm}^2$ . Wielkość wstępnego naciągu dobrać w ten sposób, aby w najbar - dziej niekorzystnym przypadku obciążenia, cięgno napinające było rozciągane.

### 3.2. Obciążenia

Wszystkie obciążenia przyjęto w postaci sił pionowych działających na górną powierzchnię dachu. Obciążenia rozłożone, przypadające na przedziały o długości 2,5 m, zostaną zamienione na pionowe siły skupione, przyłożone w górnych węzłach układu / w części środkowej - na węzły cięgna napinającego, w częściach skrajnych - na węzły cięgna nośnego/.

Ciężar własny konstrukcji:

Przyjęto lekkie pokrycie dachu, o ciężarze około  $35-40 \text{ kg/m}^2$ . Ciężar własny konstrukcji cięgnowej jest bardzo mały; przy rozpiętości rzędu 100,0 m można to obciążenie oszacować na około  $10 \text{ kg/m}^2$ .

W sumie, do obliczeń przyjęto ciężar własny konstrukcji równy  $50 \text{ kg/m}^2$  tj.  $150 \text{ kg/m}$  rzutu poziomego jednego poprzecznego układu cięgnowego.

Obciążenie śniegiem:

Obciążenie śniegiem przyjęto w trzech wariantach:

a/ obciążenie równomiernie rozłożone  $60 \text{ kg/m}^2$ , czyli  $180 \text{ kg/m}$  rzutu poziomego jednego poprzecznego układu cięgnowego,

- b/ symetrycznie rozłożone obciążenie, równomiernie na trzech odcinkach /worki śnieżne/, przy czym w przedziale środkowym zmniejszono, a w skrajnym zwiększono obciążenie o 40 % w porównaniu z obciążeniem według wariantu a/,
- c/ asymetrycznie rozłożone obciążenie w postaci trapezu o lewej rzędnej zmniejszonej, a prawej zwiększonej o 40 % w porównaniu z obciążeniem według wariantu a/ /zawianie jednej strony dachu/,

#### Obciążenie wiatrem:

Ponieważ obowiązująca norma PN - 70/02044 "obciążenia w obliczeniach statycznych - obciążenia wiatrem" nie określa obciążenia wiatrem dla dachów o kształcie podobnym do obliczanej konstrukcji, przeprowadzono przybliżoną kalkulację tego obciążenia. Dla środkowej /wypukłej ku górze/ części połaci dachowej najbardziej zbliżonym w normie kształtem jest dach o powierzchni walcowej /p.5.1.2.6/. Przy stosunku strzałki tej części dachu do jej rozpiętości równej  $2,5 : 70,66 = 0,0354$  przeprowadzono ekstrapolację współczynników podanych w tabelicy 22 normy, obowiązującej na kolejnych trzech odcinkach tej części dachu. Otrzymano w ten sposób współczynniki:


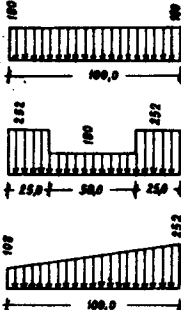
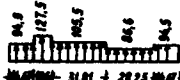


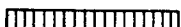

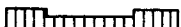
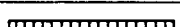
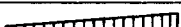

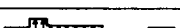
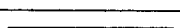

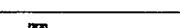

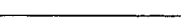
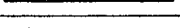
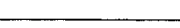
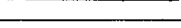
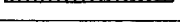
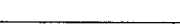

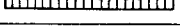
$C_{pz5} = - 1,02$ ;  $C_{pz6} = - 0,74$ ; oraz na trzecim odcinku - 0,5 . Jednakże współczynniki te nie mogą być w pełni miarodajne w rozpatrywanym przypadku, głównie z powodu wpływu skrajnych, nachylonych do wewnątrz części pokrycia. Z drugiej strony, przy małej krzywiznie połaci dachowej, można z pewnym przybliżeniem przyjąć dane jak dla dachu złożonego z czterech płaskich połaci. Wówczas najbardziej zbliżonym, chociaż także nie w pełni adekwatnym, będzie dla tego przypadku skrajna część profilu dachu pilastego, dla którego w p. 5.1.2.9 normy podany jest współczynnik równy - 0,6. W rezultacie, do obliczeń przyjęto współczynniki równe średnim arytmetycznym ze współczynników określonych w tych dwóch wariantach aproksymacji, czyli dla kolejnych pięciu wyróżnionych odcinków: -0,6; -0,81 ; - 0,67; - 0,55; - 0,6. Przy normowym ciśnieniu dynamicznym, na wysokości  $Z = 15m$ , wynoszącym dla I strefy  $p = 52,5 \text{ kg/m}^2$ , obciążenia normalne na kolejnych odcinkach połaci dachowej wynoszą: -94,5 kg/m; - 127,5 kg/m; - 105,5 kg/m; - 86,6 kg/m;

- 94,5 kg/m. Wobec małego pochylenia połaci dachu, obciążenia pionowe przyjęto równe obciążeniom normalnym do połaci dachu. Przy kojarzeniu obciążeń śniegiem i wiatrem przyjęto, zgodnie z PN-64/B - 02009, sumowanie całego obciążenia wiatrem z 75% obciążenia śniegiem.

W obliczeniach uwzględniono wszystkie możliwe warianty kojarzenia wyżej opisanych wersji obciążeń. Może być ono wykonane już na etapie sumowania obciążeń a nie sumowania wyników obliczeń od poszczególnych obciążeń, gdyż jak wiadomo, dla układów ciągłych niedopuszczalne jest stosowanie zasady superpozycji. Pełny zestaw kombinacji uwzględnionych w obliczeniach obciążeń przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1

Kombinacje uwzględnionych w obliczeniach obciążeń

Nr zestawu obciążeń	Ciążar własny	Śnieg	Wiatr
			
1		0	0
2			0
3			0
4			0
5		0	
6			
7			
8			
9			

### 3.3. Obliczenia wstępne

Jako podstawowe maksymalne obciążenie pionowe, miarodajne dla wstępnego określenia przekrojów obu ciągów, przyjęto równomiernie rozłożone na całej rozpiętości układu obciążenie ciężarem własnym i śniegiem /zestaw obciążeń nr 2/, czyli obciążenie  $q = 150 + 180 = 330 \text{ kg/m}$ .

Przyjęto, że w fazie wstępnego napięcia układu /bez działania zewnętrznego obciążenia czynnego  $q$ / pomiędzy parabolicznymi ciągami wystąpi równomiernie rozłożone obciążenie, przekazywane przez łączniki o wartości równej około  $1/3 q$ , czyli około  $100 \text{ kg/m}$ . Po przyłożeniu obciążenia czynnego  $q$  i przemieszczeniu się układu, obciążenie cięgna nośnego od sił w łącznikach zmaleje. Dla wstępnych obliczeń przyjęto, że obciążenie to zmaleje do około  $1/3$ , czyli do około  $30 \text{ kg/m}$ . Maksymalne obciążenie cięgna nośnego można więc oszacować wstępnie jako równe :  $p = 330 + 30 = 360 \text{ kg/m}$ . Pomijając wzrost strzałki cięgna nośnego, wywołany sprężystym wydłużeniem się cięgna, składową poziomą siły w tym cięgnie można wyliczyć:

$$H_{11} = \frac{p l^2}{8f_{10}} = \frac{360 \cdot 100^2}{8 \cdot 5} = 90000 \text{ kg}$$

Oba cięgna projektuje się z wiązek równoległych strun  $\phi 5 \text{ mm}$ , ze stali o naprężeniach dopuszczalnych  $k_r = 10500 \text{ kg/cm}^2$  i module Younga  $E = 2086000 \text{ kg/cm}^2$ .

Dopuszczalna siła zrywająca dla jednej struny równa jest:

$$P_r = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \cdot 10500 = 2060 \text{ kg}$$

Wymagana liczba strun w cięgnie nośnym:

$$n = \frac{90000}{2060} = 43,7$$

Przyjęto w cięgnie nośnym 44 struny  $\phi 5 \text{ mm}$

Pole przekroju cięgna nośnego:

$$F_1 = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \cdot 44 = 8,63 \text{ cm}^2$$

Maksymalna siła w cięgnie napinającym wystąpi prawdopodobnie w fazie wstępnego napięcia układu /przed przyłożeniem zewnętrznego obciążenia czynnego/. Można więc ją w przybliżeniu wyliczyć na podstawie przyjętego uprzednio obciążenia, przekazywanego w tej fazie przez łączniki, równego 100 kG/m:

$$H = \frac{100 \cdot 100^2}{8 \cdot 5} = 25000 \text{ kG}$$

Dla bezpiecznego przeniesienia tej siły wymagana jest następująca liczba strun w cięgnie napinającym:

$$n = \frac{25000}{2060} = 12,14$$

Przyjęto w cięgnie napinającym 16 strun  $\phi 5$  mm.

Pole przekroju poprzecznego cięgna napinającego:

$$F_2 = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \cdot 16 = 3,14 \text{ cm}^2$$

#### 3.4. Obliczenia na EMC Odra-1204

Zgodnie z poprzednio określonymi wielkościami, charakterystycznymi geometrie obliczanego układu i jego obciążenia, przygotowano zestaw danych, w sposób opisany w p.2.4. Jako parametr określający wymagany stopień dokładności obliczeń zadano liczbę 6, co oznacza, że iteracyjny proces rozwiązania układu dwóch równań trzeciego stopnia zostanie zakończony, gdy równania te będą spełnione z dokładnością do szóstego znaczącego miejsca w układzie dziesiętnym. Obliczenia wykonano w Ośrodku Obliczeniowym Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Bydgoszczy na elektronicznej maszynie cyfrowej Odra-1204. Całość obliczeń, dla dziewięciu zadanych zestawów obciążeń układu, wraz z wydrukiem wyników na drukarce wierszowej, trwała około 15 minut.

Tablica 2

Zestawienie wybranych wyników obliczeń

Wyszczególnienie	Od obciążenia Nr:									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Składowa pozioma siła w ciężnie: nośnym [kG] napinającym [kG]	25 000	48 518	75 724	72 620	75 904	32 914	53 886	51 516	54 178	53 931
	25 000	17 229	9 849	11 004	10 039	22 274	15 684	16 718	15 968	15 727
Maksymalna siła w ciężnie nośnym [kG] W odcinku Nr	25 471	49 611	77 750	74 764	78 174	33 602	55 183	52 884	55 628	55 309
	1,40	1,40	1,40	1,40	40	40	40	40	40	40
Napężenie w tym odcinku ciężna nośnego [kG/cm <sup>2</sup> ]	2 951	5 749	9 009	8 663	9 058	3 894	6 394	6 128	6 446	6 409
Maksymalna siła w ciężnie napinającym [kG] W odcinku Nr	25 471	17 499	9 970	11 120	10 184	22 680	15 922	16 941	16 247	15 985
	1,40	1,40	1,40	1,40	1	1	1	1	1	1
Napężenie w tym odcinku ciężna napinającego [kG]	8 112	5 572	3 175	3 541	3 244	7 223	5 071	5 396	5 174	5 091
Maksymalna siła w łącznikach [kG] Nr tego łącznika	+ 250	+ 156,01	+ 79,36	+ 58,87	+ 101,99	+ 209,68	+ 135,60	+ 102,68	+ 168,98	+ 166,48
	1÷5,35÷40	1÷5,35÷40	1÷5,35÷40	1÷5,35÷40	1	1÷5,35÷40	1÷5,35÷40	1÷5,35÷40	1	1
Minimalna siła w łącznikach [kG] Nr tego łącznika	-250	-531,01	-904,36	-1063,87	-1023,12	-360,21	-627,14	-728,84	-706,60	-629,48
	6÷34	6÷34	6÷34	6÷10,30÷34	34	23÷34	23÷34	30÷34	34	27
Maksymalne przemieszczenie pionowe [cm] węzła Nr	0	0	+49,91	+37,20	+55,12	0	+13,67	+17,00	+25,10	+14,95
	0,40	0÷40	20	9,31	26	0,40	27	33	30	28
Minimalne przemieszczenie pionowe [cm] węzła Nr	-47,23	0	0	0	0	-33,44	0	-9,35	-12,35	-3,16
	20	0÷40	0,40	0,40	0,40	15	0,40	18	8	4

### 3.5. Wyniki obliczeń

Otrzymany z drukarki wierszowej EMC tabulogram wyników zgodny z p. 2.5, zawiera około 960 wierszy wydruku i prezentowanie go w całości w tym miejscu jest ze zrozumiałych względów niemożliwe. Charakterystyczne, wybrane wyniki obliczeń zestawiono w tablicy 2, gdzie obciążenie Nr 0 oznacza stan wstępnego napięcia układu, bez działania obciążenia zewnętrznego. Określone w tej tablicy przemieszczenia pionowe liczone są od położenia układu wstępnie napiętego i obciążonego ciężarem własnym konstrukcji.

Na rysunku 4 przedstawiono obwiednie sił normalnych w łącznikach, których znajomość jest konieczna do prawidłowego zymiarowania przekrojów poprzecznych tych prętów.

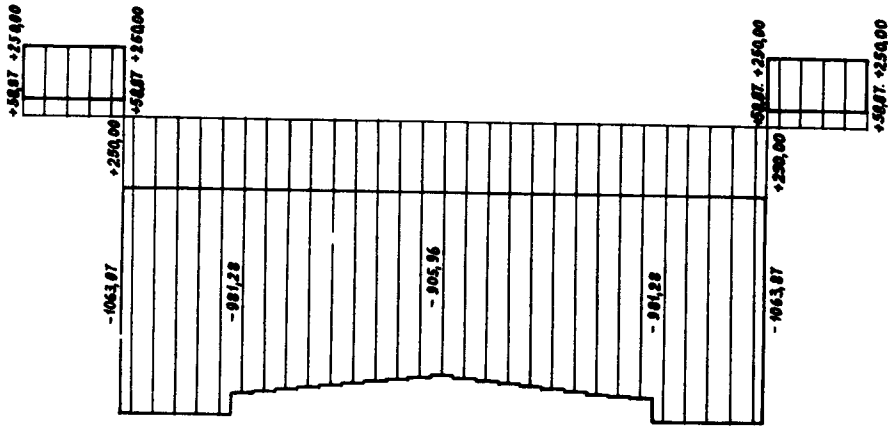
Rysunek 5 przedstawia wykresy pionowych przemieszczeń konstrukcji w porównaniu z położeniem jej węzłów, przy obciążeniu tylko ciężarem własnym.

### 4. Wnioski końcowe

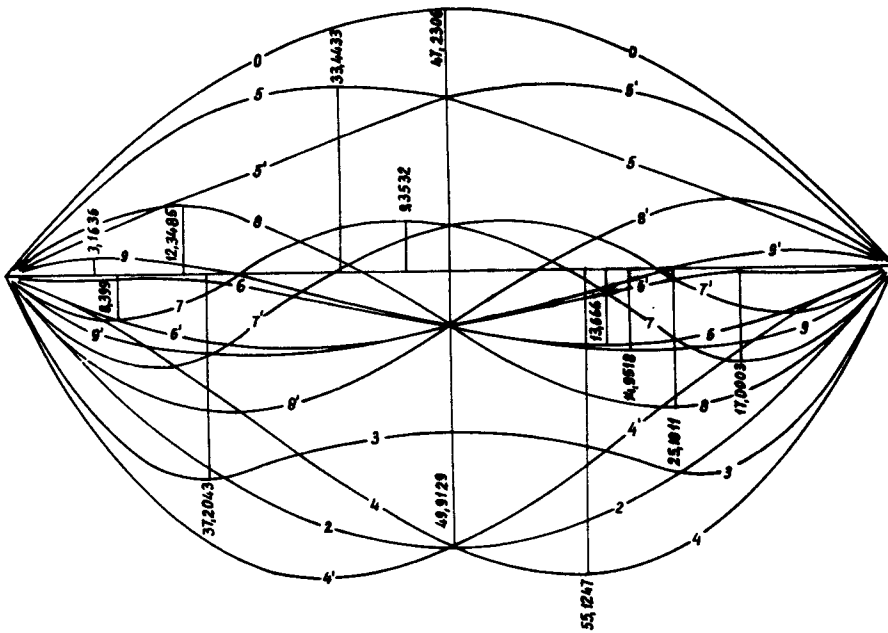
Szczegółowa analiza wyników dokonanych obliczeń statycznych przykładowej konstrukcji przedstawionej w p.3, pozwala na sformułowanie następujących wniosków dotyczących tej konstrukcji:

1. Maksymalna siła w cięgnie nośnym występuje w skrajnym przedziale tego cięgna, przy obciążeniu ciężarem własnym i asymetrycznie rozłożonym obciążeniu śniegiem /kombinacja 4 zestawu obciążeń/.
2. Maksymalna siła w cięgnie napinającym występuje w skrajnych jego przedziałach w stanie wstępnego napięcia układu /bez działania innych obciążeń/.
3. Minimalna siła w cięgnie nośnym występuje w stanie wstępnego napięcia układu.
4. Minimalna siła w cięgnie napinającym występuje pod wpływem obciążenia ciężarem własnym i równomiernie rozłożonego obciążenia śniegiem /kombinacja 2 zestawu obciążenia/.





Rys.4. Obwiednia sił normalnych w łącznikach



Rys.5. Wykresy przemieszczeń pionowych od poszczególnych kombinacji obciążeń

5. Przy żadnej z możliwych kombinacji obciążeń nie nastąpiło wyłączenie się ze współpracy któregośkolwiek z ciągien, co świadczy o przyjęciu wystarczająco dużego wstępnego napięcia układu.
6. Maksymalne przemieszczenie pionowe w dół występuje w punkcie Nr 26 /nie w środku przy obciążeniu ciężaru własnym i asymetrycznie rozłożonym obciążeniu śniegiem - kombinacja 4 zestawu obciążeń.

Ponadto, można sformułować ogólniejsze wnioski, dotyczące analizy pracy statycznej podobnego typu konstrukcji ciągnowych:

1. Dla określenia ekstremalnych wartości sił w ciągach i sił w łącznikach oraz ekstremalnych wartości przemieszczeń pionowych, należy brać pod uwagę wszystkie możliwe kombinacje obciążeń, w szczególności możliwości występowania obciążeń rozłożonych asymetrycznie.
2. Konieczność wielokrotnego rozwiązywania układu ciągnowego od różnych możliwych kombinacji obciążeń, wymaga zastosowania do tego celu elektronicznej techniki obliczeniowej.
3. Opracowany i przedstawiony w tej pracy program TKB-6 może być stosowany także do dalszej szczegółowej analizy pracy statycznej płaskich układów ciągien sprzężonych, np. do zbadania wpływu wielkości wstępnego napięcia na podatność układu, do optymalizacji wstępnego napięcia układu, optymalizacji strzałek obu ciągien i pól ich przekrojów poprzecznych.

## Literatura

1. Hajduk J., Osiecki J.: Ustroje ciągnowe - teoria i obliczenie. Wyd.Nauk.-Techn. Warszawa 1970.
2. Kaczurin W.K.: Teoria konstrukcji wiszących. Arkady, Warszawa 1965.
3. Muchadze L.G.: Przybliżone rozwiązanie ustrojów ciągnowych dwupasowych wstępnie naprężonych. W pracy zbiorowej: Metody optymalizacji ustrojów odkształcalnych, Cz.I. Wyd. PAN, Wrocław - Warszawa - Kraków 1968.
4. Muchadze L.G.: Przybliżone rozwiązanie ustrojów ciągnowych dwupasowych wstępnie naprężonych. Archiwum Inżynierii Łądowej T. XIV Z. 3/1968.
5. Łukowiak M., Sas E.: Zastosowanie rachunku macierzowego do rozwiązywania dźwigarów liniowych. Archiwum Inżynierii Łądowej T. XVI z. 4/1970.
6. Parzniewski Z., Stachowicz A.: Uproszczony sposób obliczenia dwupasowych dźwigarów ciągnowych. Inżynieria i Budownictwo, nr 4/1972.

### STRUCTURAL ANALYSIS OF PLANE INITIAL STRESSED ARRANGEMENT OF PARABOLIC TENSION MEMBERS BY THE USE OF ECD

#### Summary

In this article there has been presented the TKB-6 programme for structural analysis of plane initial stressed arrangement of two parabolic tension members, which are tensed by the vertical connectors. The programme is written in realization vocabulary Alogol-1204 and it is in the Analytical Centre of the Technical Agricultural Academy in Bydgoszcz.

The article deals with the comprehensive example of numerical calculations, which are realized by the use of the TKB-6 programme. Important conclusions for the engineering practice in the calculations this type of the constructions have been formulated.

ВЫЧИСЛЕНИЯ НА ЭМС ПРЕДВАРИТЕЛЬНО  
НАПРЯЖЁННОЙ ПЛОСКОЙ СИСТЕМЫ  
ПАРАБОЛИЧЕСКИХ ВАНТ

Резюме

В настоящей работе представлена программа ТКВ - 6 предназначенная для статических вычислений плоской предварительно напряжённой системы двух параболических вант напряжённых вертикальными соединителями. Эта программа написана на реализованном языке - I204 и находится в Вычислительном центре Техническо-Сельскохозяйственной Академии в Быдгощи. В работе представлен также обширный пример вычислений еделанных с применением программы ТКВ - 6, а также сформулированы существенные для инженерной практики итоги касающиеся вычислений этого типа конструкций.

Wacław Kwiecień

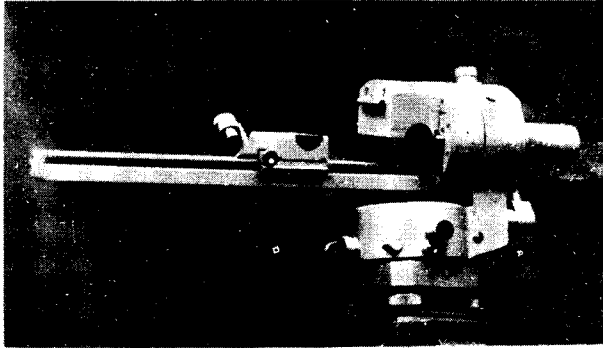
ZASTOSOWANIE BAZOWEGO TACHYMETRU BRT 006 PRZY POMIARACH  
OKRĄGLYCH MUROWANYCH KOMINÓW PRZEMYSŁOWYCH

Zasygnalizowano możliwość wykorzystania bazowego tachymetru BRT 006 przy pomiarach okrągłych kominów fabrycznych.

Opracowano zasadę pośredniego pomiaru średnic trzonu komina i wielkości odchylenia jego osi od pionu. W wyniku przeprowadzonej analizy obserwacji stwierdzono dokładność pomiarów w granicach tolerancji dla budownictwa wysokich. Czas opracowania dokumentacji skraca się o około 30 %.

1. Wstęp

Pracownia Geodezji prowadzi pomiary pionowości kominów fabrycznych w jednym z zakładów ceramiki budowlanej. Stosunkowo duże odchylenia osi komina od pionu wymagają prowadzenia obserwacji w odstępach półrocznych w celu zasygnalizowania zmian położenia osi w przyjętym lokalnym układzie przestrzennym. Mając na uwadze zmniejszenie pracochłonności i uciążliwości prac towarzyszących dotychczasowym sposobom, opracowano nowe rozwiązanie, w którym zasadniczą rolę odgrywa, o wszechstronnych zaletach, dalmierz BRT 006 /rys.1/. Otrzymane wyniki z przeprowadzonych badań potwierdzają słuszność założeń i konieczność kontynuacji obserwacji dla ostatecznego ustalenia metody i dokładności pomiaru.



Rys.1. Ogólny widok dalmierza BRT 006

## 2. Metoda pomiaru

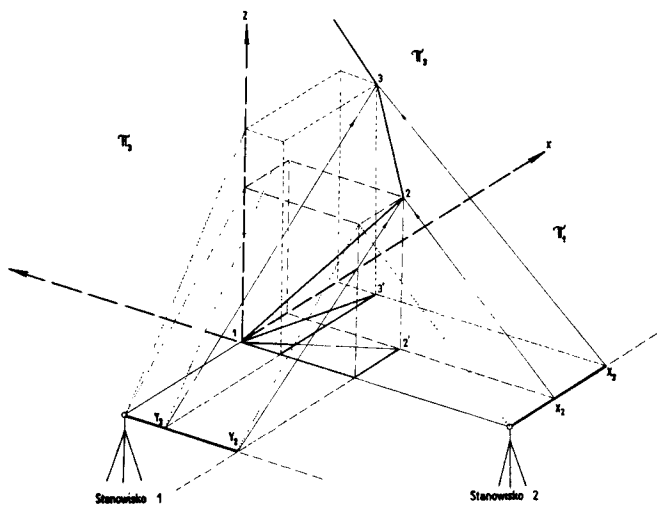
Instrumentem tym można, poza normalnym zakresem czynności podanych w katalogu producenta, mierzyć odchylenia budowli od pionu w granicach do 30 cm.

Określenie wielkości odchylenia polega na ustawieniu pentagonu dolnego/ górny nie bierze udziału w obserwacji/ w położeniu zerowym podziału szyny bazowej, następnie zaś na wy - celowaniu na dolny punkt badanej krawędzi budowli. Przy tak zorientowanym narzędziu celujemy na górny punkt krawędzi. Celowanie polega na obrocie lunety w płaszczyźnie pionowej z jednoczesnym przesunięciem pentagonu ruchomego / dolnego / wzdłuż szyny bazowej do takiego położenia, w którym kreska kierunkowa pokryje się z celem.

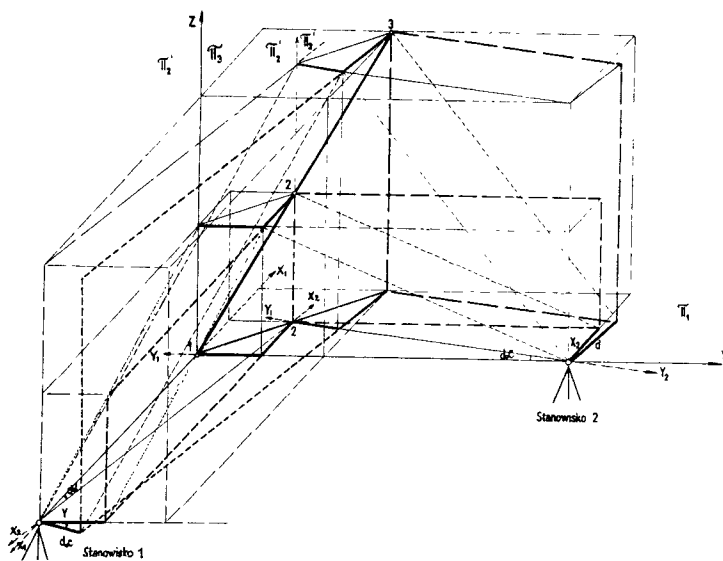
Odczyt z podziałki, skorygowany przez wartość działki , jest wektorem odchylenia w płaszczyźnie prostopadłej do osi celowej. Dla pełnego określenia położenia badanej krawędzi wykonuje się obserwacje z drugiego stanowiska, usytuowanego w ten sposób, że płaszczyzna celowania jest mniej więcej prostopadła do płaszczyzny poprzedniej /rys.2/.

Wielkość odchylenia i jego kierunek, jako wypadkową rzutów, rozwiązuje się sposobem graficznym.

Ograniczona długość szyny bazowej nie pozwala na stosowanie takiego rozwiązania przy pomiarach kominów fabrycznych.



Rys.2. Schematyczne przedstawienie pomiaru



Rys.3. Rozwiązanie w ujęciu graficznym

Rzuty odległości tworzących komina od pionu poprowadzonego na wysokości przyziemia, wielokrotnie przekraczają długości szyny bazowej.

Istotą nowego rozwiązania jest kolejna orientacja zera podziału szyny bazowej na uprzednio zaobserwowany cel, dla którego odczyt znajduje się przy końcu szyny bazowej.

Suma odczytów z bazy jest wektorem rzutów odległości tworzących od pionu w płaszczyznach prostopadłych do kolejnych orientacji osi celowej /rys.3/.

Obserwacje prowadzimy przy dwu położeniach lunety, zaczy - nając pomiar lewej a następnie prawej krawędzi tworzącej komina. Celujemy na górne krawędzie kręgów, doprowadzając do koincydencji raz ruchem śruby leniwej pryzmatu w kierunku lewym a drugi raz w kierunku prawym. Do obliczeń przyjmujemy wynik średni z obu koincydencji i dwu położenia koła. Położenie celów przedstawiono na ogólnym widoku komina /rys.4/. Zauważyć należy, że dokładność pomiaru zależy w dużym stopniu od widoczności celów, a więc od oświetlenia, stopnia zadymienia, temperatury powietrza, siły wiatrów.

Wpływ niekorzystnie układających się warunków obserwacji zmniejszamy stosując jednoczesną obserwację z trzech stanowisk. Korzystając z radiotelefonów naprowadzanie na cel odbywa się pod kierunkiem głównego obserwatora.

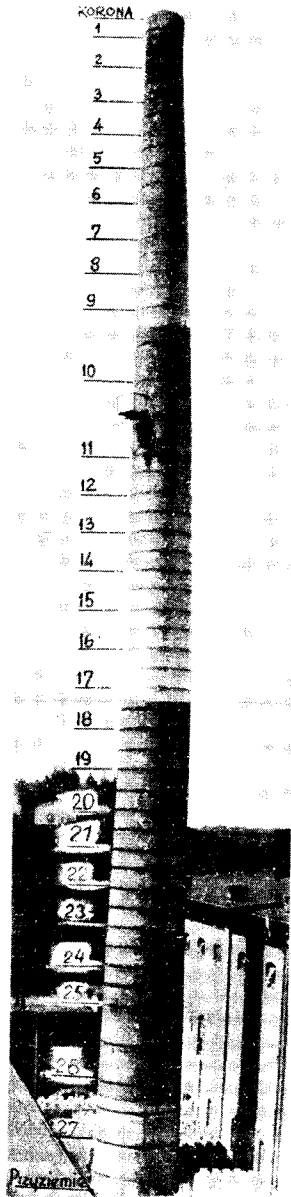
Stanowiska obserwacyjne stanowią wierzchołki ciągu, w którym kąty i długości mierzymy przy użyciu BRT 006 z dokładnością przewidzianą w instrukcji C-1 dla ciągów sytuacyjnych klasy czwartej.

Współrzędne prostokątne obliczamy w dowolnym układzie lokalnym. Zakładamy, że przy pionowej osi komina odległości tworzących od pionów, poprowadzonych na wysokości przyziemia są sobie równe w granicach dokładności pomiaru /rys.5/

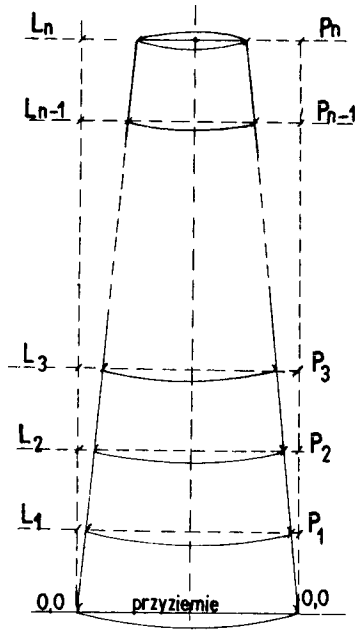
$$L_1 = P_1, \quad L_2 = P_2, \quad L_3 = P_3, \quad \dots \dots \dots L_n = P_n$$

W przeciwnym przypadku odległości te będą różne, a wielkości odchylenia osi komina w poszczególnych kręgach będą równe połowie różnicy tych odległości.





Rys.4. Ogólny widok komina



Rys.5. Przekrój komina pionowego

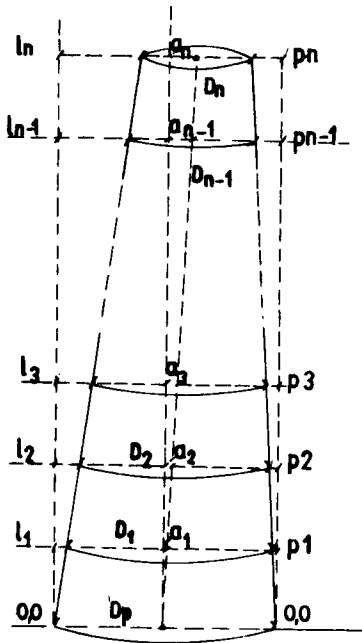
Rozwiązanie ilustruje rysunek 6.

$$a_1 = \frac{l_1 - p_1}{2}$$

$$a_2 = \frac{l_2 - p_2}{2}$$

itd.

$$a_n = \frac{l_n - p_n}{2}$$



Rys.6. Przekrój kominą odchylonego od pionu

Wielkości średnic poszczególnych kręgów stanowią różnicę między średnicą przyziemia a sumą przynależnych odchyień, zaobserwowanych z kolejnych stanowisk instrumentu.

$$D_1 = D_p - (l_1 + p_1)$$

$$D_2 = D_p - (l_2 + p_2)$$

$$D_3 = D_p - (l_3 + p_3)$$

itd.

$$D_n = D_p - (l_n + p_n)$$

Porównanie rezultatów otrzymanych ze wszystkich stanowisk jest kontrolą dokładności przeprowadzonych obserwacji kręgów kominów okrągłych.

### 3. Analiza wyników

W tabelicy 1 zestawiono wielkości średnic pomierzonych w okresie wiosny i jesieni 1973 roku metodami tradycyjnymi.

Błąd przeciętny średniego błędu uśrednionej średnicy jest równy  $\pm 5$  m/m. Wynik ten może być poprawiony przez zastosowanie jednoczesnej obserwacji kręgów z trzech stanowisk. W naszym przypadku obserwacje były prowadzone tym samym teodolitem kolejno na każdym stanowisku. Jak widać z tabelicy 1 dla kilku kręgów wyniki odbiegają od przeciętnych. Jest to wpływ zmian zachodzących w silne parcia wiatru i wzroście nasłonecznienia trzonu kominą. Wprawdzie obserwacje były wykonane podczas dobrej pogody, niemniej jednak w czasie obserwacji zachodziły zmiany w warunkach atmosferycznych, [1.3].

Tablica 1

Obliczenie średnich średnic kręgów komina

Nr kręgu	Obserwacja wiosenna 73 Stanowisko			Obserwacja letnia 73 Stanowisko			Średnia średnica D <sub>0</sub> m	1 <sub>w</sub> V <sub>6</sub>	4 <sub>w</sub> V <sub>6</sub>	5 <sub>w</sub> V <sub>6</sub>	9 <sub>f</sub> V <sub>6</sub>	4 <sub>f</sub> V <sub>6</sub>	5 <sub>f</sub> V <sub>6</sub>	[V <sub>w</sub> ] 1 <sub>w</sub>	M <sub>kr</sub> mm	[M <sub>kr</sub> ] L	
	1	4	5	1	4	5											
P	3.908	3.908	3.908	3.908	3.908	3.908	3.908	0	0	0	0	0	0	0	-	-	120,9 ± 5,5 24
23		3.519	3.508	3.518	3.511	3.494	3.510	-	-9	+2	-8	-1	+16	406	± 4,5		
22		3.448	3.443		3.442	3.439	3.443	-	-5	0	-	+1	+4	42	± 1,9	1 <sub>6</sub> -średy pozorne poszczegól- nych średnic	
21		3.393	3.372		3.384	3.383	3.388	-	-5	+4	-	+4	+5	82	± 2,6		
20		3.330	3.307		3.320	3.318	3.319	-	-11	+12	-	+1	+1	267	± 4,7		
19		3.255	3.248		3.256	3.257	3.254	-	+1	+6	-	+2	-3	50	± 2,2	M <sub>kr</sub> -średni błąd średniog średnicy	
18	3.167	3.189	3.194	3.155	3.186	3.200	3.182	+15	-7	-12	+27	-4	-18	1487	± 7,0		
17	3.111	3.117	3.131	3.096	3.130	3.155	3.125	+14	-2	-6	+29	-5	-30	2002	± 8,1		
16	3.049	3.070	3.068	3.033	3.070	3.077	3.061	+12	-9	-7	+28	-9	+16	1395	± 6,7		
15	2.982	3.004	2.998	2.969	3.000	3.006	2.992	+12	-11	-5	-24	+7	-13	1084	± 6,3	[M <sub>kr</sub> ] błąd średniego średniog średnicy	
14	2.923	2.941	2.930	2.908	2.938	2.942	2.930	+7	-11	0	+22	-8	+12	862	± 5,3		
13	2.857	2.876	2.864	2.844	2.874	2.874	2.865	+8	-11	+1	+19	-9	-9	709	± 4,9		
12	2.796	2.807	2.808	2.782	2.816	2.817	2.804	+8	-3	-4	+22	-12	-13	886	± 5,4		
11	2.733	2.745	2.740	2.721	2.746	2.772	2.743	+10	-2	+3	-22	-3	-29	1447	± 6,9		
10	2.670	2.674	2.610	2.596	2.615	2.632	2.613	+3	-1	+3	+17	+2	-19	673	± 4,7		
9	2.645	2.640	2.645	2.651	2.658	2.673	2.662	-3	+2	-3	+11	+4	-11	280	± 3,2		
8	2.396	2.392	2.400	2.383	2.390	2.406	2.394	-2	+2	-6	-11	+4	-12	325	± 3,4		
7	2.320	2.318	2.318	2.300	2.314	2.329	2.316	-4	-2	-2	+16	+3	-12	433	± 3,8		
6	2.241	2.247	2.240	2.233	2.233	2.256	2.242	+1	-5	+2	+9	+9	-14	388	± 3,6		
5	2.166	2.168	2.158	2.151	2.162	2.179	2.164	-2	-4	+6	+13	+2	-15	454	± 3,9		
4	2.085	2.071	2.076	2.068	2.066	2.082	2.076	-9	-1	+2	+8	+10	-11	371	± 3,5		
3	2.009	2.009	2.010	1.989	1.998	2.015	2.005	-4	-4	-5	+16	+7	-10	462	± 3,9		
2	1.905	1.951	1.914	1.901	1.952	1.922	1.925	+16	-26	+11	+24	-27	+3	2367	± 8,9		
1	1.892	1.925	1.905	1.880	1.908	1.915	1.904	+12	-21	-1	+24	-4	-11	1308	± 6,5		
K	1.895	1.928	1.935	1.892	1.938	1.940	1.921	+26	-7	-14	+29	-17	-19	2412	± 9,0		
														Σ =	1120,91		

Tablica 2

Obliczenia średniego błędu średnicy z pomiaru BRT 006

Nr kregu	Średnica wyznaczona		Różnica między średnicami $d_n$ m/m	$d_n' = d_n - \delta$ m/m	Uwagi
	metodami klasycznymi $d_n$	metoda BRT z kilku stanowisk $d_n$			
P	3.908	3.908	0	- 15	$\bar{\delta} = \frac{350}{23} = 15$ $m_d = \pm \sqrt{\frac{3854}{23}} = \pm 13 \text{ m/m}$ $m_o = \pm \frac{13}{\sqrt{2}} = \pm 9 \text{ m/m}$ $m_d = \text{średni błąd pary średnic}$ $m_o = \text{średni błąd pojedynczej średnicy}$
23	3.510	3.500	- 10	- 25	
22	3.443	3.445	+ 2	- 13	
21	3.388	3.378	- 10	- 25	
20	3.319	3.315	- 4	- 19	
19	3.254	3.253	- 1	- 16	
18	3.182	3.191	+ 9	- 6	
17	3.125	3.128	+ 3	- 12	
16	3.061	3.073	+ 12	- 3	
15	2.993	2.998	+ 5	- 10	
14	2.930	2.941	+ 11	- 4	
13	2.885	2.885	+ 20	+ 5	
12	2.804	2.826	+ 22	+ 7	
11	2.743	2.758	+ 15	0	
10	2.613	2.631	+ 18	+ 3	
9	2.462	2.487	+ 25	+ 10	
8	2.394	2.418	+ 24	+ 14	
7	2.316	2.342	+ 26	+ 16	
6	2.242	2.250	+ 8	- 7	
5	2.164	2.189	+ 25	+ 10	
4	2.091	2.108	+ 17	+ 2	
3	2.055	2.036	+ 31	+ 16	
2	1.925	1.948	+ 23	+ 8	
1	1.904	1.933	+ 29	+ 14	
			$\sum [d] = 350$	$\sum [d^2] = 3854$	

Tablica 3

Porównanie wyników odchyleń od pionu otrzymanych na poszczególnych stanowiskach metodami tradycyjnymi i metodą BRT 006

Nr kregu	Stanowisko											
	klasyczna tradycyjna 7		BRT 006		klasyczna tradycyjna 4		BRT 006		klasyczna tradycyjna 5		BRT 006	
	m/m	m/m	d <sub>n</sub> <sup>1</sup>	D <sub>n</sub> <sup>1</sup> -d <sub>n</sub> <sup>1</sup> -δ <sub>s</sub> <sup>1</sup>	m/m	m/m	d <sub>n</sub> <sup>4</sup>	D <sub>n</sub> <sup>4</sup> -d <sub>n</sub> <sup>4</sup> -δ <sub>s</sub> <sup>4</sup>	m/m	m/m	d <sub>n</sub> <sup>5</sup>	D <sub>n</sub> <sup>5</sup> -d <sub>n</sub> <sup>5</sup> -δ <sub>s</sub> <sup>5</sup>
Kor	-188	-149	+39	+28	+402	+372	-30	-16	+386	+387	+1	-6
1	-193	-167	+26	+15	+402	+379	-23	-9	+381	+393	+12	+5
2	-205	-179	+26	+15	+392	+368	-24	-10	+389	+390	+1	-6
3	-186	-165	+21	+10	+332	+303	-29	-15	+335	+339	+4	-2
4	-154	-139	+15	+4	+268	+243	-25	-11	+281	+288	+7	0
5	-124	-105	+19	+8	+220	+190	-30	-16	+228	+238	+10	+3
6	-97	-79	+18	+7	+176	+154	-22	-8	+190	+199	+9	+2
7	-74	-58	+16	+5	+154	+135	-19	-5	+163	+170	+7	0
8	-58	-40	+18	+7	+123	+100	-23	-9	+130	+145	+15	+8
9	-40	-30	+10	-1	+92	+67	-25	-11	+102	+115	+13	+6
10	-17	-8	+9	-2	+48	+34	-14	0	+60	+78	+10	+11
11	-8	+1	+9	-2	+30	+18	-12	+2	+44	+53	+9	+2
12	-1	+8	+9	-2	+18	+7	-11	+14	+36	+42	+6	-3
13	0	+6	+6	-5	+8	-9	-17	-3	+25	+34	+9	0
14	+3	+5	+2	-9	-1	-11	-10	+4	+20	+26	+6	-3
15	+5	+10	+5	-6	-7	-17	-10	+4	+14	+20	+6	-3
16	+5	+6	+7	-8	-12	-25	-13	+1	+6	+27	+21	+14
17	+9	+8	-1	-12	-18	-22	-4	+10	+6	+15	+9	+2
18	+10	+10	0	-11	-24	-22	+2	+12	+6	+9	+3	-4
19					-26	-28	-2	+10	+4	+5	+1	-6
20					-27	-27	0	+14	+10	+4	-6	+1
21					-38	-29	+9	+5	+4	-1	-5	-12
22					-29	-28	+1	+15	0	-3	-3	-10
23	+4				-30	-30	0	+14	0	0	0	-7
24	+5	+7	+2	9								
25	-1		0	-11								
26		+4	0	-11								
P	0	0	0	-11	0	0	0	-14	0	0	0	-7
			[ld] <sup>1</sup> 252	[D <sup>1</sup> D <sup>1</sup> ] <sup>n</sup> = 2021			[ld] <sup>4</sup> 465	[D <sup>4</sup> D <sup>4</sup> ] <sup>n</sup> = 2754			[ld] <sup>5</sup> 181	[D <sup>5</sup> D <sup>5</sup> ] <sup>n</sup> = 1101
			δ <sub>s</sub> = 252/23 = ±11	m <sub>s</sub> = √(2021/23)			δ <sub>s</sub> = 465/25 = -14	m <sub>s</sub> = √(2754/25)			δ <sub>s</sub> = 181/25 = ±7	m <sub>s</sub> = √(1101/25)
				m <sub>s</sub> = ±9 m/m				m <sub>s</sub> = ±10 m/m				m <sub>s</sub> = ±7 m/m

$$M_{\text{przeciętny}} = \frac{1261}{3} = \pm 9 \text{ m/m}$$

Oceną przydatności proponowanej metody jest porównanie wyników BRT 006 z wynikami uzyskanymi metodami tradycyjnymi, przyjmując te ostatnie jako prawdziwe /tabl.2/.

Otrzymane różnice ( $d_n$ ) obarczone są błędem systematycznym wielkości 15 m/m. Trudno w tej chwili stwierdzić, co jest przyczyną powstania tego rodzaju błędu. Wykrycie źródła systematycznie obarczającego wyniki obserwacji będzie przedmiotem dalszych badań.

Otrzymany średni błąd wyznaczenia pojedynczej średnicy z pomiaru BRT 006 nie przekracza  $\pm 9$  m/m. Interesującym jest porównanie wyników odchyień otrzymanych na poszczególnych stanowiskach /tabl. 3/. Daje się tu zauważyć systematyczne obciążenie rezultatów z pomiaru BRT 006. Błąd systematyczny dla stanowiska pierwszego jest rzędu + 11 m/m, dla stanowiska czwartego rzędu - 14 m/m, i dla stanowiska piątego rzędu + 7 m/m.

Po wyeliminowaniu wpływu błędu systematycznego drogą wyrównania, błąd przeciętny średniego odchylenia na wszystkich stanowiskach, dla wszystkich średnic kręgów, legitymuje się wielkością  $\pm 9$  m/m. Dla pełnego zobrazowania wyników sporządzono tablicę 4, w której uwidoczniono różnice między wypadkowymi odchyleniami z pomiaru BRT 006 i z pomiaru uzyskanymi metodami klasycznymi.

Średni błąd pojedynczego wypadkowego odchylenia jest mniejszy od  $\pm 7$  m/m.

Wymiary średnic i wielkości odchyień od pionu są elementami wchodzącymi do wzorów na obliczenie ciężaru komina i z kolei jego stateczności. Należy więc zastanowić się, czy osiągnęte dokładności pomiaru nie są za niskie, czy są w granicach tolerancji. Przyjmujemy do naszych rozważań podstawowy wzór na obliczenie objętości komina okrągłego [2].

Tablica 4

Zestawienie odchyleń wypadkowych otrzymanych  
z pomiaru metodą tradycyjną i BRT 006

Nr kregu	Odchylenie wypadkowe		Różnice $t_n$ m/m
	Metoda klasyczna (tradycyjna) m/m	BRT 006 m/m	
Kor.	418	408	-10
1	416	414	-2
2	413	400	-13
3	347	342	-5
4	289	282	-7
5	236	226	-10
6	192	187	-5
7	168	163	-5
8	133	130	-3
9	104	90	-14
10	58	50	-8
11	40	38	-2
12	24	28	+4
13	18	21	+3
14	12	12	0
15	6	7	+1
16	5	12	+7
17	12	13	+1
18	13	11	-2
			$\left[ \sum t_n^2 \right]_1^n = 836$
			$m_w = \pm \sqrt{\frac{836}{18}} = \pm 7 \text{ m/m}$

$$v = \frac{1}{2} \cdot h \cdot d (D_g + D_{dw}) \quad (1)$$

gdzie: h - wysokość trzonu komina = 52,00  
d - średnia grubość ścianki trzonu komina = 0,48  
 $D_g$  - średnica zewnętrzna górna = 1,92  
 $D_{dw}$  - średnica wewnętrzna dolna = 2,35

Przyjmując składniki:  $h$ ,  $d$ ,  $D_{dw}$  jako wielkości stałe, obliczymy średni błąd objętości trzonu komina zakładając, że średni błąd pomierzonej średnicy  $D_g$  zgodnie z otrzymanymi wynikami /tabl.2/ wynosi  $m_{Dg} = \pm 0,009$  metra.

Średni błąd obliczonej objętości trzonu komina będzie :

$$m_V = \frac{\pi}{2} \cdot h \cdot d \cdot m_{Dg} \quad (2)$$

Podstawiając przynależne wartości otrzymamy:

$$m_V = 1,57 \cdot 52 \cdot 0,48 \cdot 0,009 = \pm 0,35 \text{ m}^3$$

Objętość trzonu  $V = 157,3 \text{ m}^3$  została określona ze średnim błędem  $\pm 0,35 \text{ m}^3$ , co stanowi 0,1 % objętości.

Dla uzyskania potwierdzenia, że pomiar średnic komina przy użyciu instrumentu BRT 006 z dokładnością cm jest wystarczająco dokładny, przeanalizujemy dalsze wzory, na moment wywracający, moment stateczności i wreszcie wpływ błędu  $m_{Dg}$  na określenie wielkości współczynnika stateczności  $\mu$ .

Opierając się na wzorach podanych w podręczniku [2], obliczymy kolejno momenty i współczynniki  $\mu$ .

Powierzchnia przekroju osiowego kolumny jest:

$$A = 0,5 \cdot h \cdot (D_g + D_d) \quad (3)$$

gdzie:  $D_d$  jest wielkością średnicy dolnej na wysokości przyziemia = 3,91.

Parcie wiatru obliczamy według wzoru:

$$P = \psi \cdot W \cdot A \quad (4)$$

gdzie:  $\psi$  - współczynnik, przyjęty średnio według normy -0,78.  
 $W$  - parcie wiatru na  $\text{m}^2$  powierzchni prostopadłej do kierunku wiatru, przyjęty według normy na  $124 \text{ kg/m}^2$ .

Odległość środka trapezu od przyziemia określamy wzorem:

$$u = \frac{h}{3} \cdot \left(1 + \frac{D_g}{D_g + D_d}\right) \quad (5)$$

Wielkość momentu wywracającego obliczamy według wzoru:



$$M_w = P \cdot u \quad (6)$$

Po podstawieniu i uporządkowaniu wyrazów otrzymamy:

$$M_w = \frac{1}{6} \cdot h^2 \cdot \psi \cdot w \cdot (D_d + 2 D_g) \quad (7)$$

Moment stateczności wyrażamy wzorem:

$$M_{st} = V \cdot g \cdot \frac{D_d}{2} \quad (8)$$

gdzie:  $g$  - ciężar gatunkowy muru, określony wielkością 1800  $\text{kg/m}^3$

Po podstawieniu wzoru na  $V$  i uporządkowaniu wyrazów otrzymamy:

$$M_{st} = \frac{1}{4} \cdot \gamma \cdot h \cdot g \cdot (D_g + D_{dw}) \cdot D_d$$

Współczynnik stateczności jest:

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{M_{st}}{M_w} = \frac{6 \cdot \gamma \cdot h \cdot d \cdot g \cdot (D_g + D_{dw}) \cdot D_d}{4 \cdot h^2 \cdot \psi \cdot w \cdot (D_d + 2 D_g)} = \\ &= \frac{4,71 \cdot d \cdot g \cdot (D_g + D_{dw}) \cdot D_d}{h \cdot \psi \cdot w \cdot (D_d + 2 D_g)} \end{aligned}$$

Oznaczając  $\frac{4,71 \cdot d \cdot g}{h \cdot \psi \cdot w}$  przez  $a$ , napiszemy :

$$\mu = a \cdot \frac{(D_g + D_{dw}) \cdot D_d}{(D_d + 2 D_g)} \quad (9)$$

Podstawiając do powyższego wzoru określone w treści tematu wartości liczbowe, obliczamy kolejno współczynnik  $a$ , następnie współczynnik stateczności  $\mu$ .

Otrzymujemy:  $a = 0,79$

$$\mu = 1,702$$

Sredni błąd wyznaczenia współczynnika stateczności obliczamy przy założeniu, że wielkości  $D_g$  i  $D_d$  są zmienne.

$$m_{\mu} = \pm \sqrt{\left(\frac{\delta \mu}{\delta D_g}\right)^2 \cdot m_{D_g}^2 + \left(\frac{\delta \mu}{\delta D_d}\right)^2 \cdot m_{D_d}^2} \quad (10)$$

gdzie:  $m_{\mu}$  - jest średnim błędem wyznaczenia współczynnika stateczności

$m_{D_g}$  - jest średnim błędem pomiaru średnicy górnej trzonu komina

$m_{D_d}$  - jest średnim błędem pomiaru średnicy dolnej trzonu komina

Ponieważ obie średnice pomierzono z jednakową dokładnością, więc

$$m_{D_g} = m_{D_d} = m_D$$

Wzór ostatni przybierze postać:

$$m_{\mu} = \pm \sqrt{\left(\frac{\delta \mu}{\delta D_g}\right)^2 + \left(\frac{\delta \mu}{\delta D_d}\right)^2} \cdot m_D \quad (11)$$

$$\frac{\delta \mu}{\delta D_g} = \frac{a \cdot (D_d + 2 D_g) \cdot D_d - 2 a \cdot (D_g + D_{dw}) \cdot D_d}{(D_d + 2 D_g)^2} =$$

$$= \frac{a}{(D_d + 2 D_g)^2} \cdot (D_d^2 - 2 D_d \cdot D_{dw})$$

$$\frac{\delta \mu}{\delta D_d} = \frac{a \cdot (D_g + D_{dw}) \cdot (D_d + 2 D_g) - a \cdot (D_g + D_{dw}) \cdot D_d}{(D_d + 2 D_g)^2}$$

$$= \frac{2 a}{(D_d + 2 D_g)^2} \cdot D_g \cdot (D_g + D_{dw})$$

Ostatecznie otrzymujemy następujący wzór: (12)

$$m_A = \pm \frac{a}{(D_d + 2D_g)^2} \cdot \sqrt{(D_d^2 - 2D_d \cdot D_{dw})^2 + (2D_g^2 + 2D_g \cdot D_{dw})^2} \cdot m_D$$

Po podstawieniu do ostatniego wzoru przyjętych wartości liczbowych i po dokonaniu obliczenia otrzymujemy:

$$m_A = \pm 0,0131 \cdot \sqrt{9,4786 + 268,8432} \cdot 0,009 = \pm 0,002 \quad (13)$$

Współczynnik stateczności wynoszący 1,702 został obliczony ze średnim błędem  $\pm 0,002$ .

Wnioskując stwierdzamy, że pomiary wykonywane przy pomocy instrumentu BRT 006 według opisanej metody zapewniają wyznaczenie objętości trzonu komina, momentów i wreszcie współczynnika stateczności z dokładnością wymaganą w budownictwie.

Podczas pomiaru rejestrowano czas wykonania obserwacji i obliczeń przeprowadzonych sposobami tradycyjnymi i nową metodą. Okazało się, że czas pracy został skrócony o około 30 %. Zasygnalizowany sposób wykorzystania instrumentu BRT 006 do pomiaru okrągłych kominów fabrycznych wymaga dalszych badań w przedmiocie organizacji i ostatecznego wyprofilowania metody pomiaru w formie przydatnej do produkcji.

Poza tym należy przeprowadzić szereg obserwacji w różnych warunkach atmosferycznych dla ustalenia wielkości ich wpływu na dokładność pomiaru.

## Literatura

1. Ciesielski R.: O potrzebie sporządzania metryk charakteryzujących budowlę specjalne, przede wszystkim budowlę wieżowe. Przegląd Geodezyjny nr 9 str. 361. Warszawa 1971.
2. Czyż E.: Obliczanie statyczne kominów fabrycznych. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1952.
3. Żak M. Treść i opracowanie metryki odkształceń budowli. Przegląd Geodezyjny nr 9 str. 363. Warszawa 1971.

### ADOPTION OF TACHEOMETER BRT 006 FOR VERTICALITY MEASUREMENT OF CIRCULAR INDUSTRY CHIMNEYS

#### Summary

The paper presents a new concept to the adaption of tacheometer BRT 006 for the verticality measurement of circular chimney.

The accuracy of this system has been analysed and compared with other techniques.

It has been found that the accuracy is sufficient for the high-ness constructions.

The time for the elaboration is shorten to about 30 %.

**ПРИМЕНЕНИЕ БАЗОВОГО ТАХОМЕТРА  
006 ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ КРУГЛЫХ  
КАМЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ДЫМОТВОДОВ**

**Резюме**

Сигнализирована возможность использования базового тахометра 006 при измерениях круглых заводских дымоотводов.

Разработан принцип косвенного измерения диаметров ствола дымоотвода и величины отклонений его оси от вертикали. В результате проведенного анализа наблюдений установлена точность измерений в пределах допуска для высоких построек. Время приготовления документации сокращается на более менее 30%.



Edmund Lubieniecki  
Roman Kolański

### NAPRĘŻENIA DRUGORZĘDNE W KRATOWYCH USTROJACH SPRĘŻONYCH

W artykule omówiono zagadnienie naprężeń drugorzędnych w kratowym dźwigarze sprężonym mostu suwnicowego. Do rozważań przyjęto kratownicę główną, sprężoną ciągnem w płasz - czyźnie pasa dolnego.

#### 1. Wstęp

Olbrzymie zapotrzebowanie na stal we wszystkich gałęziach przemysłu powoduje ciągle poszukiwanie możliwości oszczędzania stali w konstrukcjach budowlanych.

Jedną z takich możliwości jest stosowanie stalowych konstrukcji sprężonych.

Obecnie w krajach o wysokim stopniu uprzemysłowienia budownictwa jak Anglia, Belgia, RFN, USA i ZSRR sprężone konstrukcje stalowe znajdują coraz większe zastosowanie.

Na podstawie doświadczeń przedsiębiorstw wykonujących tego typu konstrukcje, ten sposób budownictwa można uznać za odpowiadający, co do jakości, metodom tradycyjnym przy oszczędności stali w granicach 10-20 %.

W Polsce sprężone konstrukcje stalowe znalazły zastosowanie jak dotychczas w ograniczonym zakresie. Praca niniejsza przedstawia zagadnienie wpływu naprężeń drugorzędnych sprężonego u -

stroju kratowego na zwymiarowanie przekrojów prętów.

## 2. Istota naprężeń drugorzędnych

Najczęściej w rozpatrywanych układach kratowych zakładamy, że poszczególne pręty połączone są za pomocą idealnych przegubów, w związku z czym obciążenie węzłowe wywołuje w prętach wyłącznie siły podłużne.

W praktyce jednakże węzły kratownic rzadko są konstruowane jako przeguby. Węzły kratownic żelbetowych są sztywne w takim stopniu, w jakim sztywne są węzły ram, pręty kratownic stalowych można uważać natomiast za utwierdzone w węzle w sposób sprężysty.

W związku z tym pręty kratownicy nie są obciążone tylko siłami normalnymi, ale działają na nie również momenty zginające. Wywołane przez te momenty naprężenia uważa się jednak za naprężenia drugorzędne.

## 3. Zasady obliczeniowe

Momenty przywęzłowe obliczono przy pomocy metody deformacji gdzie jako niewiadome przyjęto kąty obrotów cięciw prętów oraz węzłów.

Kąty obrotu cięciw obliczono wzorem (1) Maxwella - Mohra.

$$\psi_{ik} = \sum_{m=1}^r \frac{Z_m \cdot S_m \cdot l_m}{E_m \cdot F_m} \quad (1)$$

gdzie:

$Z_m$  - siła w pręcie od obciążenia użytkowego siły sprężającej oraz momentu od siły sprężającej

$S_m$  - siła w pręcie od obciążenia pręta "ik" siłą uogólnioną, równą momentowi jednostkowemu  $M_{ik} = 1$

$l_m$  - długość pręta

$F_m$  - przekrój poprzeczny pręta

$E_m$  - moduł sprężystości podłużnej



Kąty obrotu węzłów obliczono z równań metody deformacji

$$2\varphi_i \cdot \sum_k \mu_{ik} + \sum_k \varphi_k \cdot \mu_{ik} - 3 \sum_k \mu_{ik} \cdot \psi_{ik} = 0 \quad (2)$$

gdzie:

$$\mu_{ik} = \frac{I_{ik}}{l_{ik}} - \text{szywność pręta}$$

$$\varphi_i \varphi_k - \text{kat obrotu węzła "i" i "k"}$$

$$\psi_{ik} - \text{kat obrotu cięciwy pręta "ik"}$$

Po rozwiązaniu układu równań otrzymano wielkości kątów obrotu poszczególnych węzłów.

Momenty przywęzłowe wyznaczono

$$M_{ik} = \mu_{ik} (2\varphi_i + \varphi_k - 3\psi_{ik}) + M_0 \quad (3)$$

gdzie:

$$\mu_{ik} = \frac{2E_{ik} \cdot I_{ik}}{l_{ik}}$$

$M_0$  - moment zginający od obciążenia zewnętrznego  
 $e$  - odległość włókien skrajnych od osi obojętnej

Mając wyznaczone momenty przywęzłowe, naprężenia drugorzędne obliczono ze wzoru [3]

$$\sigma_{ik} = \frac{M_{ik} \cdot e}{I_{ik}} \quad (4)$$

#### 4. Przykład liczbowy

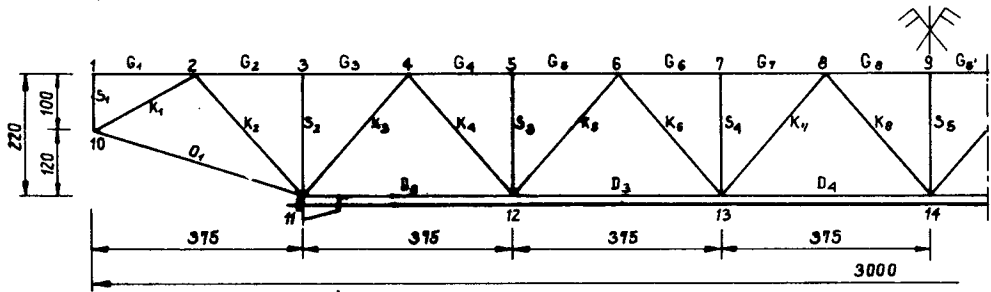
Przyjęto następujące dane /rys.1/ [1]

$L = 30,00$  m - rozpiętość dźwigara

$N = 30,0/5,0$ T - udźwig suwnicy z wciągiem pomocniczym

$G = 8,65$  T - ciężar wózka

$P_1 = P_2 = 9,7$  T - nacisk wózka na szynę



Rys.1. Schemat kratownicy

Współczynniki dynamiczne podnoszenia [3] przyjęto

$$d_{\max} = 0,15$$

$$d_p = 0,11$$

Współczynniki dynamiczne ruchów torowych

$$\varphi_m = 0,10 \text{ - dla ruchów torowych mostu}$$

$$\varphi_v = 0,05 \text{ - dla ruchów torowych wózka}$$

Napężenia graniczne na ściskanie, rozciąganie i zginanie -  
 $K = 2100 \text{ kg/cm}^2$ .

Napężenia dopuszczalne na ścinanie

$$K_t = 1260 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

Na ciągnio przyjęto stal D - 90 I gatunek

$$K_c = 10200 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{i} \quad E_c = 2,0 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.1. Obliczenie siły sprężającej

Siłę sprężającą kontrolowaną obliczono z dopuszczalnej strzałki ugięcia

$$f_o^{S + \Delta S} = \frac{1}{700} \cdot l_o$$

$$f_o^{S + \Delta S} = - \frac{S_o \cdot x_{\Delta c}}{8E I_o} (l_o^2 - 4 S_o^2) \quad (5)$$

gdzie:

- $S_o$  - siła sprężająca kontrolowana  
 $e_c$  - mimośród cięgna względem osi głównej  $x - x$   
 $E$  - moduł sprężystości ustroju  
 $I_o$  - moment bezwładności układu względem osi głównych  $x - x$   
 $l_o$  - rozpiętość kratownicy  
 $S_o = 375$  cm odległość mocowania cięgna od podpory

Przy wyznaczeniu siły sprężającej uwzględniono straty występujące przy sprężaniu jak: straty opóźnione, spowodowane poślizgiem oraz kolejnym naciągiem kabli.

#### 4.2. Obliczenie przyrostu siły sprężającej

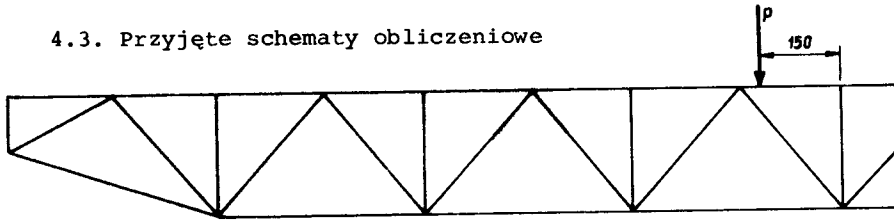
Przyrost siły sprężającej wyznaczono przy pomocy metody sił

$$S = \frac{\sum \frac{N_{si} \cdot N_{pi} \cdot l_i}{E_i \cdot F_i}}{\left\{ \frac{N_{si}^2 \cdot l_i}{E_i \cdot F_i} + \frac{l_c}{E_c \cdot F_c} \right\}} \quad (6)$$

gdzie:

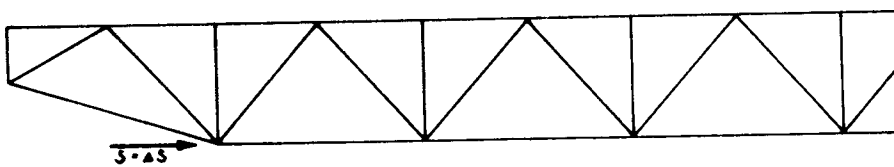
- $N_{si}$  - siła w pręcie od siły sprężającej równej 1  
 $N_{pi}$  - siła w pręcie od obciążenia kratownicy ciężarem ruchomym oraz ciężarem własnym  
 $l_i$  - długość pręta  
 $E_i$  - moduł sprężystości podłużnej dla konstrukcji  
 $F_i$  - pole przekroju pręta  
 $l_c$  - długość cięgna  
 $E_c$  - moduł sprężystości podłużnej cięgna  
 $F_c$  - pole przekroju cięgna

## 4.3. Przyjęte schematy obliczeniowe



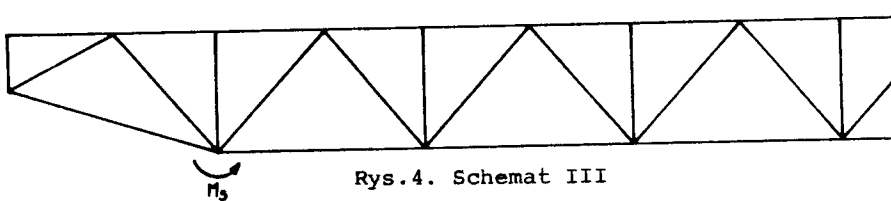
Rys.2. Schemat I

Schemat I - obciążenie suwnicą



Rys.3. Schemat II

Schemat II - obciążenie siłą sprężającą w osi pasa dolnego



Rys.4. Schemat III

Schemat III - obciążenie momentem od siły sprężającej

Obciążenia:

Schemat I -  $P = 9,7 \text{ T}$ Schemat II -  $S + \Delta S = 98,06 \text{ T}$ Schemat III -  $M = 98,06 \cdot 0,26 = 25,50 \text{ Tm}$ 

Wyniki obliczeń zestawiono w tablicach 1 i 2

Tablica 1 - wyniki dla schematu I

- wyniki dla schematu II

- wyniki dla schematu III

Tablica 2 - wyniki sumaryczne oraz napężenia drugorzędne



4.5. Sumaryczne wysiłki w prętach i momenty przywęzłowe oraz naprężenia drugorzędne

Tablica 2

Nr pręta /1-k/	N <sub>ik</sub> T		M <sub>ik</sub> Tcm		M <sub>ik</sub> Tcm	F cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	σ <sub>ik2</sub> T/cm <sup>2</sup>		σ <sub>ik1</sub> T/cm <sup>2</sup>		σ <sub>T</sub> /cm <sup>2</sup>
	2	3	4	5				6	7	8	9	
G <sub>1</sub> /1-2/	- 0,47	- 17,00	- 18,00	117,4	13,975,0	117,4	13,975,0	- 0,038	- 0,015	- 0,004		
G <sub>2</sub> /2-3/	-11,33	0,00	- 54,00	117,4	13,975,0	117,4	13,975,0	0,000	- 0,044	- 0,102		
G <sub>3</sub> /3-4/	-11,15	+ 69,00	+277,00	117,4	13,975,0	117,4	13,975,0	-0,056	- 0,626	- 0,100		
G <sub>4</sub> /4-5/	-20,09	-246,00	- 73,00	117,4	13,975,0	117,4	13,975,0	- 0,556	- 0,060	- 0,180		
G <sub>5</sub> /5-6/	-20,16	+ 67,00	+246,00	117,4	13,975,0	117,4	13,975,0	- 0,055	- 0,556	- 0,181		
G <sub>6</sub> /6-7/	-37,99	-264,00	-151,00	117,4	13,975,0	117,4	13,975,0	-0,597	- 0,123	- 0,341		
G <sub>7</sub> /7-8/	-38,00	+151,00	+205,00	117,4	13,975,0	117,4	13,975,0	- 0,123	- 0,464	- 0,341		
G <sub>8</sub> /8-9/	-47,74	-207,00	- 32,00	117,4	13,975,0	117,4	13,975,0	- 0,468	- 0,026	- 0,428		
D <sub>1</sub> /10-11/	+9,63	- 80,00	-1062,00	60,0	5,976,0	60,0	5,976,0	+ 0,286	+ 1,528	+ 0,160		
D <sub>2</sub> /11-12/	-81,20	-1273,00	- 303,00	60,0	5,976,0	60,0	5,976,0	-1,832	- 1,085	- 1,424		
D <sub>3</sub> /12-13/	-67,22	+267,00	+95,00	60,0	5,976,0	60,0	5,976,0	- 0,956	- 0,137	- 1,179		
D <sub>4</sub> /13-14/	-50,54	- 94,00	- 56,00	60,0	5,976,0	60,0	5,976,0	- 0,135	- 0,201	- 0,887		
K <sub>1</sub> /10-2/	- 8,67	+ 48,00	+25,00	34,4	259,0	34,4	259,0	- 0,480	- 0,250	- 0,290		
K <sub>2</sub> /2-11/	+ 4,77	- 6,00	-13,00	18,0	39,5	18,0	39,5	+ 0,245	+ 0,530	+ 0,256		
K <sub>3</sub> /11-4/	- 9,27	- 76,00	-34,00	34,4	259,0	34,4	259,0	- 0,760	- 0,340	- 0,299		
K <sub>4</sub> /4-12/	+ 4,94	+ 1,00	+ 3,00	18,0	39,5	18,0	39,5	+ 0,041	+ 0,122	+ 0,274		
K <sub>5</sub> /12-6/	-16,29	+ 25,00	+17,00	34,4	259,0	34,4	259,0	- 0,250	- 0,170	- 0,526		
K <sub>6</sub> /6-13/	+11,04	0,00	- 1,00	18,0	39,5	18,0	39,5	0,000	+ 0,041	+ 0,613		
K <sub>7</sub> /13-8/	-14,66	0,00	+ 2,00	28,2	144,0	28,2	144,0	0,000	- 0,031	- 0,578		
K <sub>8</sub> /8-14/	+ 0,35	0,00	0,00	18,0	39,5	18,0	39,5	0,000	0,000	+ 0,019		
S <sub>1</sub> /1-10/	- 0,19	+ 17,00	+32,00	22,0	72,1	22,0	72,1	- 0,439	- 0,826	- 0,009		
S <sub>2</sub> /3-11/	+ 2,14	- 13,00	-28,00	22,0	72,1	22,0	72,1	+ 0,335	+ 0,722	+ 0,097		
S <sub>3</sub> /5-12/	+ 3,38	+ 5,00	+ 9,00	22,0	72,1	22,0	72,1	+ 0,129	+ 0,232	+ 0,154		
S <sub>4</sub> /7-13/	+ 4,11	+ 1,00	0,00	22,0	72,1	22,0	72,1	+ 1,026	0,00	+ 0,187		
S <sub>5</sub> /9-14/	- 1,31	0,00	0,00	22,0	72,1	22,0	72,1	0,000	0,00	- 0,063		

## 5. Wnioski

Obecnie przy projektowaniu stalowych ustrojów kratowych w obliczeniach statycznych i wytrzymałościowych nie uwzględnia się sztywności węzłów.

W świetle jednak przytoczonych danych można zauważyć, że różnica wartości naprężeń dla układu przegubowego i układu o węzłach sztywnych jest znaczna /wartości podkreślone - tablica 2/

Szczególniej uwagi przy wymiarowaniu kratownicy wymagają pręty schodzące się w węzle, w którym mocowane jest ciągnio.

Z wystarczającą dokładnością można tutaj przyjąć rozłożenie tego momentu na pręty w zależności od ich sztywności co można porównać z dokładnym wyliczeniem /tablica 3/.

Tablica 3

Nr pręta /i-k/	Moment przybliżony T <sub>cm</sub>	Moment dokładny T <sub>cm</sub>
1	2	3
D <sub>1</sub> /11-10/	1192	1075
D <sub>2</sub> /11-12/	1251	1251
K <sub>2</sub> /11- 2 /	11	13
K <sub>3</sub> /11 - 4/	70	82
S <sub>2</sub> /11 - 3/	26	30

Rozwiązanie dokładne otrzymano na EMC Odra 1204 przy pomocy programu KRAN 7 "Obliczenie ram oraz kratownic nieregularnych" - autor Biuro Projektów Górniczych w Gliwicach.

Momenty metodą przybliżoną otrzymano rozkładając moment od sprężenia  $M^s$  w zależności od sztywności prętów.

Sztywności prętów wyznaczono z zależności

$$\mu_{11k} = \frac{I_{11k}}{l_{11k}}$$

gdzie :

$I_{11k}$  - moment bezwładności pręta wychodzącego z węzła 11  
 $k = 2; 3; 4; 10; 12$  - węzły sąsiednie

$l_{11k}$  - długości prętów  
 sztywność węzła 11

$$\mu_{11} = \sum \frac{I_{11k}}{l_{11k}}$$

Współczynniki rozdziału

$$\mu_{11k} = \frac{\mu_{11k}}{\mu_{11}}$$

Moment przywęzłowy

$$M_{11k} = M^{s/} \times \mu_{11k}$$

$$M^{s/} = 2550 \text{ Tcm}$$

Tablica 4

Nr pręta /11-k/	$I_{11k} / \text{cm}^4 /$	$l_{11k} / \text{cm} /$	$\mu_{11k} / \text{cm}^3 /$	$\mu'_{11k}$	$M_{11k} \text{ Tcm}$
1	2	3	4	5	6
$D_1/11-10/$	5976	393,7	15,18	0,467	1192
$D_2/11-12/$	5976	375,0	15,93	0,489	1251
$K_2/11-2/$	39,5	289,1	0,14	0,004	11
$K_3/11-4/$	259,0	289,1	0,98	0,030	70
$S_2/11-3/$	72,1	220,0	0,33	0,010	26
$\mu_{11} = 32,56$				1,000	2550



Poprzez analogię do smukłości na wyboczenie  $\frac{1}{e}$  / przy na -  
 pężeniach drugorzędnych można scharakteryzować pręt smukłością  
 drugorzędną  $\frac{1}{e}$ . Jeżeli do wzoru na napężenia drugorzędne wsta-  
 wimy wartość momentu to otrzymamy:

$$\sigma_{IK} = \frac{2}{e} 2E (2\psi_i + \psi_K - 3\psi_{ik})$$

Z wzoru tego wynika, że im większa smukłość drugorzędna  
 tym mniejsze są napężenia drugorzędne. Dla smukłości  $\frac{1}{e} = 60 \div 40$   
 napężenia drugorzędne osiągają wartość 20% naprężeń dopuszczal-  
 nych.

W niniejszej pracy smukłość drugorzędna wynosi:

- dla pasa dolnego 18 i 40
- dla pasa górnego 6 i 17

Na podstawie wyników można uznać, że napężenia drugorzę-  
 dne należy uwzględnić przy smukłości drugorzędnej  $\frac{1}{e} \leq 40$  oraz  
 od momentu sprężającego, które będą stanowiły napężenia równo-  
 rzędne naprężeniom powstałym od sił osiowych.

#### Literatura

- [1.] Lubieniecki E.: Analiza naprężeń drugorzędnych w kratowym  
 moście suwnicowym. Sesja Nauk.-Techn. PZJT B i WSI, Białys-  
 tok, luty 1973 r.
- [2.] Müller-Breslau H.: Die graphische Statik der Baukonstruk-  
 tionen, B. II, 1925 r.
- [3.] Norma PN-65/M-06510-16: Obliczenia i projektowanie stalowych  
 ustrojów dźwignic, Warszawa 1966.

## SECONDARY STRESSE IN PRESTRESSED LATTICE GIRDER

## Summary

This article treats with following matter: secondary stresses in the prestressed lattice girder of the bridge crane. Main latticework tensed by the tension of bottom flange plane has been taken into consideration.

**ВТОРОСТЕПЕННЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В РЕШЕТЧАТЫХ  
НАПРЯЖЕННЫХ СИСТЕМАХ****Резюме**

**В статье представлены проблемы второстепенных напряжений в решетчатой напряженной несущей балке кранового моста.**

**Для решения взяли главную напряженную ферму связанную гибкой связью в плоскости полки понизу.**

Romuald Napierała

NIEKTÓRE ZAGADNIENIA TEORETYCZNE, TECHNOLOGICZNE  
I PRAKTYCZNE DOTYCZĄCE MAS BITUMICZNYCH WYTWARZANYCH I WBUDOWANYCH  
NA ZIMNO

Praca niniejsza obejmuje omówienie teoretycznych podstaw przyczepności lepiszcz bitumicznych do kruszywa mineralnego ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk powierzchniowych.

Następna część artykułu dotyczy rozwoju technologii mas na zimno na terenie województwa bydgoskiego.

1. Wstęp

Opracowanie to dotyczy określonej grupy zagadnień związanych z masami bitumicznymi wytwarzanymi i wbudowywanymi na zimno na drogach państwowych województwa bydgoskiego w okresie ostatnich kilkunastu lat. Jest ono w pewnym sensie usystematyzowanym podsumowaniem doświadczeń i rezultatów w tym zakresie.

Wprowadzanie nowych bądź udoskonalonych rozwiązań technologicznych opierano o ciągłe badania laboratoryjne i terenowe.

Kilkunastoletni okres stosowania mas przygotowywanych i wbudowywanych na zimno /przyjęto określać tę technologię terminem "technologii mas na zimno"/, daje podstawę do syntezy rozpatrywanego zagadnienia.

Początek technologii mas na zimno związany jest z potrzebą szybkiej modernizacji nawierzchni nieulepszonych, wywołaną wzrostem pojazdów mechanicznych w ruchu drogowym, w warunkach braku dostatecznej ilości materiałów kamiennych z przemysłu i zespołów maszyn do produkcji mas bitumicznych klasycznym sposobem na gorąco.

Betoniarki przeciwbieżne jako urządzenia tanie i dostępne na rynku krajowym oraz możliwość użycia miejscowych materiałów kamiennych i materiałów odpadowych przemysłu regionalnego były i są zachętą do stosowania technologii mas bitumicznych na zimno.

Warto nadmienić, że drogowcy bydgoscy należą do jednych z pierwszych w Polsce /wcześniejsze próby przeprowadzono tylko w WZDP Poznań - 1953 i WZDP Łódź - 1954 r./, którzy opracowali i wdrożyli na skalę techniczną metodę mas na zimno, która w podstawowych założeniach/ z drobnymi zmianami wynikającymi z lokalnych warunków materiałowych/ przyjęła się także w innych regionach kraju / woj. woj. olsztyńskie, koszalińskie, rzeszowskie, gdańskie i inne/.

Należy też dodać, że technologia wytwarzania mas na zimno z zastosowaniem smół i asfaltów oraz dodatku wody do kruszywa doczekała się opracowania normatywnego w postaci normy branżowej pt. "Dywaniki z mas bitumicznych na mokro"/ BN-72/8034 - 0,5/, obowiązującej od dnia 1 lipca 1973 r.

## 2. Podstawy teoretyczne związania lepiszcza bitumicznego z kruszywem mineralnym

### 2.1. Wprowadzenie

Teoria wyjaśniająca otaczanie kruszyw kamiennych lepiszczami bitumicznymi, zarówno w procesach gorących jak i zaimnych, posługuje się zjawiskami natury fizykochemicznej, a zwłaszcza zjawiskami powierzchniowymi na granicy faz, bitum - kruszywo.

Na ogół mamy do czynienia z dwoma postaciami wzajemnego wiązania się lepiszcza i kamienia:

- a lepiszcze wchodzi w kontakt z powierzchnią materiału mineralnego w stanie suchym bez obecności wody, która dopiero później wywiera wpływ na otoczony materiał
- b lepiszcze wchodzi w kontakt z materiałem mineralnym w obecności wody

W tym przypadku pożądane jest stosowanie środków powierzchniowo-czynnych.

## 2.2. Zjawiska powierzchniowe

### 2.2.1. Napięcie powierzchniowe

Jako skutek różnych oddziaływań sił międzycząsteczkowych na powierzchni granicznej w warstwie kontaktowej między dwoma fazami, powstaje równomiernie rozłożona siła powierzchniowa skierowana do wnętrza jednej z faz. W ujęciu ogólnym mogą występować następujące układy: ciecz i jej para nasycona, dwie nie mieszające się ciecz, ciecz i ciało stałe. Na przykład na powierzchni między cieczą a parą siła ta jest skierowana do wnętrza cieczy.

W celu przeniesienia cząsteczki z wnętrza fazy do warstwy powierzchniowej trzeba wykonać pracę, która zostaje zużyta na zwiększenie energii powierzchniowej. Wynika to z odrębnej sytuacji energetycznej cząsteczek znajdujących się w głębi fazy w stosunku do cząsteczek warstwy powierzchniowej. W warstwie powierzchniowej bowiem występuje nadmiar energii w porównaniu z ich energią wewnątrz pozostałej części obszaru fazy.

Nadmiar energii w warstwie powierzchniowej odniesiony do  $1 \text{ cm}^2$  powierzchni nazywa się właściwą swobodną energią powierzchniową albo napięciem powierzchniowym.

Miarą napięcia powierzchniowego jest stosunek pracy  $A$  do powierzchni  $S$ , a więc:

$$\sigma = \frac{A}{S}$$

Wymiarem jego w układzie CGS jest  $\text{erg/cm}^2$  lub  $\text{dyn/cm}$ . Druga dymensja wynika z następującego przeliczenia:

$$\text{erg} \cdot \text{cm}^{-2} = \text{dyn} \cdot \text{cm} \cdot \text{cm}^{-2} = \text{dyn} \cdot \text{cm}^{-1}$$

gdyż  $\text{erg} = \text{dyn} \cdot \text{cm}$ , i należy ją rozumieć jako siłę działającą na jednostkę długości powierzchni rozdziału.

Najwyższe wartości napięcia powierzchniowego wykazują ciecze i ciała stałe mające najbardziej trwałe wiązania między elementami struktury /cząsteczkami, atomami/.

Napięcie powierzchniowe na granicy dwu cieczy nazywa się niekiedy napięciem międzyfazowym.

Napięcie powierzchniowe można mierzyć bezpośrednio tylko w warunkach odwracalnych zmian wielkości powierzchni rozdziału faz /np. ciecz - para, ciecz 1 - ciecz 2/.

Napięcie powierzchniowe smoł i asfaltów, ogólnie biorąc jest niewielkie i wynosi w temperaturze otoczenia /około  $+20^{\circ}\text{C}$ /  $25-40 \text{ erg/cm}^2$ . W wyższych temperaturach napięcie to znacznie maleje. Powierzchniowe napięcie asfaltu jest nieco mniejsze niż smoły.

Napięcie powierzchniowe wody w temperaturze  $20^{\circ}\text{C}$  wynosi  $73 \text{ erg/cm}^2$ , a więc jest około dwukrotnie większe od napięcia powierzchniowego lepiszcz bitumicznych.

Przesłanki naukowe pozwalają na sformułowanie następującego stwierdzenia: im mniejsze będzie napięcie powierzchniowe powstające na granicznych powierzchniach zetknięcia faz kruszywo mineralne - lepiszcz bitumiczne, tym większa będzie przychepność błonki bitumicznej do powierzchni danego kruszywa w określonej temperaturze.

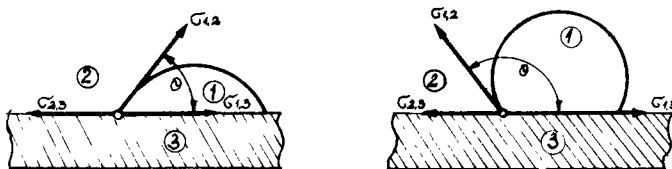
## 2.2.2. Zwilżanie /kąt zwilżania/

Na granicy trzech faz: ciecz - 1, gaz - 2, ciało stałe - 3 obserwuje się zjawisko zwane zwilżaniem, które polega na zdolności rozprzestrzeniania się i przylegania cieczy do powierzchni ciała stałego.

Analiza matematyczna zjawiska zwilżania pozwala na ujęcie go w ścisłą zależność z wielkościami napięć powierzchniowych, między trzema rozpatrywanymi fazami układu /2,4/. Zależność ta, wyrażająca równowagę sił układu, określana jest wzorem:

$$\cos \vartheta = \frac{\sigma_{23} - \sigma_{13}}{\sigma_{12}}$$

gdzie:  $\sigma_{ik}$  - napięcia powierzchniowe na trzech powierzchniach granicznych (rys.1)



Rys.1. Kąt zwilżania i napięcia powierzchniowe

Kąt przyścienny  $\vartheta$ , utworzony przez powierzchnię płaską ciała stałego i powierzchnię styczną do powierzchni cieczy graniczącej z ciałem stałym lub do powierzchni rozdziału dwóch stykających się cieczy /np. woda - bitum/ nazywa się kątem zwilżania lub kątem granicznym.

Analizę równania  $\cos \vartheta = \frac{\sigma_{23} - \sigma_{13}}{\sigma_{12}}$  można przedstawić w następującym ujęciu tabelarycznym.

Analiza równania  $\cos \theta = \frac{\sigma_{23} - \sigma_{13}}{\sigma_{12}}$

Tablica 1

Zależność pomiędzy wielkościami na - pięć powierzchni- wych	Wartość cosinusa kąta zwil- żania	Wartość kąta zwilżania	Wnioski
$\sigma_{23} - \sigma_{13} = \Delta\sigma = \sigma_{12}$	$\cos \theta = 1$	$\theta = 0$	Zachodzi zwilżanie ideal- ne
$\sigma_{12} > \Delta\sigma > 0$	$1 > \cos \theta > 0$	$\theta < 90^\circ$	Ciecz zwilża powierzchnię ciała stałego. Powierzchnia hydrofilowa
$\sigma_{23} < \sigma_{13}$	$\cos \theta < 0$	$\theta > 90^\circ$	Ciecz nie zwilża powierz- chni ciała stałego. Powierzchnia hydrofobowa

Najlepsze zbliżenie pomiędzy dwoma ciałami zachodzi wów -  
czas, gdy powierzchnia jednego z nich należy do ciała stałego i  
twardego /np. kruszywo mineralne/, a druga do lepiszcza w stanie  
ciekłym. Następuje wtedy zwilżenie ciała stałego przez lepiszcze.

Zdolność lepiszcza do zwilżania kruszywa zależy od ciekło-  
ści /lepkości / lepiszcza i jego napięcia powierzchniowego. Ob-  
niżenie lepkości lepiszcza łatwo otrzymuje się przez podgrzewa-  
nie, upłynnienie lub wytworzenie z lepiszcza emulsji.

Zwilżalność kamienia przez lepiszcze w dużym stopniu  
zależy od czystości i szczelności kamienia, mniejszy wpływ ma  
stopień jego wygładzenia. Jeżeli pył znajdujący się na powierz-  
ni kamienia pochodzi z roztarcia tego samego kamienia, zwilżal-  
ność nie pogarsza się. Jeżeli jednak są to produkty zwiętrzenia,  
np. ił na granicie lub porfirze, przyczepność może się znacznie  
obniżyć wskutek emulgacji.



### 2.2.3. Adsorpcja

Jest to zjawisko zachodzące na granicy dwóch faz, polegające na tym, że składniki danej fazy występują w innych ilościach w stosunkach cząsteczkowych w warstwie powierzchniowej niż w głębi tej fazy.

Innymi słowy adsorpcją nazywa się proces zagęszczenia/zatężenia/ jednej z substancji /składnika/ w warstwie powierzchniowej na granicy dwóch faz. Na przykład na powierzchni ciała stałego lub cieczy następuje zagęszczenie substancji z gazu lub z roztworu.

Substancja adsorbowana nazywa się adsorbatem, ciało zaś tworzące powierzchnię adsorbującą nosi nazwę adsorbenta.

Jeśli podczas adsorpcji cząstki adsorbata zachowują swoje indywidualne właściwości, to taki proces nazywa się adsorpcją fizyczną /właściwą/.

Cząsteczki fazy bardziej lotnej /adsorbata/ ulegają samorzutnemu zagęszczeniu w cienkiej warstwie na powierzchni fazy bardziej skondensowanej /adsorbenta/. Adsorpcja powierzchniowa fizyczna odbywa się pod działaniem siły przyciągania między cząsteczkowego, tzw. sił Van der Waalsa.

Zgodnie z drugą zasadą termodynamiki adsorpcja danej substancji może zachodzić tylko wówczas, gdy jest ona związana z ubytkiem energii swobodnej w tej warstwie, czyli ze zmniejszeniem napięcia powierzchniowego. Substancja adsorbowana powinna mieć mniejsze napięcie powierzchniowe niż adsorbent.

Proces adsorpcji cieczy na powierzchni ciała stałego sprowadza się w zasadzie do jego zwilżania. Z chwilą kiedy lepściejsze zwilży kruszywo mineralne następuje selektywna adsorpcja niektórych składników lepściejsza na powierzchni ciała stałego.

Według M. Durieza asfalteny z asfaltów i żywica ze smół, najłatwiej są adsorbowane na powierzchni materiałów kamiennych. Są to nierozpuszczalne micidele w układach koloidowych jakimi są lepściejsza. Micidele zaadsorbowane na powierzchni kruszywa wiążą micidele znajdujące się w warstwach głębszych lepściejsza, dzięki czemu powstaje uporządkowana siatka, która usztywnia

lepiszcze w pobliżu kruszywa.

#### 2.2.4. Chemisorpcja

Zjawisko to polega na zagęszczaniu się substancji adsorbowanych na powierzchni adsorbenta dzięki działaniu sił wartościowości. Powierzchnia adsorbenta uzyskuje jednocząsteczkową warstwę związku chemicznego pomiędzy cząsteczkami adsorbenta, a cząsteczkami substancji adsorbowanej.

Pod względem wytrzymałościowym połączenie cząsteczek adsorbowanych /lepiszcza/ z ciałem adsorbującym /kruszywo/ może przewyższać spojność tego ostatniego. Podstawowe kryterium trwałości drogowych nawierzchni bitumicznych wyraża się w ich odporności na działanie wody. Warunek wodoodporności masy bitumicznej można określić następująco: Siły adsorpcji pomiędzy materiałem kamiennym a lepiszczem muszą być większe od adsorpcji wody.

Wymaganie to może być spełnione tylko wtedy, gdy pomiędzy kruszywem mineralnym i lepiszczem zaistnieją procesy chemicznego oddziaływania, przy którym powstałe połączenia mają charakter nieodwracalny. Destrukcyjne działanie wody w tym przypadku nie zagraża trwałości połączenia materiału bitumicznego z materiałem kamiennym.

#### 2.2.5. Adhezja /pryczepność, przyleganie/

Powstawanie połączenia między warstwami powierzchniowymi dwóch różnych stałych lub ciekłych ciał /faz/ doprowadzonych do kontaktu, nazywamy adhezją.

Jest ona wynikiem występowania sił wzajemnego oddziaływania pomiędzy cząsteczkami stykającymi się ciał /np. sił Van der Waalsa/.

Adhezję można również określić jako złożony wynik zespołu zjawisk, opisanych w poprzednich podrozdziałach.

Wielkość adhezji mierzy się siłą lub pracą potrzebną do oderwania stykających się ciał. Wymiarem jej jest dyn/cm<sup>2</sup> lub erg/cm<sup>2</sup>.

Adhezja jest szczególnie silna w przypadku pełnego kontaktu stykających się powierzchni, co osiąga się jako wynik naniesienia cieczy na powierzchnię ciała stałego w warunkach całkowitego jego zwilżania. W tym przypadku bowiem wzajemna odległość poszczególnych cząsteczek obu ciał jest najmniejsza, a oddziaływanie sił międzycząsteczkowych, od których ta adhezja najbardziej zależy, jest największa.

Termodynamicznie adhezję charakteryzuje ubytek energii swobodnej na  $1 \text{ cm}^2$  powierzchni szwu adhezyjnego w procesie odwracalnym i izotermicznym, równy różnicy napięć powierzchniowych na granicach rozdziału faz doprowadzonych do kontaktu.

W odniesieniu do podstawowych materiałów drogowych jakimi są lepiszcza bitumiczne i kruszywa mineralne, wzajemnie łączonych w celu otrzymania mas mineralno-bitumicznych, używa się zamiast terminu "adhezja" określenia "przyczepność".

Przyczepność błonki bitumicznej do kruszywa mineralnego zależy od napięcia powierzchniowego na granicy zetknięcia obu faz.

Z punktu widzenia praktycznego mówimy o przypadku przyczepności lepiszcza do kruszywa, kiedy po zetknięciu tych dwóch ciał trzeba użyć siły, żeby je rozdzielić.

Uwzględniając wprowadzony przez Riedla podział materiałów kamiennych na hydrofilowe i hydrofobowe, zagadnienie przyczepności lepiszcza bitumicznego do powierzchni kruszywa mineralnego należy rozpatrywać w zależności od napięcia powierzchniowego, w płaszczyźnie granicznej, między fazą wodną i powierzchniową materiału kamiennego oraz między powierzchnią materiału kamiennego i powierzchnią błonki bitumicznej.

Jeżeli napięcie powierzchniowe w płaszczyźnie granicznej między fazami kamień-woda jest mniejsze niż napięcie powierzchniowe między fazami kamień-bitum, to w wyniku tego nastąpi oderwanie się błonki bitumicznej od powierzchni kamienia: jeżeli jest ono większe, to błonka bitumiczna mocno przylega i jest odporna na odrywające działanie wody.

### 2.2.6. Kohezja

Wzajemne przyciąganie się cząstek tego samego ciała nazywamy kohezją. Inaczej można powiedzieć, że kohezja jest szczególnym przypadkiem adhezji, a mianowicie takim, gdy do kontaktu doprowadzone zostają dwa ciała jednakowe.

Odzwierciedleniem kohezji w odniesieniu np. do asfaltu jest jego lepkość wyrażona pomiarem penetracji.

Przy zmianach temperatury spowodowanych podgrzewaniem, a następnie studzeniem lepiszczy bitumicznych lub też w przypadku lepiszczy upłynionych przy odparowaniu dodanego rozpuszczalnika, powiększa się wzajemnie kohezja cząstek bitumicznych. Zwiększenie się sił kohezji w masach mineralno-bitumicznych prowadzi do zlepiania się ziarn kruszywa otoczonego lepiszczem. Zjawisko to może być zwiększone poprzez zagęszczanie mas mineralno-bitumicznych.

### 2.3. Wpływ fizyko-chemicznych właściwości materiałów bitumicznych i mineralnych na ich wzajemną przyczepność

#### 2.3.1. Lepiszczca bitumiczne

Przyczepność lepiszcza bitumicznego do powierzchni materiałów kamiennych, jak wykazują badania [4], zależy od rodzaju lepiszcza i ich składników chemicznych. Decydującą rolę odgrywa tutaj powinowactwo powierzchniowe /biegunowość, polarność/ lepiszcza w ogóle, a w szczególności jego poszczególnych składników grupowych, do kruszywa mineralnego.

Asfalty naturalne zawierają znaczną ilość związków o właściwościach biegunowych np. kwasów asfaltogenowych, wykazują dobrą przyczepność do powierzchni materiałów kamiennych hydrofilowych /kwarc, granit/.

Asfalty ponaftowe, które cechuje mała zawartość związków o budowie biegunowej, mają największe powinowactwo do materiałów kamiennych hydrofobowych /wapień/.

Smoły drogowe wykazują na ogół lepszą przyczepność do materiałów kamiennych w porównaniu z asfaltami. Zjawisko to tłumaczy się tym, że smoła zawiera znacznie więcej związków czynnych powierzchniowo [4.]

2.3.2. Materiały kamienne

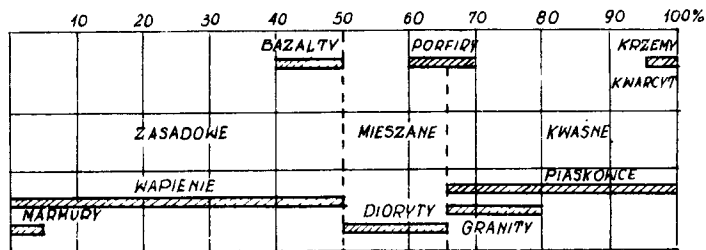
Riedel podzielił kamienie na dwie grupy: hydrofobowe i hydrofilowe.

Do materiałów hydrofobowych zalicza się takie ciała, które reagują z polarnymi cząstkami lepiszcza, dając połączenia odporne na działanie wody.

Właściwości hydrofobowe ujawniają skały zasadowe. Jako typową skałę zasadową można przyjąć wapień, będący węglanem wapnia  $CaCO_3$ , który w obecności wody jonizuje, dając kationy wapnia  $Ca^{++}$  i aniony  $CO_3^{--}$ .

Do materiałów hydrofilowych należą te ciała, które z cieczą otaczającą je nie dają żadnych połączeń albo tworzą połączenia łatwo rozrywane przez wodę. Materiały kamienne hydrofilowe zatrzymują na swej powierzchni cieniutką warstwę wody, której nie można usunąć przy ogrzaniu nawet powyżej  $100^{\circ}C$ . Właściwości hydrofilowe przejawiają skały kwaśne. Jako typowy materiał kamienny kwaśny można przyjąć krzemionkę  $SiO_2$ , która w obecności wody jonizuje /jako kwas ortokrzemowy/ dając aniony  $SiO_4$  i kationy wodoru  $H^+$ .

Podział skał pod względem kwasowości przedstawiono na rysunku 2 3 .



Rys.2. Podział skał pod względem kwasowości

Materiały kamienne bezpostaciowe lub drobno krystaliczne /np. bazalty/ jak również kruszywa kwaśne, lecz o bardzo drobnych kryształach /np. granity/ posiadają o wiele lepszą przyczepność niż materiały kamienne ukształtowane z dużych kryształów. Duże powierzchnie kryształów bowiem, analogicznie jak powierzchnia szkła, nie wykazują dobrej przyczepności.

#### 2.4. Substancje powierzchniowo czynne jako dodatki zwiększające przyczepność

Do substancji tych należą określone związki chemiczne zawierające co najmniej jedną grupę zdolną do zapewnienia im powinowactwa do powierzchni polarnych /grupa hydrofilowa powodująca rozpuszczalność w wodzie/ oraz rodnik wykazujący słabe powinowactwo do wody /grupa hydrofobowa/. Dla związków tego typu charakterystyczne jest to, że na granicy faz wykazują stężenie cząsteczek większe niż w masie i orientują się na granicy prostopadle do powierzchni granicznej: elementem hydrofilowym ku fazie wodnej, a elementem hydrofobowym na zewnątrz. Dzięki temu powstaje zorientowana warstwa adsorpcyjna. Tworzenie się takiej warstwy jest warunkiem występowania aktywności powierzchniowej, tj. obniżenia napięcia powierzchniowego na granicy faz.

Środki powierzchniowoaktywne mogą wykazywać działanie selektywne, tzn. tylko w stosunku do pewnych rodzajów kruszywa mineralnego lub lepiszcza bitumicznego albo działać uniwersalnie, tj. niezależnie od rodzaju tych materiałów. Największy wpływ na zwiększenie przyczepności wykazują substancje kationowe. Dodatki chemiczne o czynnych kationach są bardzo drogie i przeważnie pochodzą w obecnej chwili z importu.

Najtańszym i najbardziej rozpowszechnionym środkiem zwiększającym przyczepność lepiszczy bitumicznych do kruszywa kamiennego jest wapno hydratyzowane, dodawane do kruszywa zwłaszcza wilgotnego w ilości 1-3 % wagowo.

Uważa się, że dodatek wapna hydratyzowanego jak również palonego, nie zwiększa przyczepności bitumu do kruszywa, w dosłownym tego słowa znaczeniu, lecz jedynie ułatwia otoczenie powierzchni wilgotnego kruszywa przez bitum dzięki przerwaniu i oddzielaniu błonki wodnej otaczającej ten materiał [1].

### 3. Genetyczny przegląd technologii

#### 3.1. Masa bitumiczna z zastosowaniem smoły upłynnionej

Wytwarzanie mas bitumicznych na zimno, rozpoczęte w roku 1957 w Rejonie Eksploatacji Dróg Publicznych w Wąbrzeźnie, oparto na lepiszczu smołowym upłynnionym.

Rozrzedzenia smoły dokonywano na budowie poprzez podgrzewania jej w kotle i dodawanie oleju opałowego w ilości 3-6%. Używano też smół upłynnionych pochodzenia przemysłowego.

Kruszywo stanowił pospółki miejscowe, grysy bazaltowe i wypełniacz w ilości 3-5 %. W celu zaoszczędzenia kosztownych materiałów pochodzenia przemysłowego, jak np. granulowane grysy bazaltowe, wykorzystywano też - obok wspomnianych już pospółek - odpadowe kruszywo wapienne, które od wielu lat zalegało w hałdach przy miejscowych kamieniołomach w Piechcinie.

Masy te nie zdały jednak egzaminu. W mieszance mineral - no-bitumicznej stwierdzono bowiem brak otoczenia lepiszczem ziaren grubych. Wykonane dywaniki z tych mas posiadały również wiele ujemnych cech. Zachowały np. przez okres wielu miesięcy duży stopień plastyczności. W górnej warstwie nawierzchni oleje upłynniające smołę odparowywały znacznie szybciej, aniżeli w warstwach położonych niżej. W ten sposób warstwa górna grubości kilku milimetrów twardniała w stosunkowo krótkim okresie czasu i leżąc na podłożu plastycznym warstw głębiej położonych, pękała tworząc rysy, które w konsekwencji prowadziły do łuszczenia się nawierzchni.

#### 3.2. Masa bitumiczna z zastosowaniem smoły zwykłej i dodatku wody do kruszywa

W celu uniknięcia zbyt długiego okresu plastyczności i wszystkich jej skutków występujących przy używaniu smoły upłynnionej, zastosowano smołę zwykłą, nieupłynnioną, o lepkości

180-220 sek z dodatkiem wody do agregatu mineralnego w takiej ilości, aby jego wilgotność wynosiła 7-8 %.

Stan nawierzchni wykonywanych według tej technologii zależy przede wszystkim od jakości masy i szybkości jej stabilizacji w nawierzchni. Masa powinna być jednorodna, łatwo rozkładać się i zagęszczać oraz stabilizować się po zagęszczeniu. Te właściwości masy osiągnięto po wielu próbach laboratoryjnych i po sprawdzeniu na budowie oczekiwanych rezultatów. Kardynalne znaczenie miało tutaj optymalne dobranie zawartości wody i wypełniacza, które tworzą z lepiszczem rodzaj krótkotrwałej emulsji rozpadającej się wiążącej przy wbudowywaniu masy w nawierzchnię .

Masa po zakończeniu mieszania miała wygląd jednorodny, barwa masy właściwie wymieszanej przechodziła z beżowoszarej w ciemnoszarą. Ponadto masa nie zawierała "klusek", tj. zlepionych kawałków masy w postaci bryłek; posiadała dobrą urabialność. Wszystkie ziarna kruszywa były dobrze otoczone lepiszczem, a zwłaszcza ziarna grube, które z trudem na ogół otaczają się zaprawą bitumiczną z wodą.

Zastosowanie znacznej ilości kruszywa wapiennego, które posiada duży procent ziarn przechodzących przez sito o wymiarze boku oczka kwadratowego o 0,074 mm wpływa dodatnio na powstawanie pożądanej, w omawianym procesie zaprawy.

### 3.3. Masa bitumiczna z zastosowaniem mieszanki asfaltowo-smołowej i asfaltów oraz dodatku wody do kruszywa

Dalszym rozwinięciem technologii było użycie w roku 1962 do produkcji mas bitumicznych na zimno, asfaltu D-200 jako uwieńczenie prób rozpoczętych dwa lata wcześniej.

Również w roku 1962 zastosowano po raz pierwszy do otarcia kruszywa w procesie zimnym mieszankę asfaltowo-smołową, o składzie 60 % asfaltu albańskiego D-50 i 40 % smoły zwykłej 180-220 sek. Pomyślne wyniki uzyskane w tym procesie należy zawdzięczać temu, że mieszanka asfaltowo-smołowa, wytwarzana



na budowie, do momentu wprowadzenia do mieszalnika betoniarki napełnionego kruszywem, pozostawała w ciągłym ruchu /obieg zamknięty/.

Tablica 2

Analiza sitowa materiałów mineralnych  
w procentach wagowych

Pozostaje na Frakcja w mm sicie		Pospółka kru- szona 0/16	Grys wapien- 8/16	Grys wapien- 8/18
Ø 25 mm	pow. 25	-	-	-
Ø 16 mm	16-25	7,3	41,3	-
Ø 18 mm	8-16	5,1	53,8	-
Ø 5 mm	5-8	6,6	4,9	22,6
Nr 10	2-5	4,2	-	21,0
Nr 20	0,84-2	10,5	-	22,1
Nr 40	0,42-0,84	25,6	-	12,8
Nr 50	0,297-0,42	15,8	-	5,0
Nr 80	0,177-0,297	16,5	-	4,2
Nr 100	0,149-0,177	4,0	-	1,7
Nr 200	0,074-0,149	2,9	-	2,0
przecho- dzi nr 200	0,000-0,074	1,5	-	8,6
	Razem	100,0	100,0	100,0

Uruchomienie produkcji asfaltu w Rafinerii Płockiej było bodźcem do dalszych poszukiwań i eksperymentów nad zastosowaniem asfaltów, najpierw D-100 i następnie D-70, do wytwarzania mas bitumicznych na zimno, Po uzyskaniu pozytywnych wyników labora -

ratoryjnych, jak również stwierdzeniu dobrego zachowania się odcinków próbnych, przystąpiono w roku 1967 do produkcji mas bitumicznych na zimno, przy użyciu asfaltów płockich, na skalę techniczną.

Podane niżej nastawienie mieszanki bitumicznej jest przykładem zastosowania asfaltu D-100 do wytworzenia na zimno masy asfaltowej półścislej z przeznaczeniem na warstwę wiążącą pod nawierzchniowe utwalenie.

Jest to zarazem przykład dobrania mieszanki mineralnej w 100 % z kruszyw pochodzenia miejscowego.

Tablica 3

Ustalenie składu mieszanki mineralnej i mineralno-bitumicznej

lp.	Rodzaj materiału	Ciężar właściwy	Skład mieszanki	
			mineralnej	mineralno-bitumicznej
			zawartość w %	
1.	Pospółka kruszona 0/16	2,65	40	37,0
2.	Grys wapienny 8/16	2,66	30	28,0
3.	Grys wapienny 0/8	2,66	30	28,0
4.	Asfalt D-100	-	-	7,0
	Razem	-	100	100

Krzywa uziarnienia agregatu mineralnego spełnia wymagania normy, wyszczególnionej w punkcie 3.4./e/.

Uziarnienia frakcji piaskowych, według normy podanej w punkcie 4 /e/ nie bada się.

Tablica 4

## Analiza sitowa kruszywa

Numery sit	Pozostaje G i %	Przechodzi suma-%
Ø 25 mm	-	100,00
Ø 16 mm	15,31	94,69
Ø 8 mm	18,18	66,51
Ø 5 mm	10,89	55,62
Nr 10	7,98	47,64
Nr 20	10,83	36,81
Nr 40	14,08	22,73
Nr 50	7,82	14,91
Nr 80	7,86	7,05
Nr 100	2,11	4,94
Nr 200	1,76	3,18
przechodzi Nr 200	3,18	-
Razem	100,00	

## Cechy fizyczne mieszanki mineralnej:

zawartość ziarn powyżej 2,00 mm	- 52,4 %
zawartość ziarn poniżej 0,074 mm	- 3,2 %
ciężar właściwy kruszywa	- 2,00 G/cm <sup>3</sup>
ciężar objętościowy agregatu	- 2,00 G/cm <sup>3</sup>
w dna przestrzeń	- 24,7 %

## 3.4. Dobór składników masy

Dobór składników masy bitumicznej wytwarzanej na zimno w zasadzie niczym nie różni się od projektowania masy wytwarzanej na gorąco. Różne przepisy normatywne, zmieniające się i doskonalone w miarę wdrażania postępu technicznego w drogo-

wnictwie, były podstawą ustalania składników mieszanek mineralno-bitumicznych w okresie ostatnich kilkunastu lat.

Wprowadzane niekiedy tylko nieznaczne odstępstwa od przepisów odniesionych do mas na gorąco /zwiększenie próżni, zmniejszanie wypełniacza/ umożliwiają korzystanie ze wspólnych norm na etapie projektowania.

Ważnym czynnikiem w fazie projektowania jest wykonanie próbek z zaprojektowanej masy, które poddane obserwacjom i odpowiednim badaniom laboratoryjnym, umożliwiają korektę przyjętych składników, zwłaszcza lepiszcza.

Do projektowania wykorzystywano następujące przepisy normatywne:

- a/ PN-59-896924 "Drogi samochodowe. Nawierzchnie smołobetonowe. Wymagania techniczne i warunki odbioru".
- b/ PN-61-S-96030 "Drogi samochodowe. Nawierzchnie z mas smołobetonowych przygotowywanych i układanych na zimno".
- c/ COBiRTD "Tymczasowe wytyczne techniczne wykonywania nawierzchni smołobetonowych z miejscowych kruszyw naturalnych z roku 1964".
- d/ PN-68/S-96030/ zamiast PN-59/S-96024 i PN-61-S-96030/"Drogi samochodowe. Nawierzchnie z betonu smołowego". Obecnie korzysta się z norm.
- e/ ZN-70/MK-CZDP-2 "Masy bitumiczne z miejscowych kruszyw naturalnych. Projektowanie i produkcja".
- f/ BN-72/8934-05 "Drogi samochodowe. Dywaniki z mas bitumicznych na mokro".

#### 4. Zakres stosowania mas

Pierwszym rodzajem robót, do których zastosowano masy bitumiczne wytworzone przy użyciu smół upłynnionych, smół zwykłych, asfaltu D-200 i mieszanek asfaltowo-smołowych oraz kru-

szywa nawilgoconego, były nawierzchnie dywanikowe wykonywane na drogach o natężeniu ruchu do 2000 T/dobę.

W minionym okresie województwo bydgoskie posiadało znaczną ilość starych zniszczonych nawierzchni tłuczniowych. Nawierzchnie te wymagały odnowy w celu poprawienia ich równości jak również pogrubienia ze względu na obciążenie ruchem /400-1000 T/dobę/, przekraczającym możliwości nawierzchni tłuczniowej do 500 T/dobę. Odnowę i pogrubienie wykonywano masą smołową o przykładowym składzie:

pospółka żwirowa	- 60 %
kruszywo wapienne 0-40 mm	- 35 %
smoła	- 5 %
	<hr/>
	100 %

Masę smołową układano na starej nawierzchni tłuczniowej w ilości  $120 \text{ kg/m}^2$  bez uprzednio skropienia podbudowy smołą, gdyż zniszczona nawierzchnia gwarantowała dobrą przyczepność masy. Wałowanie odbywało się w jednej warstwie. Tak wykonana nawierzchnia, nie zamknięta, była traktowana jako podbudowa pod przyszłą modernizację.

Opisany wyżej sposób odnowy nawierzchni tłuczniowej znajduje zastosowanie, z małymi zmianami i w obecnej chwili z tą różnicą, że został rozszerzony także na inne rodzaje nawierzchni, a lepszcza smołowe zostają wypierane przez asfalt.

Stosowanie do produkcji mas na zimno asfaltu D-100 i D-70 oraz bardziej wartościowych pod względem technicznym miejscowych materiałów kamiennych /pospółki kruszone/, krzemianowe grysy wapienne/ pozwala na wbudowywanie tych mas w nawierzchnię jako warstwy ścieralne także na drogach, na których natężenie ruchu dochodzi do 3000 T/dobę. Masy na zimno, wbudowane jako warstwy wiążące, wzmacniające i profilowe, mogą być stosowane również na drogach o znacznie większym natężeniu ruchu od wyżej podanego.

Dla podniesienia trwałości warstwy ścieralnej w ostatnich latach stosuje się na wykonanej warstwie górnej, powierzchniowe utrwalenie pojedyncze grysami 16-20 zawsze przy użyciu smoły. Zabieg ten nadaje pod wieloma względami wysokich cech wykonanej nawierzchni.

Powierzchniowe utrwalenie bądź też zwykłe zamknięcie nawierzchni wykonuje się, zależnie od pory roku i warunków atmosferycznych w jakich masa została wybudowana, po upływie 4-6tygodni lub w roku następnym.

O powołzeniu technologii mas na zimno świadczą ilości wyprodukowanych mas / w porównaniu z masami wytwarzanymi na gorąco/, które za rok 1971 przedstawiono w tablicy 5.

Tablica 5

## Ilość wytworzonych mas w roku 1971

Nazwa jednostek organizacyjnych oraz ich ilość szt.	Ilość mas wytworzonych			Ilość
	na zimno	na gorąco	otaczarek	betoniarek przeciwbież.
		tys. ton		szt.
REDP 9	23,0	168,1	11	7
PZDL 21	177,5	50,5	9	26

Dane te pozwalają wnioskować o dużej przydatności praktycznej technologii mas na zimno, szczególnie na drogach o mniejszym obciążeniu ruchem, na co wskazują dane dotyczące PZDL.

## 5. Technika wytwarzania i wbudowania mas

### 5.1. Produkcja mas

Masy bitumiczne przygotowuje się w betoniarkach przeciwbieżnych 500-litrowych o przymusowym mieszaniu, które w przeciwieństwie do betoniarek wolnospadowych, dają masę jednorodną i zapewniają odpowiednią wydajność.

Podstawowe operacje technologiczne mają przebieg następujący:

- a napełnienie kosza zasypowego betoniarki składnikami mineralnymi mieszanki w ilościach ustalonych receptą laboratoryjną i przesypanie kruszywa do mieszalnika betoniarki
- b dodawanie wody w ilości 7-8 % ciężaru agregatu mineralnego i mieszanie kruszywa do czasu dokładnego wymieszania i równomiernego nawilgocenia, co trwa 10-15 sek.
- c dozowanie podgrzewanego lepiszcza i mieszanie właściwe trwające 1,5-2,0 min.

Wymagane temperatury dla poszczególnych rodzajów lepiszcza:

smoła upłynniona	40 - 50 °C
smoła zwykła	80 - 90 °C
asfalt	120 -150 °C

Poniżej podano opis jednej z dobrze zorganizowanych wytwórni mas bitumicznych na zimno.

Maszynami prowadzącymi są dwie betoniarki przeciwbieżne 500 l tak względem siebie ustawione /zbliżone do strony koszy zasypowych/, że tworzą zespół powiązany i zaopatrywany za pomocą jednego dozatora.

System zasilania betoniarki w kruszywo stworzony jest przez następujący ciąg: składowiska materiałów /w zasiekach/, spycharka marki "Mazur", pochylnia z wyspami, przenośniki taśmowe PT-15 ,

dozator wagowy typu DA-500, rozdzielacz kruszywa własnej konstrukcji, kosze zasypowe betoniarek, mieszalniki betoniarek.

Dozowanie wypełniacza odbywa się za pomocą wyskalowane - go naczynia.

System zasilania w bitum tworzą zbiorniki zapasowe i kotły typu KBP-3000 oraz odpowiednia instalacja składająca się z rur i kranów. Asfalt costarczany jest autocysternami z Rafinerii Płockiej. Urządzenia dozujące bitum i wodę gwarantują odmierzanie tych materiałów i równomierne ich wprowadzenie do kruszywa poddawanego mieszanii w mieszalnikach beroniarek.

Wydajność zespołu, przy obsadzie liczącej 8-10 osób, wynosi 180-200 ton/dobę.

Wszystkie urządzenia napędzane są za pomocą silników elektrycznych.

Plac jest utwardzony, posiada drogi wewnętrzne, magazyny i właściwie zorganizowane zaplecze socjalno-bytowe. Kierownictwo wytwórni wyposażone jest w radiotelefon. Nad prawidłowym przebiegiem produkcji czuwa laboratorium polowe.

Bardzo ważnym zagadnieniem w procesie wytwarzania masy na zimno jest nadanie jemu takiego przebiegu, który nie prowadzi do skawiania się masy, czyli powstawania tzw. "klusek", co w konsekwencji nie gwarantowałoby dobrego otoczenia kruszywa.

Starannie dobrany skład masy, stopniowy rozprysk lepiszcza, niezbyt długie mieszanie /około 3 min./ zapobiegają skawianiu się masy. Za dużo części drobnych w mieszance mineralnej, dodawanie lepiszcza strumieniem i zbyt długie mieszanie, prowadzące do wytrącania się lepiszcza, są głównymi przyczynami niepowodzeń w omawianej technologii.

Koniec mieszania poznaje się po właściwym zabarwieniu masy, która z beżowoszarej przechodzi w ciemnoszarą.



Tablica 6

lp.	Czynnik rozpatrywany	Masy bitumiczne wytwarzane		Wniosek odniesiony od mas na zimno
		na zimno	na gorąco	
1	2	3	4	5
1.	Procesy sorpcyjne	Zahamowane na skutek niskiej ciekłości lepiszcza i niskiej kruźwya	Zwiększone dzięki bodźcowi energetycznemu w postaci ciepła	Słabsze związanie lepiszcza bitumicznego z kruszywem
2.	Substancje powierzchniowe czynne	Wskazane stosowanie	Nie wymagane	Utrudnienie wobec ich częściowego braku
3.	Temperatura kruszywa	Kruszywo nie podgrzewane o temp. otoczenia	Kruszywo podgrzane do temp. 150-230° C zależnie od stosowanego lepiszcza /smoły lub asfaltu/	Oszczędność w materiałach opałowyc
4.	Jakość przygotowania kruszywa poddawane go otoczeniu lepiszczem	Brak spalania zanieczyszczeń organicznych i odpylenia ziarn o 0,05 mm	Kruszywo pozbawione cząstek organicznych i pyłowych	Słabsze związanie kruszywa z lepiszczem bitumicznym
5.	Materiały podstawowe /kruszywo i lepiszcze/	Kruszywo kamienne pochodzenia miejscowego i przemysłowego. Lepiszczce bitumiczne przygotowywane na miejscu i przemysłowe	Kruszywo mineralne pochodzenia przemysłowego i miejscowego. Lepiszczce bitumiczne przemysłowe	Większe zużycie materiałów kamiennych pochodzenia miejscowego. Mniejsze zużycie lepiszcza przemysłowego
6.	Okres stabilizacji mas wybudowywanych	Wydłużony skutek konieczności odparowania wody	Bardzo krótki praktycznie bez znaczenia	Konieczność ograniczenia lub wyłączenia ruchu w czasie stabilizacji
7.	Sezon produkcyjny	Małe uzależnienie od wpływów atmosferycznych	Wymagana słoneczna i sucha pogoda	Przedłużenie okresu wytwarzania i w budowywania mas
8.	Zamknięcie powierzchniowe warstwy ścieralnej nawierzchni	Wskazane, a niekiedy konieczne ze względu na porowatość masy	Nie zawsze stosowane	Połowiczna niekorzyść
9.	Złożoność procesu technologicznego	Mała - dzięki zastosowaniu prostych maszyn	Duża - na skutek zastosowania urządzeń skomplikowanych	Łatwiejsze opanowanie technologii przez pracowników obsługujących nadzorujących proces
10.	Maszyna główna do wytwarzania masy	Betoniarka przeciwbieżna	Zespół do suszenia i o-taczania kruszywa	a/ kilka do kilkunastokrotnie mniejsza cena zakupu b/ większa łatwość nabycia c/ przedłużona żywotność dzięki wyeliminowaniu korozji termicznej
11.	Warunki bezpieczeństwa i higieny pracy	Eliminacja pyłów	Znaczne zapylenie stanowisk roboczych i środowiska	Nieszkodliwość procesu dla pracowników i otoczenia



## 5. Wbudowanie masy

Wbudowanie mas, zarówno smołowych jak i asfaltowych, polega na rozścielaniu ich na odpowiednio przygotowanej podbudowie /wyremontowanej, skropienie lepiszczem/ przy użyciu wideł i grabi, doprowadzenie do wymaganego profilu poprzecznego za pomocą łąk profilowych lub ciężkich szablonów, ciągniętych na listwach ułożonych przy krawędziach nawierzchni i zawałowaniu.

Podczas wałowania zachodzi dalsze wytwarzanie się zaprawy /zapoczątkowane w czasie mieszania kruszywa wody i lepiszcza i wyciskanie się jej na powierzchnię nawierzchni.

Zagęszczenie masy, wykonywane walcami o wadze 8-12 ton, powinno być zakończone z chwilą, gdy dywanik zostanie pokryty równomiernie zaprawą i na nawierzchni nie widać miejsc chropowatych.

Podczas wałowania obserwuje się także rozpad emulsji, objawiający się wyciskaniem przez walec wody, która spływa w kierunku krawędzi nawierzchni. Szybki rozpad jest korzystny, gdyż wraz z nim rozpoczyna się wiązanie lepiszcza.

Po zawałowaniu nawierzchnię oddaje się pod ruch. W ciągu 2-3 dni, po odparowaniu wody, nawierzchnia tężeje do tego stopnia, że koła pojazdów pozostawiają tylko mało wdoczne ślady.

Pełna stabilizacja nawierzchni wymaga dłuższego okresu czasu i z tego też względu zamknięcie nawierzchni /tradycyjnym sposobem/ najlepiej jest wykonać dopiero w następnym roku.

Świeżo wykonana nawierzchnia jest plastyczna w takim stopniu, że istnieje możliwość dogęszczenia jej, w razie potrzeby, w drugim dniu po ułożeniu masy.

## 6. Specyficzne cechy mas bitumicznych wytwarzanych i wbudowywanych na zimno

Rozpatrzenie tytułowego zagadnienia w formie porównania mas bitumicznych wytwarzanych na zimno i mas bitumicznych przygotowywanych na gorąco prowadzi do następujących stwierdzeń, które przedstawiono w ujęciu tabelarycznym.

## 7. Wnioski

- a Stosowanie i rozwijanie technologii mas bitumicznych na zimno jest uzasadnione w aspekcie technicznym, technologicznym i ekonomicznym z zastrzeżeniem używania tych mas na drogach o małych i średnich ruchach.
- b Należy rozpocząć, z chwilą możliwości otrzymania krajowej emulsji asfaltowej, badania laboratoryjne i terenowe nad masami bitumicznymi bazującymi na tym lepiszczu i materiałach pochodzenia miejscowego.
- c Te same prace należy wszcząć w odniesieniu do asfaltów upłynnionych.
- d Prowadzić badania laboratoryjne i wdrożeniowe nad zastosowaniem emulsji asfaltowej i nawierzchniowych asfaltów upłynnionych do drogowych robót powierzchniowych.

## Literatura

1. Daniecki W., Mączyński M.: Izolacje przeciwlogociowe. Arkady. Warszawa 1965.
2. Jaworski B., Dietlaf.: Sprawocznik po fizykie. Moskwa 1971.
3. Rolla S.: Badania materiałów i nawierzchni drogowych. WKŁ. Warszawa 1969.

SOME THEORETICAL AND TECHNOLOGICAL PROBLEMS CONCERNING  
THE PRODUCED AND BUILD-IN COLD BITUMINOUS MASSES  
APPLICATION

Summary

This article contains discussion on theoretical basis of bituminous binder adherence for mineral aggregate taking into account the surface phenomenon.

Next part of this article deals with technological progress of Cold Bituminous Masses in the Bydgoszcz District.

НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ  
ПРОБЛЕМЫ КАСАЮЩИЕСЯ БИТУМНЫХ МАСС  
ПРОИЗВОДИМЫХ И ВСТРОЕННЫХ ХОЛОДНЫМ СПОСОБОМ

Резюме

Нижепредставленная работа охватывает разбор теоретических основ прилипаемости битумных вяжущих материалов к минеральному заполнителю, обращая особое внимание на поверхностные явления.

В следующей части работы вопрос касается развития технологии масс применяемых холодным способом на территории быдгоского воеводства.



Andrzej Stefański

Tham Nguyen

#### ZAGADNIENIA PRZESTOJÓW W MONTAŻU BUDYNKÓW WIELKOPŁYTOWYCH

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące charakteru zjawisk występujących w procesie montażu budynków z elementów wielkopłytowych. W szczególności zainteresowano się zagadnieniami przestoju w montażu. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie.

Ustalono, że czas przestoju w montażu jednej działki roboczej zgodny jest z rozkładem wykładniczym. Stwierdzono także, że przestoje w montażu w dużym stopniu uwarunkowane są czynnikami zdeterminowanymi jak np. poziom organizacyjny, stan techniczny maszyn i losowymi jak np. warunki atmosferyczne. Wielkość przestoju w montażu stanowi około 15% całego czasu roboczego. Skrócenie czasu przestoju o połowę pozwoliłoby na badanym osiedlu montować dodatkowo 330 izb

#### 1. Wstęp

Montaż budynków wielkopłytowych w kraju prowadzony jest od kilkunastu lat, obecnie na szeroką skalę. Wielokrotnie jednak obserwuje się powstawanie znacznych zahamowań w robotach montażowych, co powoduje wydłużenie czasu realizacji obiektu lub zespołów obiektów.

Zagadnienie to dotyczy między innymi montażu budynków wielkopłytowych bezpośrednio ze środków transportowych zwanego "montażem z kół". W tym przypadku niezbędna jest doskonała harmonizacja transportu z montażem, charakteryzująca się koniecznością

podstawienia pod maszynę montażową elementów prefabrykowanych nie tylko w określonym czasie, tzn. w momencie, gdy maszyna może rozpocząć podnoszenie i montaż elementów, lecz także w określonym zestawie takim, aby możliwe było ich montowanie w wymaganej prawidłami montażu lub projektu, kolejności. Brak zachowania takiej harmonizacji może być przyczyną znacznych przestoju w montażu. Przy stosowaniu transportu sztywnego jak np. kolejka wąskotorowa złożona z kilku wagoników z kilkunastoma lub więcej elementami, w przypadku załadowania niewłaściwego kompletu elementów, może powstać kilkugodzinny postój spowodowany koniecznością odwiezienia elementów do wytwórni, zdjęcia ich ze środka transportowego, wybrania, bądź wykonania nowych właściwych elementów, załadowania ich na środek transportowy oraz przetransportowania do miejsca montażu.

Zbyt wczesne podstawienie środków transportowych z elementami prefabrykowanymi pod maszynę montażową nie stanowi przyczyny przestoju w montażu, powoduje jednak powstanie innego rodzaju strat, a mianowicie podwyżkę kosztów budowy, gdyż wówczas środki transportowe stanowią jak gdyby place składowe na kołach a zatem place składowe bardzo drogie w eksploatacji.

Zagadnienie przestoju w montażu nie ogranicza się jednak tylko do braku harmonizacji montażu z koł. Dotyczy również szeregu innych czynników. Zaliczyć do nich można: warunki atmosferyczne, poziom organizacyjnych robót, stan techniczny maszyn i urządzeń oraz poziom zawodowych kadry zatrudnionej na budowie jak również czynniki inne. Zjawisko przestoju montażu badane było dotychczas od strony ilościowej.

Brak jest natomiast opracowań statystycznych określających charakter tego zjawiska.

Określenie charakteru zjawiska niezbędne jest z punktu widzenia zagadnień projektowania robót metodą pracy równomiernej, co ma miejsce przy wznoszeniu całych osiedli z budynków wielkopłytowych. Rytmiczność montażu, szczególnie ważna dla osiedli na których montaż wykonywany jest równoległe na dwu lub więcej obiektach, ma istotne znaczenie dla sprawnego przebiegu realizacji, a w konsekwencji wykonania zadań planowych



stojących przed jednostką wykonawstwa budowlanego.

## 2. Badania

Badania przeprowadzono przy montażu 16 budynków wielkopłytowych pięcio kondygnacyjnych, realizowanych metodą montażu "z kół", przy zastosowaniu transportu elementów kolejką wąskotorową.

Prowadzono je przez okres jednego roku dzieląc go na 4 kwartały. Podział na kwartały był odmienny od przyjętego podziału kalendarzowego. Miesiące pogrupowano według charakterystyki atmosferycznej:

- I kwartał - grudzień, styczeń i luty
- II kwartał - marzec, kwiecień i maj
- III kwartał - czerwiec, lipiec i sierpień
- IV kwartał - wrzesień, październik i listopad

Badania obejmowały określenie ilości elementów prefabrykowanych montowanych w określonej jednostce czasu na działce roboczej oraz czasu montażu jednego elementu prefabrykowanego.

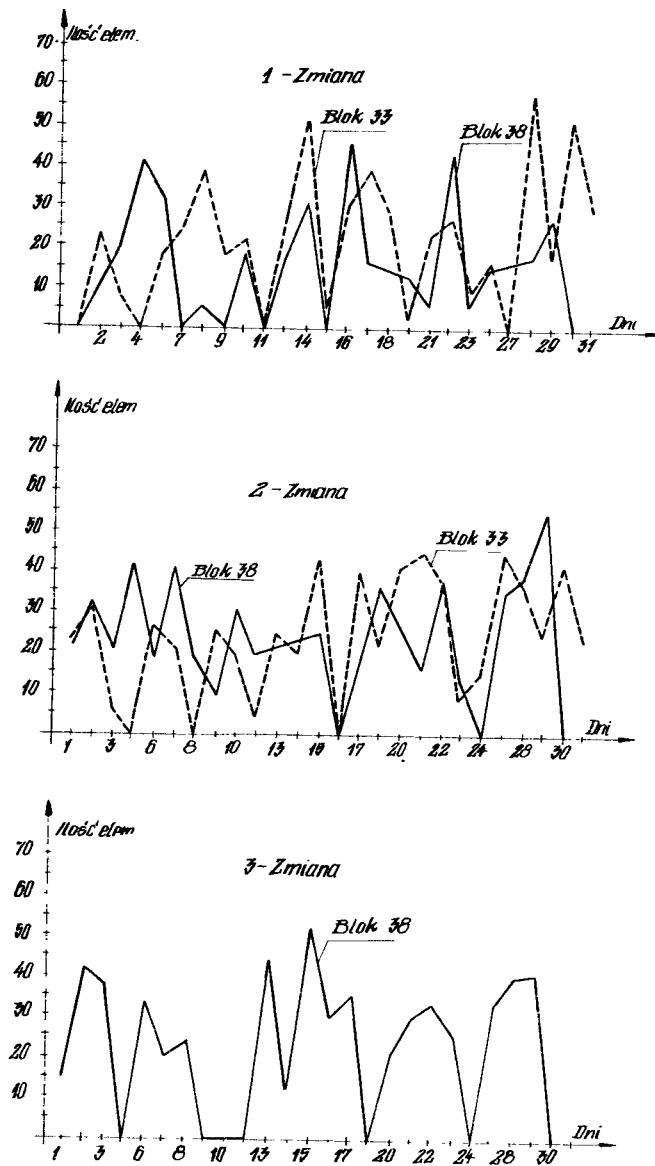
Pomiarów czasu dokonywano w podziale na:

- czas "czystego" montażu
- czas robót pomocniczych
- czas przestojów

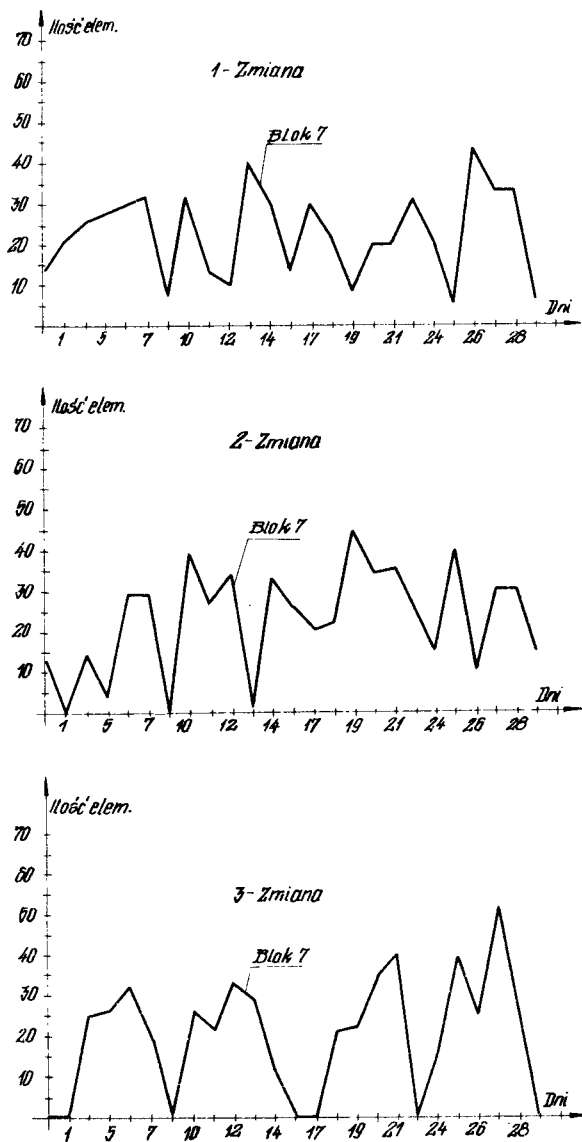
Wyniki badań opracowano statystycznie.

Ilość elementów montowanych w poszczególnych zmianach, dniach, kwartałach jest nierówna, co przykładowo ilustrują wykresy rysunków 1-4.

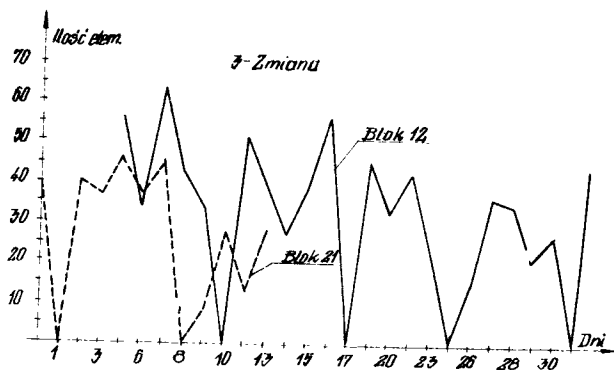
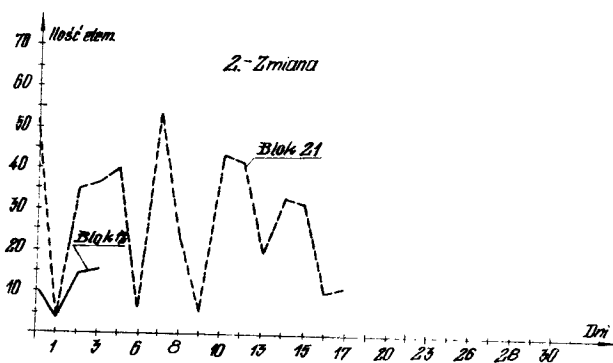
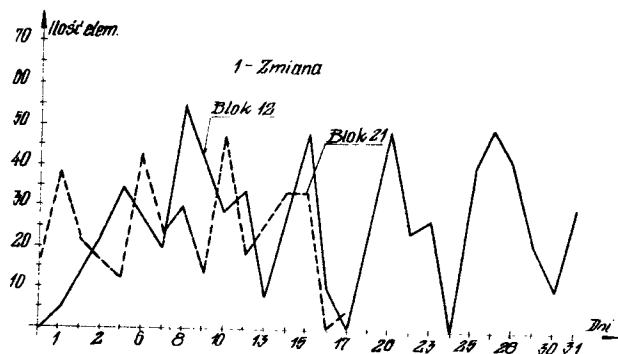
Wynika z nich znaczny rozrzut w ilości montowanych elementów. Istniały zmiany, w których montaż nie odbywał się wcale, natomiast na innych zmianach ilość montowanych elementów dochodziła do 65 sztuk na zmianę.



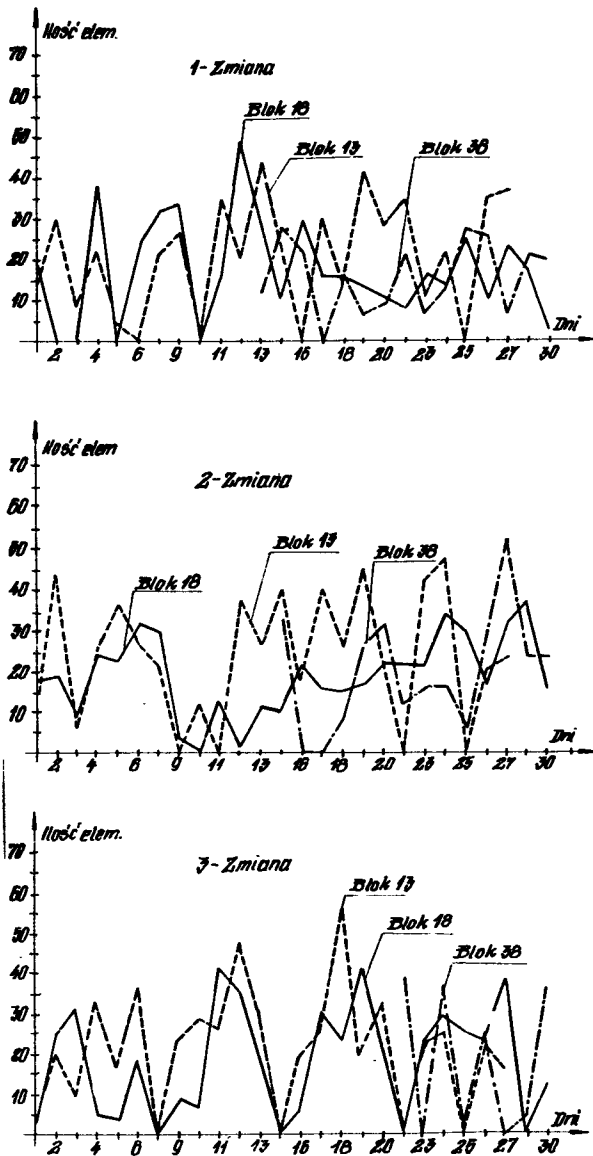
Rys.1. Fragment przebiegu montażu budynków w I kwartale w rozbiórce



Rys.2. Fragment wykresów przebiegu montażu budynków w II kwartale w rozbiciu na trzy zmiany robocze /kwiecień/.



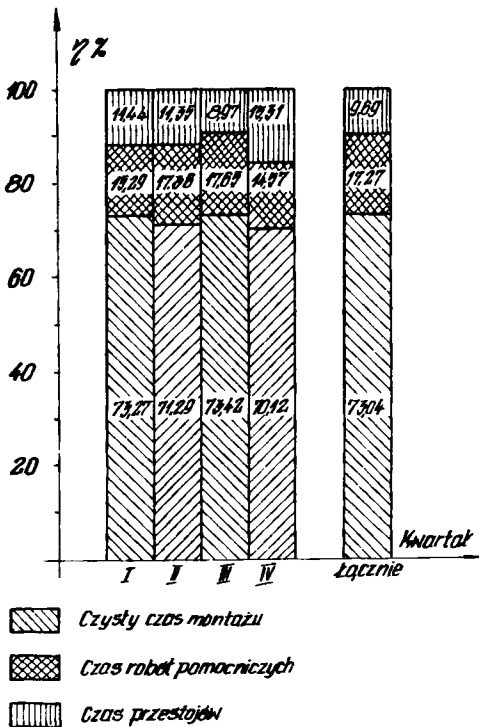
Rys.3. Fragment wykresów przebiegu montażu budynków w II kwartale w rozbiu na trzy zmiany robocze /lipiec /.



Rys.4. Fragment wykresów przebiegu montażu budynków w IV kwartale w rozbiściu na trzy zmiany robocze /październik/.

W skali kwartalnej i rocznej zjawisko nierównomierności montażu jest bardziej wyrównane, co ilustruje tablica 1. Tym niemniej istnieją wyraźne różnice między ilością elementów montowanych w poszczególnych kwartałach i zmianach np.w I i III kwartale lub 1-szej i 3-ciej zmianie.

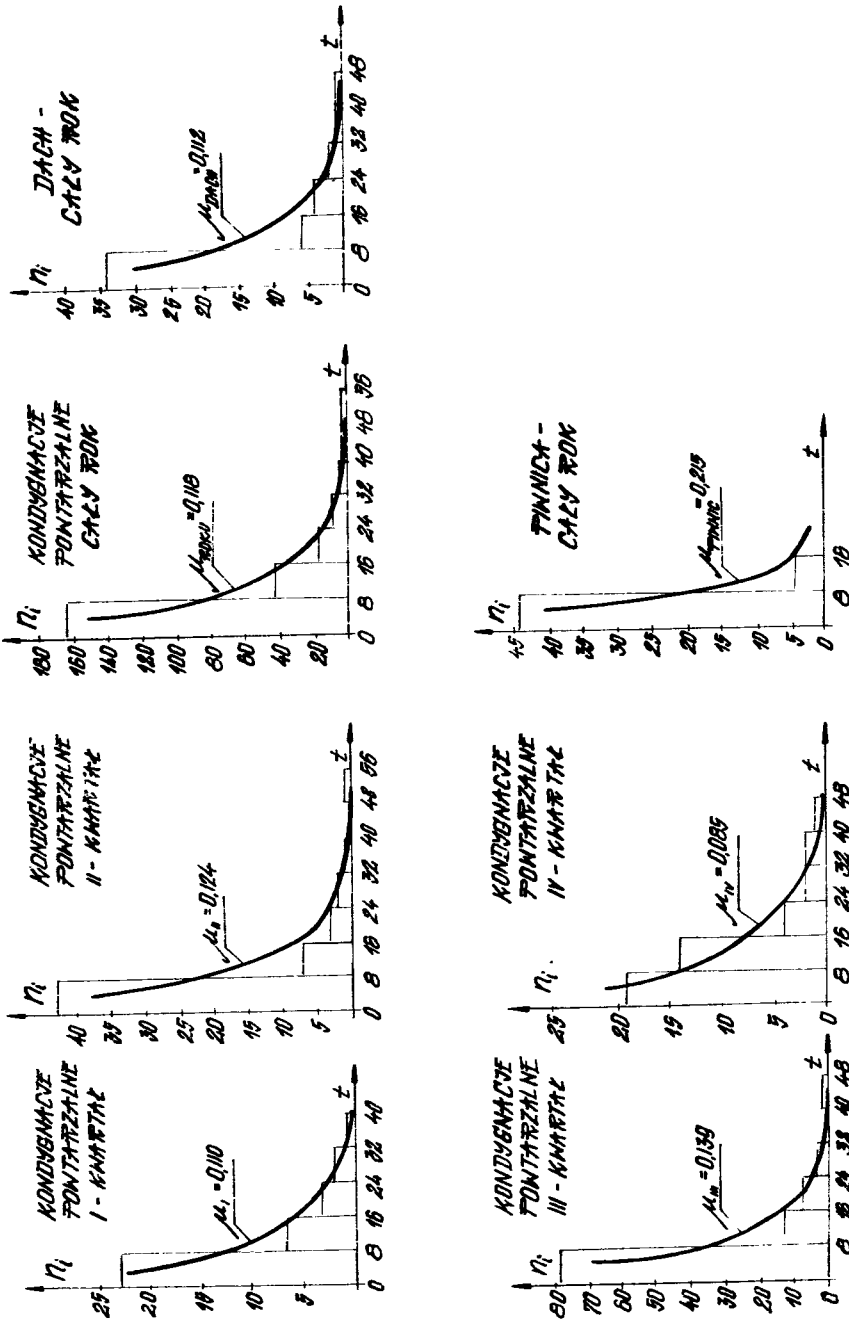
Wyniki badania udziału poszczególnych rodzajów czasu /czystego montażu, robót pomocniczych i przestojów/ jako wartości średnie dla poszczególnych kwartałów i całego roku łącznie, przedstawiono na rysunku 5.



Rys.5. Procentowy udział poszczególnych czasów w stosunku do czasu całkowitego montażu dla kwartałów i całego roku

Z rysunku wynika zmienność udziału poszczególnych czasów w ogólnym czasie montażu w różnych kwartałach. Zwraca też uwagę duże zróżnicowanie czasu przestoju wynoszące od około 9% do ponad 15% ogólnego czasu montażu. Czynnikiem czasu przestoju ze względu na jego wysoki udział w ogólnym czasie trwania montażu, zostanie poniżej szczegółowo przeanalizowany.

Wyniki badań czasu przestojów w montażu dla opracowań statystycznych zgrupowano w dwóch rodzajach przedziałów czasowych: 8 godzinnych- wariant I i 4 godzinnych- wariant II.



Rys. 6. Histogramy czasu przestoju w montażu dziaiki roboczej. Wariant I

Na podstawie uzyskanych wyników wykreślono histogramy gęstości czasów przestoju dla wszystkich działek roboczych w poszczególnych kwartałach. Histogramy gęstości dla przedziałów 8 godzinnych /I wariant/ przedstawiono na rysunku 6.

Z ich kształtu można wnioskować, że rozkład czasów przestoju w montażu na jednej działce roboczej zgodny jest z rozkładem wykładniczym. Gęstość prawdopodobieństwa tego rozkładu ma postać

$$f(t) = \begin{cases} 0 & \text{dla } t < 0 \\ \mu e^{-\mu t} & \text{dla } t \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

gdzie:  $\mu$  - współczynnik kształtu rozkładu równy  $\frac{1}{\bar{t}}$

$\bar{t}$  - średni czas przestoju na jednej działce roboczej

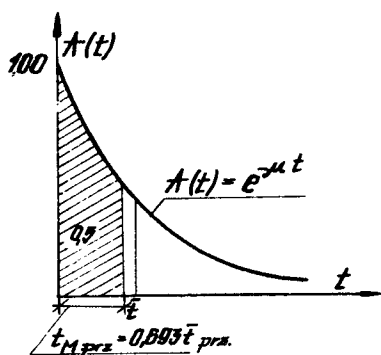
Weryfikacji postawionej hipotezy dokonano przy pomocy testu  $\chi^2$  /chi kwadrat/ i testu  $\lambda$  /Koźmogorowa/. Weryfikację testem  $\chi^2$  przeprowadzono oddzielnie dla dwóch wariantów każdej z działek roboczych pięciu kondygnacji, stropodachu i piwnicy.

Z weryfikacji wynika, że wielkość  $\chi^2_{\text{obl}} < \chi^2_{\text{teor}}$ . Z weryfikacji za pomocą testu Koźmogorowa dokonanej dla różnych wariantów wynika, że prawdopodobieństwo  $1 - Q / \lambda /$  jest mniejsze od 0,5 pojawia się w 37,5% /dla I wariantu / i w 42,8% /dla II wariantu /.

Przeprowadzona weryfikacja pozwala stwierdzić, że rozkład czasu przestoju montażu na jednej działce roboczej w poszczególnych kwartałach i całym roku, zgodny jest z rozkładem wykładniczym.

Rozkład wykładniczy jest funkcją niesymetryczną dla - tego wartość mediany jest różna od wartości przeciętnej. Określa się ją w oparciu o schemat pokazany na rysunku 7 i wyraża wzorem:





$$t_{M.prz} = 0,693 \bar{t}_{prz} \quad (2)$$

Po ustaleniu charakteru rozkładu czasów przestoju otrzymano wartości czasów medialnych, które przedstawiono w tabelicy 2. Wartości median dla poszczególnych kwartałów kształtują się według następującej zależności

$$t_M^{III} < t_M^{II} < t_M^I < t_M^{IV}$$

Rys.7. Schemat obliczenia wartości mediany na wykresie gęstości rozkładu wykładniczego czasu przestoju montażu

Układ ten należy tłumaczyć w pewnym stopniu panującymi w okresie badań warunkami atmosferycznymi, które były następujące: zimą mało opadów, śniegu, na wiosnę kilkanaście dni z opadem śniegu, w lecie warunki atmosferyczne były bardzo dobre, natomiast jesienią było dużo opadów deszczu i wiały silne wiatry.

Współczynnik kształtu rozkładu dla różnych okresów roku obliczono ze wzoru:

$$\mu_j = \frac{1}{t_j} \quad (3)$$

Wyniki obliczeń podano w tabelicy 3.

Dystrybuantę negatywną rozkładu wykładniczego można wyrazić wzorem

$$A/t/ = e^{-\mu t} \quad (4)$$

Wykresy jej dla badanych zjawisk przedstawiono na rysunku 8. Wynika z nich, że im współczynnik  $|\mu_j|$  jest większy, tym szybszy jest spadek wartości funkcji do zera.

Tablica 1

Ilość elementów prefabrykowanych montowanych w poszczególnych kwartałach i całym roku na 1,2 i 3-ciej zmianie

Zmiana	Ilość elementów montowanych szt.				
	kwartał I	kwartał II	kwartał III	kwartał IV	łącznie dla całego roku
1	1463	2025	1838	1463	6789
2	1763	2063	1950	1500	7276
3	1838	2138	1950	1763	7689
łącznie dla trzech zmian	5064	6226	5738	4726	21754

x dane zestawiono w oparciu o wartości medialne

Tablica 2

Wartości medialne czasu przestoju

Kondygnacja	Rozpatrywany okres	Wartość medialna / $t_{M.prz}$ / czasu przestoju montażu jednej działki roboczej /godz./		
		wariant I	wariant II	średnia
piwnica	cały rok	3,14'	2,12'	2,43'
kondygnacje powtarzalne	I kwartał	6,20'	4,58'	5,39'
	II kwartał	5,35'	4,47'	5,11'
	III kwartał	5,00'	4,31'	4,45'
	IV kwartał	8,13'	8,00'	8,06'
	cały rok	5,54'	5,21'	5,37'
stropodach	cały rok	6,07'	5,32'	5,50

Tablica 3

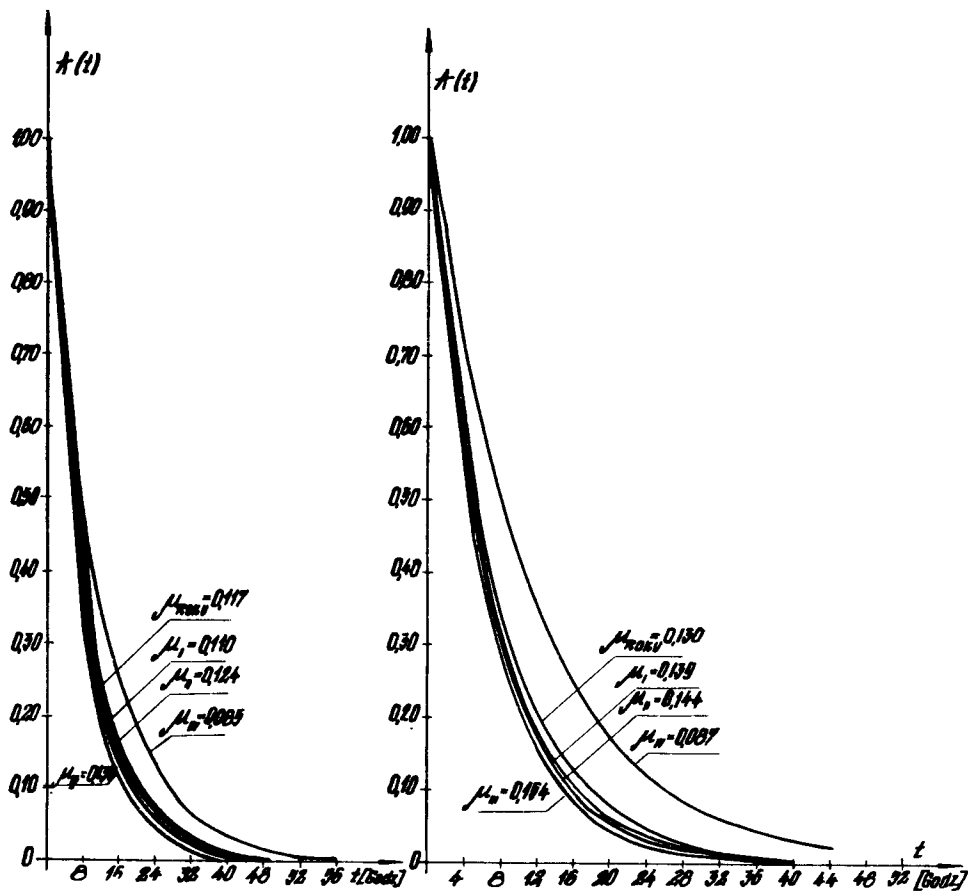
Wartość współczynnika kształtu rozkładów czasu przestoju

Kondygnacja	Rozpatrywany okres	Współczynnik kształtu rozkładu wykładniczego czasu przestoju montażu jednej działki rob.		
		wariant I $\mu_1 = \frac{1}{\lambda_1}$	wariant II $\mu_2 = \frac{1}{\lambda_2}$	średni współczyn. $\mu_s$
piwnica	cały rok	0,214	0,315	0,264
kondygnacje powtarzalne	I kwartał	0,110	0,139	0,124
	II kwartał	0,124	0,144	0,134
	III kwartał	0,134	0,154	0,146
	IV kwartał	0,085	0,087	0,086
	cały rok	0,117	0,130	0,123
stropodach	cały rok	0,113	0,125	0,119

Tablica 4

Współczynnik sezonowości czasu przestoju montażu jednej działki roboczej  $K_{s.prz}^j$  dla całego roku

Kwartał	Wariant I		Wariant II		średnio $K_{s.prz}^{sr}$
	min $t_{M.prz}^I$	$K_{s.prz}^I$	min $t_{M.prz}^{II}$	$K_{s.prz}^{II}$	
I		1,262		1,102	1,182
II		1,118		1,062	1,090
III	5,00	1,000	4,31'	1,000	1,000
IV		1,636		1,769	1,702



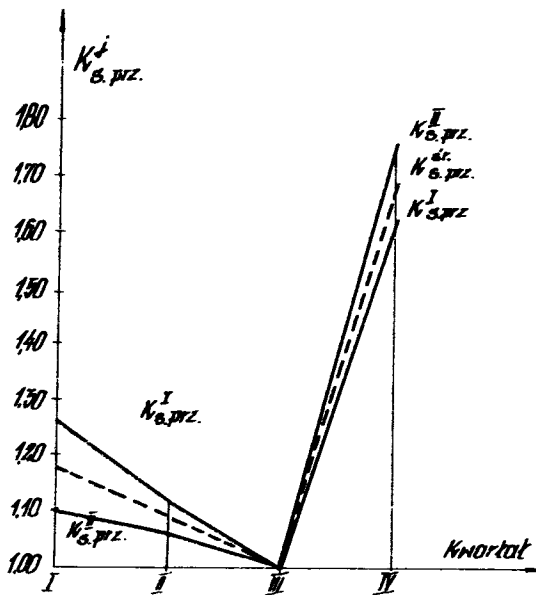
Rys.8. Zmienność współczynników kształtów  $\mu_i$  dla poszczególnych kwartałów i całego roku

Zmienność czasu przestoju w montażu jednej działki roboczej dla różnych kwartałów i całego roku można wyrazić przy pomocy współczynnika sezonowości  $/K^j_{s.prz}/$  następującym wzorem:

$$K^j_{s.prz} = \frac{t^j_{M.prz}}{\min t_{M.prz}} \quad (5)$$

gdzie:  $t_{M.prz}^j$  - medialny czas przestoju montażu jednej działki roboczej w "j" - tym kwartale  
 min  $t_{M.prz}$  - minimalny medialny czas przestoju w montażu jednej działki roboczej

Wyliczenia współczynników sezonowości  $K_{s.prz}^j$  przedstawiono w tabelicy 4. Na podstawie tych danych sporządzono wykresy pokazane na rysunku 9. Współczynniki przedstawione w tabelicy 4 oraz

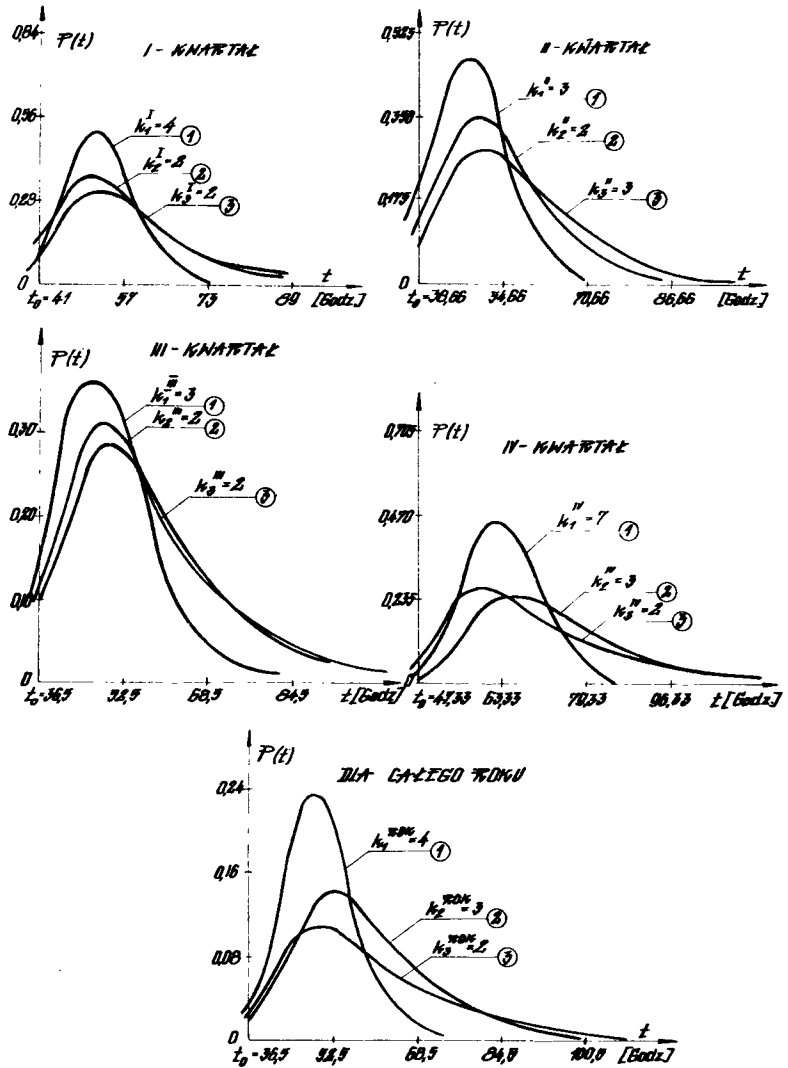


badan [1] ustalono, że teoretyczne krzywe gęstości poszczególnych czasów układają się według rozkładów Erlanga.

Na rysunku 10 przedstawiono krzywe rozkładów Erlanga badanych czasów dla poszczególnych kwartałów i całego roku. Na krzywych naniesiono wartości współczynników K charakteryzujących rozkład Erlanga /tzw. współczynnik kształtu/.

Rozkład Erlanga odnosi się do zjawisk, w których nakładają się na siebie czynniki: zdeterminowany i losowy. W rozpatrywanym przypadku do czynników zdeterminowanych [2] zaliczono rodzaj budynku,

Rys.9. Wykres wartości współczynników sezonowości czasu przestojów w montażu dla całego roku  $K_{s.prz}^I$  - dla wariantu I  
 $K_{s.prz}^{II}$  - dla wariantu II  
 $K_{s.prz}^{sr}$  - wartości średnie



Rys.10. Krzywe teoretyczne rozkładów Erlanga badanych czasów montażu jednej działki roboczej:  
 $k_1$  - czas czystego montażu,  
 $k_2$  - czas czystego montażu wraz z czasem innych robót,  
 $k_3$  - czas czystego montażu wraz z czasem innych robót oraz czasem przestoju w montażu

technologię i organizację jego wykonania, rodzaj maszyn i kwalifikacje załogi, a do losowych: warunki atmosferyczne, psychofizyczne, awarie sprzętu, brak energii, brak elementów.

Parametr  $K$  charakteryzujący rozkład Erlanga przyjmuje wartości tym wyższe im silniejszy jest wpływ czynnika zdeterminowanego. Gdy większy jest wpływ czynnika losowego wartości parametru  $K$  są mniejsze.

### 3. Wnioski

Czas przestoju w montażu jednej działki roboczej zgodny jest z rozkładem wykładniczym. W badanym przypadku współczynnik intensywności czasu przestoju wynosi 0,085 0,264. Parametry te są małe i wskazują na duże wartości medialne czasu przestoju w montażu.

Duży udział przestoju w montażu w ogólnym czasie montażu ma swoje odzwierciedlenie w wartości parametru  $K$ . W przeprowadzonych badaniach dla czasu czystego montażu zależnego głównie od czynników zdeterminowanych  $3 \leq K \leq 7$ , natomiast dla czasu ogólnego / tzn. czasu czystego montażu z robotami pomocniczymi i przestojami/  $2 \leq K \leq 3$ . Wskazuje to na wysoki udział czynników losowych w procesie montażu.

Wśród czynników losowych znaczny wpływ na przestój w montażu mają warunki atmosferyczne. Uwidacznia się to w wartościach współczynnika sezonowości czasu przestoju, wynoszących:

dla I kwartału	- 1,28
dla II kwartału	- 1,09
dla III kwartału	- 1,00
dla IV kwartału	- 1,70

Wielkość czasu przestoju w montażu jednej działki roboczej jest duża.

W stosunku do czasu "czystego" montażu wynosi ona :

dla I kwartału	- 15,6 %
dla II kwartału	- 15,9 %
dla III kwartału	- 12,2 %
dla IV kwartału	- 21,8 %
dla całego roku	- 13,26 %

W stosunku do całego /ogólnego/ czasu montażu wynosi:

dla I kwartału	- 11,4 %
dla II kwartału	- 11,3 %
dla III kwartału	- 9,0 %
dla IV kwartału	- 15,3 %
dla całego roku	- 9,6 %

Zmniejszenie przestoju w montażu tylko o połowę dla badanego osiedla pozwoliłoby zwiększyć ilość zmontowanych izb o około 330 w ciągu roku.

Za celowe uważa się prowadzenie dalszych badań nad czynnikami wpływającymi na czas przestoju w montażu, dla ustalenie hierarchii tych czynników i określenia wartości i rozkładów wartości minimalnych.

Pełna znajomość czynników wpływających na czas przestoju w montażu w wysokim stopniu przyczyni się do bardziej poprawnego projektowania i przebiegu realizacji procesów montażowych.



## Literatura

1. Nguyen T.: Badanie rytmiczności montażu budynków wielkopłytowych. Praca doktorska . Poznań 1973.
2. Stefański A., Nguyen T.: Badanie charakteru zjawisk występujących w procesie montażu budynków wielkopłytowych. Materiały Konferencji KN PZITB i KI PAN w Krynicy 1973.

## FITTING-UP STANDSTAILL PROBLEMS OF MANY-ACOUSTIC BUILDINGS

## Summary

This paper presents results of investigations as far as the character of phenomenon appearing in fitting-up progress of building made of many accoustic elements is concerned. Specially the problem of fitting-up standstill is dealt with. obtained results have been statistically worked out.

It has been agreed that the standstill time of fitting-up of working lot is true to the exponential schedule.

It has also been agreed that fitting-up standstills are conditioned - to a high degree - by such determined factors as e.g.: organizational level, technical condition of machines as well as by fate conditions as e.g. weather conditions.

The proportions of fitting-up standstills make about 15 % of the whole working time. Reducing of standstill time by a half would allow to set up about 330 rooms at the tested housinf estate.

## ПРОБЛЕМЫ ПРОСТОЕВ ПРИ СБОРКЕ ЗДАНИЙ ИЗ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

### Резюме

В данной работе представлены результаты исследований касающиеся характера явлений наступающих в процессе сборки зданий из крупнопанельных элементов. Особенное внимание было уделено проблемам простоя при сборке. Полученные результаты обработаны статически.

Установлено, что время простоя при сборке одной захватки соответствует показательному расписанию. Установлено также, что простои при сборке в большей степени обусловлена определенными факторами, как например организационный уровень, техническое состояние машин и стихийными, как например, атмосферные условия. Количество простоев при сборке составляет около 15% всего рабочего времени. Сокращение времени простоев на половину дало бы возможность собрать дополнительно 330 комнат в исследуемом жилом районе.

Eugeniusz Waliszko

### ŚWIATOWE TENDENCJE OCHRONY TAJEMNICY "KNOW-HOW"

W pracy przedstawiono rozważania dotyczące konieczności ochrony tajemnicy "know-how". Dotychczas, pośrednia ochrona była zarówno niemożliwa jak i niepotrzebna. Obecnie jest ona niezbędna w interesie międzynarodowego handlu "know-how" w celu wyeliminowania pewnych kroków takich, jak sekretne porozumienia wcześniejsze od umów; przede wszystkim zaś ochrona "know-how" przeciwko każdej formie nielegalnego użycia, ujawnienia lub ich przewożenia.

Autor uważa, że należy poczynić badania pewnych konceptów wmieszanych w zagadnienie "know-how". Do nich należą "inżynierskie" oraz "pomoc techniczna".

Ochrona tajemnicy "know-how" jest w świecie zagadnieniem ważkim i bardzo aktualnym. W języku potocznym "know-how" oznacza doświadczenie lub informację między innymi w zakresie obiektów budowlanych, działania maszyn, urządzeń metod technologicznych, dotyczących np. wytwarzania materiałów budowlanych, aspektów organizacyjnych oraz handlowych danego przedsiębiorstwa, które mogą być przedmiotem obrotu. Określenie to jest niestety niezbyt precyzyjne. Może tu chodzić o samą tylko dokumentację, nieraz jednak wchodzi w grę również dodatkowe informacje, jak przeszkolenie i poinstruowanie personelu, pomoc przy wznoszeniu konstrukcji lub urządzeń, a nawet uruchomienie początkowej produkcji.

Niejednokrotnie łączy się umowę "know-how" z upoważnieniem do wykonywania wynalazku opatentowanego, a więc z umową licencyjną. Połączenie umowy "know-how" z umową sprzedaży lub dostawy następuje wówczas, gdy strona zobowiązująca się do udzielenia wiadomości zobowiązuje się również do dostarczenia odpłatnie maszyn, urządzeń, surowców. Dostarczenie maszyn i różnych urządzeń może nastąpić również w wykonaniu umowy dzierżawy. Elementy umowy o dzieło lub o roboty budowlane występują w razie zobowiązania wzniesienia obiektu przemysłowego /produkcyjnego albo urządzeń wewnętrznych. Gdy treścią umowy jest również zobowiązanie instruwania i szkolenia personelu, zjawiają się elementy umów o świadczenie usług nie będących umowami o dzieło lub roboty budowlane. Udostępnienie "know-how" może występować samorzutnie lub w powiązaniu z udzieleniem licencji z patentu, świadczeniem usług specjalistów czy usług konsultacyjnych, szczególnie przy budowie obiektów. Stosunkowo często "know-how" występuje jako element kontraktu na sprzedaż kompletnego obiektu czy też o sprzedaży innych dóbr inwestycyjnych. Poszczególne dziedziny techniki stają się coraz bardziej skomplikowane, a korzystanie z poszczególnych osiągnięć technicznych coraz bardziej trudne. Stosowanie rozwiązań technicznych, niezależnie od tego czy chodzi o wynalazki patentowane, czy też o innego rodzaju innowacje techniczne wymaga zazwyczaj pewnych wiadomości technicznych, pewnego "know-how". Z uwagi na to, że opis patentowy podaje zaledwie myśl wynalazczą, niemożliwe byłoby zawarcie w nim szerszych wskazówek praktycznych co do sposobu zrealizowania i stosowania wynalazku.

Ścisłe związki natury genetycznej możemy wykryć między zmianami, jakie nastąpiły w praktyce opatentowywania wynalazków a szerokim rozwojem umów "know-how". Przy ogromnym wzroście ogólnej ilości dokonywanych wynalazków coraz częściej rezygnuje się obecnie z uzyskania patentu. Kilka jest przyczyn takiej praktyki. I tak, zbadanie nowości wynalazku, jako niezbędnej przesłanki jego zdolności patentowej, jest o wiele trudniejsze oraz kosztowniejsze, a ponadto trwa o wiele dłużej niż dawniej.

Nawet korzystanie z maszyn elektronicznych niewiele tu pomaga, gdyż pozostaje stale kilkaset zagadnień, które należy rozwiązywać starymi prymitywnymi metodami. W konsekwencji w tych krajach, w których badanie nowości jest bardziej staranne, trwa ono często kilka lat. Niejednokrotnie więc, w warunkach tak szybkiego dzisiaj rozwoju techniki produkcyjnej, zawarte w wynalazku rozwiązanie zagadnienia staje się nieaktualne, zanim jeszcze urzędy patentowe zdążą udzielić patentu. Daleko posunięta integracja gospodarcza i techniczna całego świata staje się przyczyną konieczności uzyskiwania patentów we wszystkich niemal krajach, jeżeli pragnęłoby się korzystać z ochrony w pełnym zakresie, co znowu znacznie powiększa koszty oraz wywołuje zwłokę w uzyskiwaniu patentów. Wreszcie każde zgłoszenie wynalazku do opatentowania jest przynajmniej częściowym ujawnieniem tajemnicy techniczno-produkcyjnej, zawartym w opisie i dołączonych rysunkach. Wprawdzie nowsze ustawy - dawstwa patentowe nie wymagają już tak dokładnego opisu wynalazku, ażeby "każdy znawca według niego mógł stosować wynalazek w przemyśle", nie zapobiega to jednak ujawnieniu rozwiązania zagadnienia technicznego. Zgłaszając wynalazki do opatentowania starano się zawsze jak najbardziej ograniczyć zakres tego ujawnienia i przekazywać nieujawnione zagadnienia, szczególnie sposoby postępowania w drodze poufnych umów, nie będących umowami licencyjnymi i nie ulegających wpisowi do rejestru, a zatem i ich ujawnieniu. Już te zaczątki umów "know-how" nie dotyczyły więc płynącego z udzielenia patentu prawa wyłącznego korzystania z wynalazku i nie były uregulowane przepisami prawa wynalazczego. Jeżeli zaś zaniechano w ogóle uzyskiwania patentu, do umów tych dołączano klauzule o treści obszernej, które w całości zastępowały umowy licencyjne, zawierając również takie postanowienia, które nie stanowią treści umów licencyjnych, ani umów "know-how". W tym stadium naszych rozważań możemy określić umowy "know-how" jako umowy dotyczące nieopatentowanych i nieujawnionych rozwiązań zagadnienia technicznego oraz szczegółów postępowania techniczno-produkcyjnego odnośnie opatentowanych wynalazków.

Z uwagi na to, że "know-how" stało się dziś zasadniczym czynnikiem decydującym o szybkiej realizacji wynalazku - stawa ono dla tego, kto je posiada, często dość znaczną wartość ekonomiczną. Zakres pojęcia "know-how" jest bardzo szeroki. Można go podzielić na 4 zasadnicze grupy:

1. Rysunki, projekty, plany obiektów budowlanych, sposoby użycia, dokumentację techniczną, opisy, instrukcje technicznej obsługi, metody kontroli, sposoby wytwarzania np. materiałów budowlanych czy konstrukcji.
2. Szkolenie i staże techniczne, nadzór nad wznoszeniem obiektów budowlanych.
3. Dane o wynalazku opatentowanym nie figurujące w opisie, wynalazki posiadające zdolność patentową, ale nie opatentowane, wynalazki które nie zostały opatentowane we właściwym czasie, wzory użytkowe nierejestrowane.
4. Umiejętności, doświadczenia praktyczne kadry naukowo-technicznej np. w dziedzinie budowy obiektów.

Najogólniej rzecz ujmując, można powiedzieć, że przedmiotem umów "know-how" nie są opatentowane wynalazki względnie dane zawarte w opisie patentowym i zastrzeżeniach patentowych, lecz przeciwnie - nie opatentowane i nie ujawnione rozwiązania zagadnień technicznych oraz szczegóły postępowania techniczno-produkcyjnego lub też dotyczące wprawdzie opatentowanych wynalazków, ale nie ujawnione szczegóły rozwiązania zagadnień technicznych oraz postępowania techniczno-produkcyjnego. Umowy te związane są więc z informacjami dotyczącymi różnych wiadomości, doświadczeń, zabiegów oraz umiejętności postępowania, umożliwiających właściwe, poprawne działanie techniczno-produkcyjne.

Udostępnianie "know-how" zainteresowanemu kontrahentowi przybiera zazwyczaj formę sprzedaży lub kontraktu wzorowanego na umowie licencyjnej. Typowym składnikiem zobowiązania licencjodawcy "know-how" jest udostępnienie pewnej informacji handlowej lub produkcyjnej. Towarzyszy mu także z reguły

świadczenie usług w postaci przeszkolenia personelu licencjobiorcy, pomocy w uruchomieniu produkcji np. materiałów budowlanych, dostarczenia dokumentacji budowlanej, surowców. Licencjobiorca "know-how" zobowiązuje się do korzystania z przedmiotu licencji w sposób i w zakresie określonym w umowie, do uiszczania odpowiedniej zapłaty oraz przestrzegania obowiązków wynikających z poufnego charakteru uzyskanych informacji. Problem zachowania tajemnicy występuje już w stadium prowadzenia negocjacji. Z jednej bowiem strony potencjalny licencjobiorca nie może zawrzeć umowy bez oceny, a więc dostatecznie dokładnego poznania istoty pewnej receptury technologicznej, z drugiej zaś strony zachodzi niebezpieczeństwo załamania się pertraktacji w momencie, gdy adresat oferty pozna istotę pomysłu. W celu zabezpieczenia swych interesów dysponent "know-how" zawiera specjalne porozumienia wstępne przed przystąpieniem do pertraktacji. Innym sposobem zabezpieczenia tajemnicy jest powierzenie dokumentacji technicznej osobie trzeciej, cieszącej się zaufaniem obydwu stron. Osoba taka może zarówno oceniać wartość i użyteczność danego rozwiązania, jak i gwarantować przekazanie dokumentacji z chwilą dojścia do skutku umowy. Udostępnienie "know-how" zbyt szerokiemu gronu osób spowodować może utratę wszelkich korzyści przez posiadacza tajemnicy. Groźba taka może być następstwem udzielania zbyt wielkiej liczby licencji, opublikowania pomysłu przez niezależnego wynalazcę, czy wreszcie czynu osoby trzeciej, stanowiącego narządzie zaufania. W tym celu pożądane jest umieszczać w umowie klauzule zobowiązujące licencjobiorcę do zachowania tajemnicy oraz korzystania z informacji jedynie w sposób ustalony porozumieniem. Często klauzule te obciążają licencjobiorcę ryzykiem odpowiedzialności za wyjawienie informacji przez zatrudnionych przezeń pracowników oraz ustalają z góry wysokość lub sposób obliczenia należnego licencjodawcy w takich wypadkach odszkodowania umownego. W obrocie międzynarodowym z krajami socjalistycznymi podstawowym źródłem powstawania szczególnych sytuacji są uregulowane w drodze umów międzynarodowych tzw. ogólne warunki dotyczące różnych przedmiotów obrotu. Spomiędzy tych ogólnych warunków zwłaszcza ogólne dotyczące dostaw, przewidują typowe dla umów "know-how" klauzule, np. w sprawie obowiązku zachowania tajemnicy. W obrocie z krajami nieso-

cyjalistycznymi zawiera się umowy "know-how" w postaci o wiele wyraźniejszej.

O treści mających powstać stosunków prawnych decydują postanowienia zamieszczone w poszczególnych umowach, opierane w zasadzie na praktyce jaka wykształciła się między krajami kapitalistycznymi. Również i nasza ustawa o wynalazczości z dnia 19.10.1972 r. /Dz.U. Nr 43/72/ wprowadziła pojęcie niechronionych wynalazków i wzorów użytkowych stanowiących tajemnicę jednostki gospodarki uspołecznionej oraz pojęcie projektów racjonalizatorskich będących także tajemnicą jednostki gospodarki uspołecznionej /art.87 ust.2/ w/w ustawy. Dotychczas bardzo mało państw podjęło ochronę "know-how" w sposób adekwatny i pełny, chociaż stosuje się w niektórych przypadkach prawo dotyczące kontraktów, zwalczania nieuczciwej konkurencji itp. W związku z tym Izba Handlu Międzynarodowego ustanowiła i zaleca wprowadzenie w życie następujących dyspozycji:

- "know-how" przemysłowy - oznacza wiedzę stosowaną, metody i dane niezbędne dla efektywnego użycia i praktycznego zastosowania myśli technicznej,
- jeżeli "know-how" nie został ujawniony publicznie i jeżeli jego właściciel przedsięwziął wszystkie środki dla utrzymania go w tajemnicy, wówczas mamy do czynienia z "tajnym know-how"
- "tajny know-how" jest dobrem przedstawiającym wartość ekonomiczną i prawo powinno go chronić,
- za akt sprzeczny z prawem uważane jest stosowanie "know-how" bez zgody właściciela przez osoby, które znają jego tajny charakter lub które nie mogły nie wiedzieć, że "know-how" jest tajny,
- za akt nielegalny uważa się rozpowszechnianie lub przekazywanie "know-how" tajnego bez zgody właściciela,
- w przypadku rozpowszechniania lub przekazywania nielegalnego "know-how" osoba poszkodowana powinna mieć prawo wstrzymania wykorzystania tego "know-how" lub otrzymania odszkodowania albo też obu jednocześnie,

Powstaje więc pytanie: czy w praktyce życia codziennego właściciel "know-how" może z całą pewnością - nie stosując żadnych środków ostrożności - oferować, demonstrować, ujawniać



jego istotę? Odpowiedź na to pytanie jest negatywna. Złożyło się na to wiele przyczyn. Nie wyliczając wszystkich chciałbym skupić się jedynie na niektórych.

1. "Know-how" w zasadzie nie dotyczy produktu finalnego. Jak już stwierdzono we wstępie, zakres "know-how" jest bardzo szeroki, ale w głównej mierze polega on na ulepszeniach, udoskonaleniach sposobów produkcji, wzbogaceniu, uszlachetnieniu technologii. Są to elementy trudno wykrywalne. Nie ujawniają się one bowiem w dostrzegalnych gołym okiem cechach zewnętrznych produktu końcowego, ale w trakcie samego wytwarzania tego produktu. Nie wszyscy mają wgląd do procesu produkcyjnego, a więc trudno poznać sekret "know-how".
2. Jeżeli nawet stwierdzimy identyczność lub duże podobieństwo obcego do naszego "know-how", to nie zawsze można dowiedzieć, kto był pierwszym jego twórcą. Nie ma tutaj zasady zastrzeżonego pierwszeństwa, jak w przypadkach patentów lub wzorów. Badanie tych spraw jest skomplikowane i kosztowne nie każdy więc, nie mając pewności sukcesu, takie badania podejmie.
3. Trudno jest udowodnić, że "know-how" obcy jest identyczny z naszym. W przypadkach patentu można porównać wytwór z zastrzeżeniami patentowymi i wykazać, że wytwór nie mógł być inaczej wykonany jak za pomocą zastrzeżonych środków figurujących w patencie. W interesie stosującego "know-how" nielegalnie leży udowodnienie czegoś wręcz przeciwnego.
4. Jak wiadomo, szeroka publikacja "know-how" jest równoznaczna z ujawnieniem jego istoty, a więc daje możliwość wykorzystania go przez osoby trzecie.

Przez szeroką publikację rozumie się również sprzedaż produktów, których elementem jest "know-how" np. sposób montażu obiektu.

Eksport maszyn i urządzeń, ich wystawiennictwa są jakby naturalnymi sposobami rozpowszechniania "know-how", stwarzając przez to możliwości bezpłatnego wykorzystania go przez osoby trzecie. Nie ma jednak innej rady. Wiadomo bowiem, że nikt nie będzie czekał, w przypadku maszyn i urządzeń, aż sprzeda się "know-how" po to, aby następnie sprzedać maszyny i urządzenia. Zdarza się to rzadko i nie w Polsce.

Trudności te nie powinny jednak przesłaniać faktu, że w międzynarodowym handlu myślą techniczną, "know-how" zdobywa sobie dominującą pozycję. Przeszło 50 % umów licencyjnych dotyczy obecnie "know-how". Przedmiotem umów licencyjnych na "know-how" są przede wszystkim:

- dane do wynalazku opatentowanego nie figurującego w opisie, bez których trudno byłoby zrealizować przedmiot patentu, szczególnie z zakresu chemii,
- ulepszenie technologii wytwarzania produktów,
- usprawnienia konstrukcyjne,
- projekty, plany, modele, wzorce.

Jak wynika z danych Międzynarodowego Stowarzyszenia Własności Przemysłowej /AIPPI/, mimo istnienia ustawodawstwa częściowo chroniącego "know-how" przed uzurpatorami, fakty nielegalnego przywłaszczenia osiągnięć technicznych przez osoby trzecie są dość nagminne. Zdajemy sobie również sprawę z tego, że wywiad gospodarczy istniał i będzie istnieć mimo podejmowania przez Ligę Zwalczenia Nieuczciwej Konkurencji jak najlepszych w szych intencjach rezolucji i zaleceń.

## Literatura

1. Materiały z Konferencji Budapesztańskiej Międzynarodowego Stowarzyszenia Własności Przemysłowej /AIPPI/ w sprawie ochrony tajemnicy Know-how /1973/.
2. Sołtysiak S: Licencji na korzystanie z cudzych rozwiązań technicznych. Wydawnictwo Prawnicze 1970.
3. Ustawa o wynalazczości z dnia 19.10.1972 r./Dz.U.nr 43/.
4. Waliszko E.: Wybrane zagadnienia wynalazczości i ochrony patentowej. Bydgoszcz 1973.

## INTERNATIONAL TENDENCIES OF "KNOW-HOW" SECRET

## PROTECTION

## Summary

This work contains considerations concerning the necessity of "know-how" secret protection.

Till now a direct protection has been both impossible and unnecessary. At present it is indispensable in the interest of international "know-how" trade to eliminate certain steps such as agreements prior to contracts; first of all protection of "know-how" against any form of illicit use, disclosure and transfer.

The author feels it necessary to start investigations of certain concepts mixed into the "know-how" problems.

**МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ОХРАНЫ ТАЙНЫ****Резюме**

В работе представлены решения относительно необходимости сохранения тайны "Know-how". До сего дня косвенная охрана была как невозможна, так и не нужна. В настоящее время она необходима в интересах международной торговли

, целью которой является исключение некоторых действий - таких, как секретные соглашения заключенные до подписания договоров, а прежде всего, конечно, сохранение направленного против любой формы нелегального применения, выявления или их перевозок.

Автор считает, что следует начать исследовать некоторые тенденции касающиеся проблемы







Biblioteka Główna ATR  
w Bydgoszczy

Cz

596

28/6

1976