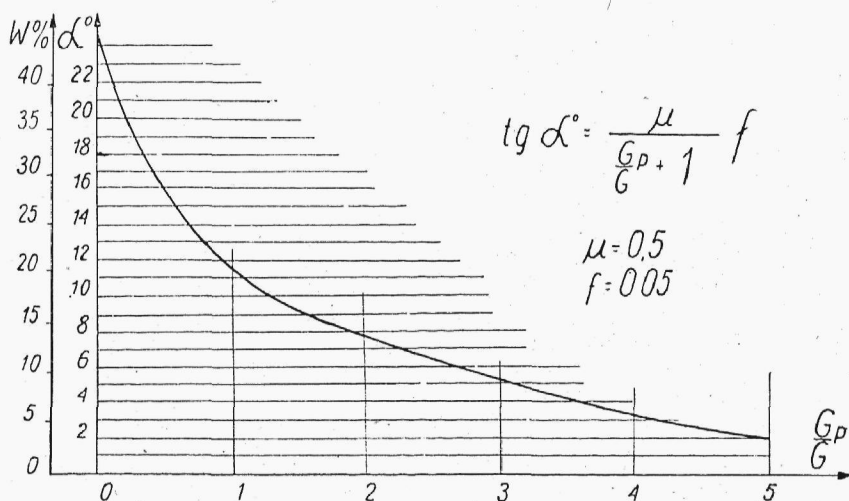


## KIERUNKI ROZWOJU KONSTRUKCJI SAMOCHODU TERENOWEGO

Zadaniem niniejszego referatu jest omówienie charakterystycznych cech obecnie stosowanych samochodów terenowych i wskazanie drogi, po której idzie lub winien iść, zdaniem autora referatu, rozwój konstrukcji samochodów terenowych w celu osiągnięcia jak największych taktyczno-technicznych możliwości tych samochodów.

Samochodem terenowym nazywamy pojazd mechaniczny silnikowy przystosowany do ruchu po drogach gruntowych i po bezdrożach, przewożący ładunek w głównej mierze na sobie. Zachodzi tu konieczność odróżnienia samochodu terenowego od ciągnika, który jest przystosowany przede wszystkim do ciągnięcia przyczep. Możliwości terenowe ciągnika ciągnącego przyczepę zależą w znacznym stopniu od ciężaru przewożonej przyczepy.



Rys. 1.

Na rys. 1 podany jest wykres przedstawiający wielkość maksymalnego wzniesienia, na jakie może wyjechać ciągnik z napędem na wszystkie koła, w zależności od stosunku ciężaru przyczepy do ciężaru ciągnika.

Na osi odciętych wykresu oznaczone są wielkości stosunku ciężaru przyczepy do ciężaru pojazdu.

Na osi rzędnych można odczytać podane w stopniach i procentach graniczne kąty wzniesienia, jakie może osiągnąć pojazd z przyczepą poruszający się ruchem jednostajnym.

Wykres ten został sporządzony dla współczynnika przyczepności równego 0,5 i współczynnika oporu toczenia 0,05, które to wartości odpowiadają średnim warunkom terenowym. Z przedstawionego wykresu

widać, że przy wzroście stosunku ciężaru przyczepy do ciężaru ciągnika następuje szybki spadek możliwości terenowych.

Aby nie zmniejszać nadmiernie możliwości terenowych pojazdu, stosunek ciężaru przyczepy do ciężaru pojazdu nie powinien być większy od jedności, a pożądane byłoby mieć ten stosunek możliwie mały.

Podana wyżej definicja samochodu terenowego nie obejmuje rodzaju mechanizmu jezdnego, mogą być zatem samochody terenowe kołowe, gąsienicowe i półgąsienicowe. W niniejszym referacie będę się jednak zajmował tylko tymi pierwszymi i pod nazwą samochód terenowy w dalszej części referatu należy rozumieć kołowy samochód terenowy.

Kołowe samochody terenowe zawdzięczają swoje istnienie wynalezieniu opon niskiego ciśnienia, tak zwanych opon balonowych.

Koniecznym warunkiem umożliwiającym jazdę po miękkim terenie jest uzyskanie niewielkiego nacisku jednostkowego kół na grunt. Nacisk jednostkowy kół na drogę jest w przybliżeniu proporcjonalny do ciśnienia w oponie. Obciążenie kół przenosi się na drogę w dużym stopniu przy pomocy ciśnienia powietrza, a tylko częściowo wchodzi tu w grę nośność samej opony. Nośność nie napompowanej opony dla opony niskiego ciśnienia o dużym przekroju jest stosunkowo niewielka.

Bieżnik opon samochodów terenowych winien posiadać odpowiednio ukształtowane występy, umożliwiające uzyskanie jak największej przyczepności opon do drogi, przy różnorodnych warunkach terenowych. Opony odpowiadające wyżej podanym warunkom nazywamy oponami terenowymi.

W celu uzyskania całkowitej siły przyczepności na wszystkich kołach, samochód terenowy winien posiadać napęd wszystkich kół.

Aby samochód terenowy poruszający się po złej drodze lub bezdrożu nie zaczął częściami podwozia lub nadwozia o nierówności terenu, winien on mieć dostatecznie duży prześwit, duże kąty wejścia i zejścia i niewielkie promienie prześwitu podłużnego i poprzecznego.

Zawieszenie samochodu terenowego winno umożliwiać równomierny rozkład nacisków na poszczególne koła w nierównym terenie. Mechanizmy podwozia i nadwozia samochodów terenowych winny być przystosowane do warunków pracy w terenie, w szczególności do przebywania głębokich brodów, do pracy przy niskiej temperaturze i w ciężkich warunkach atmosferycznych i klimatycznych.

W rezultacie można stwierdzić, że nowoczesny kołowy samochód terenowy winien posiadać:

1. Napęd na wszystkie koła.
2. Specjalne opony terenowe niskiego ciśnienia.
3. Elastyczne zawieszenie umożliwiające dostatecznie równomierny rozkład nacisków na koła.
4. Kształty podwozia i nadwozia przystosowane do jazdy w nierównym terenie.
5. Budowę mechanizmów i nadwozia przystosowaną do pracy w ciężkich warunkach terenowych i klimatycznych.

Pojazdy nie odpowiadające wyżej podanym warunkom nie mogą być zaliczone do kategorii terenowych. Na przykład: ciężkie trzyosiowe samochody lub autobusy z dwiema tylnymi osiami napędowymi zaliczane są czasem niesłusznie do kategorii samochodów terenowych. W danym przypadku konieczność budowy dwóch osi tylnych powstała na skutek przekroczenia dopuszczalnego przepisami drogowymi obciążenia jednej osi.

I jakkolwiek samochody takie mogą na ogół nieco lepiej poruszać się w terenie niż (o jednakowym nacisku na osie) samochody zwykle 2 osiowe, tym niemniej nie są one samochodami terenowymi.

Konstrukcję samochodu terenowego można w pewnym stopniu scharakteryzować przy pomocy kilkunastu liczbowych wskaźników konstrukcyjnych.

Na tablicy pierwszej przytoczone są niektóre wskaźniki dla kilkunastu najbardziej u nas znanych samochodów terenowych.

Analizując te wskaźniki można wyrobić sobie pewien pogląd na stopień zaawansowania w rozwoju tych konstrukcji i możliwości ich dalszego ulepszenia.

Omówimy najważniejsze wskaźniki charakteryzujące konstrukcję samochodu.

#### 1. Stosunek ciężaru ładunku do ciężaru całkowitego samochodu.

Stosunek ten będziemy dalej nazywać wskaźnikiem ładowności.

Liczba ta jest bardzo charakterystyczna dla oceny konstrukcji samochodu, co można łatwo stwierdzić, jeżeli zwrócimy uwagę na to, że właściwym przeznaczeniem samochodu terenowego jest przewożenie ładunku. Ciężar własny samochodu musimy traktować jako ciężar bezużyteczny i szkodliwy, który powinien być jak najmniejszy. Zmniejszenie ciężaru własnego samochodu odbija się korzystnie na szeregu właściwościach jak: nacisk jednostkowy na grunt, zużycie paliwa i właściwości dynamiczne. Poza tym przy obniżeniu ciężaru własnego samochodu, zmniejsza się zużycie surowców do jego produkcji i zwiększają się możliwości produkcyjne kraju, przy tym samym zapasie surowców.

Z tablicy pierwszej (1) widzieliśmy, że większość samochodów terenowych ma stosunkowo niski wskaźnik ładowności (około 35%). Wynika to z faktu oparcia ich konstrukcji na zespołach i elementach normalnych samochodów ciężarowych.

W tym przypadku ciężar własny pojazdu terenowego wypada większy od drogowego, gdyż dochodzi jeszcze szereg zespołów jak: skrzynkę rozdzielczą, wały napędowe, dźwigarka oraz przedni most napędowy, zamiast lżejszej osi przedniej. W samochodach 6 x 6 dochodzi jeszcze jeden most napędowy. Wiele z pozostałych części jest w warunkach jazdy terenowej mocniej obciążonych, co zmusza do obniżenia ładowności.

Przy zastosowaniu specjalnej konstrukcji samochodu terenowego można wskaźnik ładowności otrzymać prawie dwa razy wyższy, jak to wskazuje przykład jednej z eksperymentalnych konstrukcji powojennych.

#### 2. Stosunek maksymalnej mocy silnika do całkowitego ciężaru samochodu, jest to tak zwana moc jednostkowa samochodu. Wskaźnik ten określa pośrednio możliwości dynamiczne samochodu w założeniu prawidłowego doboru przełożeń w układzie napędowym.

W przypadku określonej szybkości maksymalnej wielkość mocy jednostkowej daje pewne pojęcie o wielkości przyspieszenia, drogi rozbiegu i szybkości samochodu w terenie, o ile ta ostatnia nie jest ograniczona niedostateczną jakością zawieszenia. Ze względu na konieczność uzyskania dużej średniej szybkości w terenie moc jednostkowa samochodów terenowych powinna być możliwie największa. Uzyskanie dużej wartości mocy jednostkowej w samochodzie terenowym przy znacznym wskaźniku ładowności nie jest łatwą sprawą, ze względu na rozbudowany układ napędowy. Z tego punktu widzenia wielkość mocy jednostkowej może

## DANE TECHNICZNE SAMO

L. p.	Typ samochodu Rodzaj wskaźnika	GAZ 63	ZIS 151	Studebaker US-6	International M56	Niemiecki zuni- fik.
1	Rodzaj samochodu	4 x 4	6 x 6	6 x 6	6 x 6	6 x 6
2	Ładowność lub ilość miejsc	1500	2500	25000	2500	2500
3	Ciężar całkowity	4780	7960	7005	7960	7500
4	Stosunek ładowności do ciężaru całkowitego w %	31,4	31,4	35,5	31,4	33,3
5	Moc silnika i obroty	70 2800				
6	Moc na 1 t. ciężaru	14,6	10,7	13,5	12,5	10,7
7	Maksymalna szybkość	65	70	70	70	70
8	Max. współcz. dynamiczny na biegu najwyższym	0,053	0,054			
9	Max. współcz. dynamiczny na biegu I.	0,6		0,65	0,65	0,60
10	Opony — wymiar	9,75—18	8,25—20	7,50—20	7,50—20	8,25—18
	ciśnienie	3	4/3	3,85		
11	Statyczna strzałka ugięcia resoru przedniego (mm)	89	62			
12	Statyczna strzałka ugięcia resoru tylnego (mm)	93				
13	Minimalny promień skrętu (m)	9	11,2			
14	Max. głębokość brodu (mm)					

## CHODÓW TERENOWYCH

Tablica 1

Deimler Benz	Opel Blitz	Feno- men	GAZ- 67B	GAZ-69	ZIS 42	DUKW 353	Star	Tatra
4 x 4	4 x 4	4 x 4	4 x 4 osob.	4 x 4 osob.	pół gąsienic	6 x 6	6 x 6	6 x 6
4500	3000	1500	4 osoby	50 osób 80 osób lub 500 kg	2250	2500		6500
10400	6200	3900	1780	1525 1535	7500	9000		14800
43	48	38,5			30	27,8		44
						90 2750		210 2250
10,7	11		30,2	36		10		14,2
66	82	72	90	90	45	65		65
			0,099					
0,45		0,56			0,75			
9,75—20	7,50—20	7,25—20	6,5—16	6,50—16		11,0—18		9,75 20
	3,5	3,5	1,5/2,2			0,85—3,0		6
							62	
		7		6				
800	440	600						

dawać pewne pojęcie o jakości rozwiązania konstrukcyjnego samochodu terenowego, w założeniu dostatecznie wysokiego wskaźnika ładowności i dostatecznej trwałości tego samochodu. Szacowanie średniej szybkości samochodu przy pomocy mocy jednostkowej daje oczywiście tylko przybliżone rezultaty. Na wielkość średniej szybkości samochodu ma znaczny wpływ rodzaj skrzyń biegów, dobór przełożeń, przebieg charakterystyki momentu, bezwładność silnika oraz wielkość mas obrotowych. Bardziej dokładny wskaźnik stanowi charakterystyka dynamiczna samochodu.

Jeszcze pełniejsze wyniki można by uzyskać przy pomocy charakterystyki przyspieszeń. Krzywa drogi rozbiegu daje wynik charakteryzujący dynamikę samochodu uwzględniając wpływ charakterystyki silnika i rodzaju układu napędowego. Ze względu jednak na prostotę ujęcia, moc jednostkowa jest wygodnym wskaźnikiem umożliwiającym porównanie właściwości dynamicznych samochodów.

Jak wynika z tablicy 1 moc jednostkowa w większości obecnie stosowanych samochodów terenowych zawiera się w granicach od 10—15 KM na tonę z wyjątkiem samochodów osobowych GAZ-67 i 69 o znacznie wyższej mocy jednostkowej, przekraczającej 30 KM na tonę.

W związku z tym szybkości maksymalne tych samochodów na ogół nie przekraczają 70 km/godz. Wielkość tę można by jeszcze uznać za wystarczającą, ale szybkość tych samochodów w ciężkim terenie i na piaszczystej drodze, a szczególnie przy pokonywaniu nawet niewielkich wzniesień jest zdecydowanie niedostateczna.

Samochodowi terenowemu należy postawić warunek, aby mógł on poruszać się z szybkością 80 km/godz. po drodze o współczynniku oporu 0,03 i z szybkością 50 km/godz. po drodze o współczynniku oporu 0,05 i wzniesieniu 5%.

Oba te warunki prowadzą do mocy jednostkowej około 25 KM/tonę.

Z doświadczenia autora wynika, że moc jednostkową leżącą w granicach 25—30 KM/tonę można uznać w naszych warunkach terenowych za dostateczną.

Na szybkość samochodu w terenie ma znaczny wpływ jego zawieszenie. Zagadnienie oceny zawieszenia jest bardzo skomplikowane i wymaga jeszcze przeprowadzenia wielu prac badawczych. Pewne zasady doboru właściwości zawieszeń zostaną podane w dalszej części referatu. W tablicy 1 wskazane są wielkości statycznych strzałek ugięcia niektórych samochodów terenowych.

Danych na temat zawieszeń samochodów terenowych na ogół brakuje.

Można jednak stwierdzić, że resorowanie większości samochodów terenowych nie odpowiada swemu przeznaczeniu i ogranicza szybkość tych samochodów w terenie. Szczególnie dotyczy to sztywnych osi przednich. Na skutek tego dla istniejących konstrukcji nie zachodzi potrzeba zwiększania mocy jednostkowej, a przy małej mocy jednostkowej i wady zawieszenia nie występują zbyt wyraźnie. Stąd płynie wniosek, że sprawy te winny być rozpatrywane łącznie i tylko wtedy możliwe jest efektywne zwiększenie średniej szybkości w terenie.

Zwrotność samochodów terenowych określona przy pomocy minimalnego promienia skrętu należy na ogół uznać za wystarczającą.

Dla zwiększenia zwrotności w niektórych typach samochodów terenowych była przewidziana możliwość skrętu wszystkich kół. Wadą tego rozwiązania jest skomplikowana budowa układu kierowania. Rozwiązania takiego w nowych typach samochodów terenowych nie stosuje się.

Oprócz wymienionych wyżej duże znaczenie mają te czynniki konstrukcyjne, które wpływają na pewność działania i łatwość prowadzenia samochodu oraz na łatwość obsługi i wielkość wkładu pracy i surowców na zaopatrywanie samochodu terenowego i utrzymanie go w stanie ruchu.

Niestety, odpowiednio wskazać z wyjątkiem wielkości zużycia paliwa i smarów są trudne do określenia zawczasu. Ocena samochodów pod tym względem wymaga długotrwałych prób eksploatacyjnych, przeprowadzonych na dużych partiach samochodów.

Niniejszy referat nie pretenduje do wyczerpującego ujęcia wszystkich czynników konstrukcyjnych i do wykazania ich wpływu na wskaźniki eksploatacyjne samochodów terenowych.

Ma on jedynie na celu wskazanie kierunków rozwoju samochodów terenowych i ich mechanizmów i w miarę możliwości podanie wyników, jakie będzie można otrzymać na drodze ulepszeń konstrukcji samochodów terenowych i ich mechanizmów.

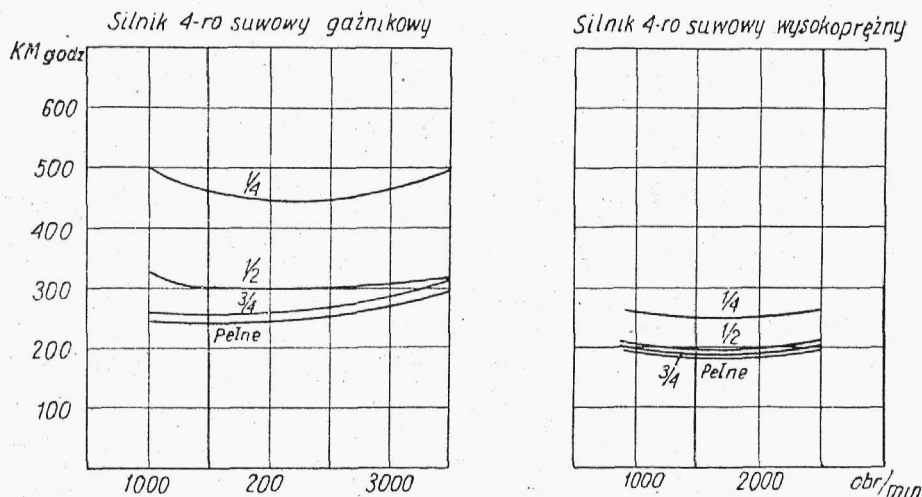
Przechodzę zatem do omówienia możliwości rozwoju poszczególnych układów, zespołów i mechanizmów samochodu terenowego.

### I. Silnik samochodu terenowego

Powyżej stwierdziliśmy, że nowoczesny samochód terenowy winien rozporządzać mocą jednostkową wynoszącą około 25 KM/tonę. Przy jeździe w kolumnie i po dobrych drogach samochód nie będzie potrzebował tak znacznej mocy i stopień obciążenia jego silnika będzie niewielki. Nie przekroczy on 50%.

Okoliczność ta specjalnie predestynuje do napędu samochodów terenowych w silniki wysokoprężne. Silniki wysokoprężne zachowują dość dużą sprawność przy małym obciążeniu w przeciwieństwie do silników gaźnikowych, których sprawność przy spadku obciążenia znacznie się obniża.

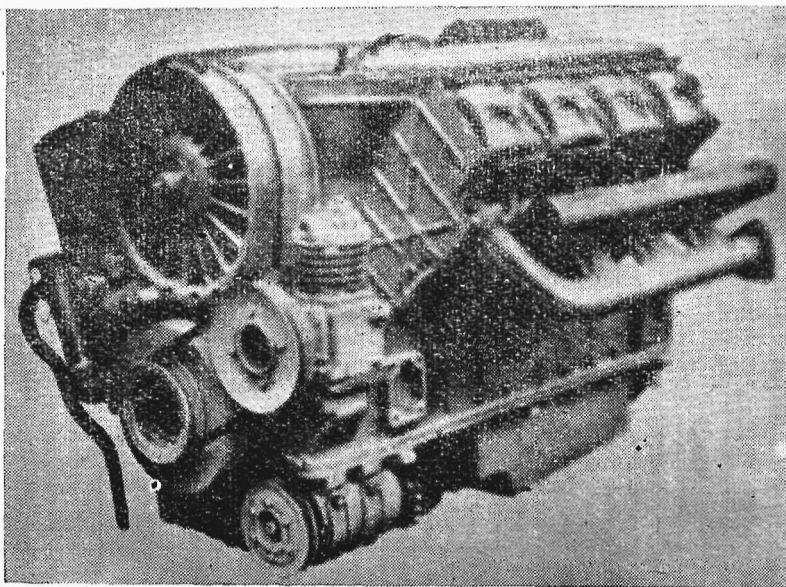
#### *Wykresy jednostkowego zużycia paliwa przy różnych obciążeniach silników*



Rys. 2

Na rys. 2 podane są krzywe zużycia paliwa przy niepełnym obciążeniu dla silników wysokoprężnych i gaźnikowych.

Z podanych wykresów widać, że dla przykładu: przy obciążeniu 25% jednostkowe zużycie paliwa dla silnika wysokoprężnego jest dwukrotnie mniejsze niż dla gaźnikowego. Ze względu na możliwość uzyskania mniejszego ciężaru silnika wraz z instalacją chłodzącą, większej pewności działania i prostoty obsługi, należałoby zastosować do samochodów terenowych silniki wysokoprężne chłodzone powietrzem. Nowoczesne silniki wysokoprężne chłodzone powietrzem są lżejsze od silników chłodzonych wodą, zajmują znacznie mniej miejsca — co przy konstrukcji pojazdu jest specjalnie ważną zaletą, a ich system chłodzenia jest niewrażliwy na zmiany temperatury i znacznie mniej narażony na uszkodzenia. Silniki te znajdują coraz większe zastosowanie w samochodach ciężarowych, nawet szereg typów ciągników rolniczych budowanych w dużych seriach jest już obecnie zaopatrzone w silniki wysokoprężne chłodzone powietrzem.



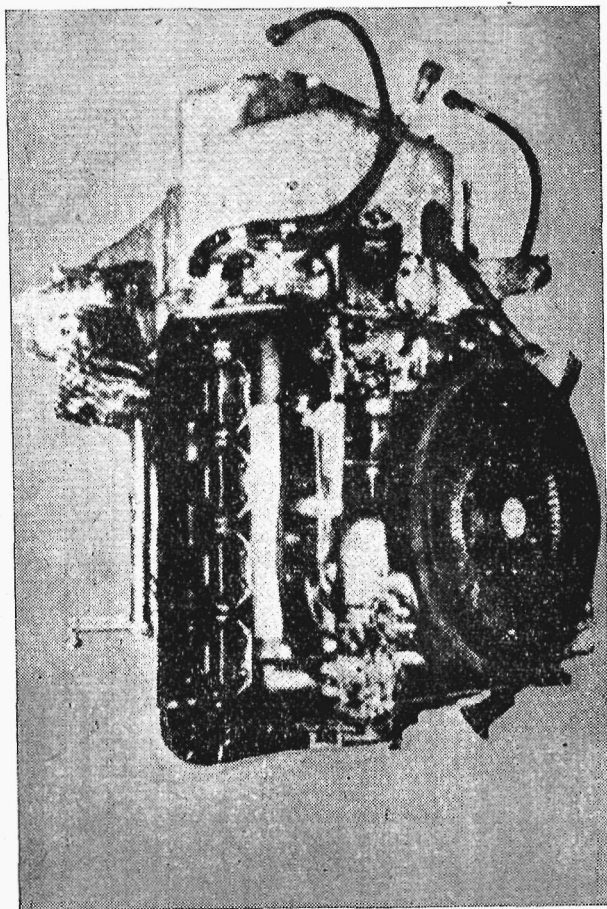
Rys. 3

Na rysunku 3 pokazany jest jako przykład nowoczesny silnik chłodzony powietrzem o mocy 175 KM przy 2250 obrotach na minutę. Zużycie paliwa dla tego silnika wynosi 185 gramów na KM/godz. Ciężar jego wynosi 850 kg. Odznacza się on bardzo zwartą budową i stosunkowo niewielkimi wymiarami.

Należy wskazać, że przy zastosowaniu silnika chłodzonego powietrzem nie ma konieczności przestrzegania konwencjonalnych form konstrukcyjnych stosowanych w silnikach chłodzonych wodą. Wodny system chłodzenia miał bowiem pewien wpływ na ukształtowanie się istniejącej obecnie konstrukcji silników samochodowych i na sposób umieszczania tych silników w samochodzie. System bezpośredniego chłodzenia silników powietrzem stwarza mniej ograniczeń dla konstruktora samochodu

i umożliwia nowe rozwiązania konstrukcji silnika i sposobu jego umieszczenia w samochodzie.

Ciekawe rozwiązanie silnika chłodzonego powietrzem, w danym przypadku gaźnikowego, przedstawia rys. 4. Zaś sposób umieszczenia tego silnika w samochodzie pokazany jest na rys. 5.

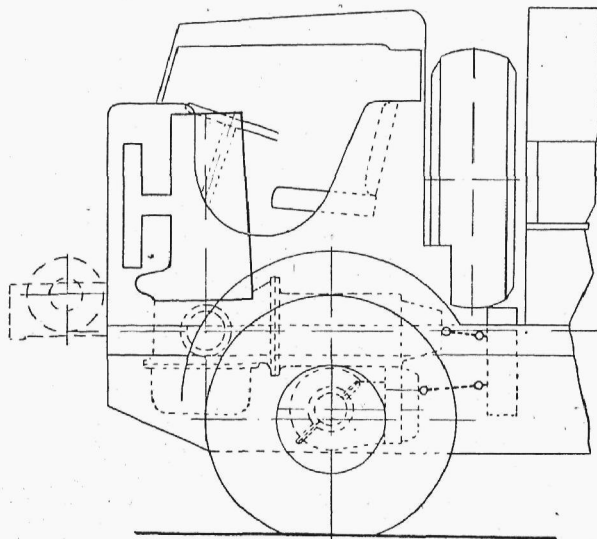


Rys. 4

Jak widać z rysunku, jest to silnik o układzie „bokser“ z wałem korbowym ustawionym pionowo. Silnik ten umieszczony jest w samochodzie na miejscu chłodnicy wodnej normalnego samochodu. Napęd z wału korbowego silnika przenoszony jest na wał skrzyni biegów za pośrednictwem kół zębatach stożkowych. Takie ustawienie silnika pozwala skrócić budkę kierowcy i cały pojazd i daje wygodne rozłożenie mas. Chłodzenie silnika jest bardzo dobre, gdyż w tym celu wykorzystany jest dodatkowo ruch samochodu tak jak i przy chłodzeniu wodnym. Samochód terenowy eksperymentalny zaopatrzony w taki silnik pokazany jest na rys. 6.

Rozpatrzmy obecnie zagadnienie zastosowania turbiny spalinowej do napędu samochodów terenowych. Szybki rozwój turbiny spalinowej w lotnictwie, gdzie wypiera ona z roku na rok coraz bardziej silnik tłokowy,

spowodował zainteresowanie się konstruktorów samochodowych tym rodzajem silnika. Na drodze powszechnego zastosowania turbiny spalinowej do napędu samochodów, stoi jeszcze szereg trudności, lecz pojedyncze egzemplarze takich samochodów są już budowane i badane.



Rys. 5



Rys. 6

Turbina spalinowa ma szereg poważnych zalet w stosunku do silników tłokowych, lecz ma też jeszcze i poważne wady.

Do zalet turbiny spalinowej należą:

1. Duży moment rozruchowy i bardzo dogodny przebieg krzywej momentu obrotowego w funkcji obrotów — przy spadku obrotów od

maksymalnych do zera moment obrotowy turbiny wzrasta około dwóch razy.

2. Niewrażliwość na gatunek paliwa.
3. Niezwykle łatwy i niezawodny rozruch w każdych warunkach klimatycznych (czas trwania rozruchu turbiny spalinowej wynosi 20 sek.).
4. Brak konieczności stosowania sprzęgła i mała ilość potrzebnych biegów (dla samochodów osobowych dwa biegi na przód i jeden tylny, dla samochodów ciężarowych i terenowych trzy biegi na przód i jeden tylny).
5. Mały ciężar. W stosunku do silnika tłokowego uzyskuje się dużą oszczędność ciężaru silnika i układu napędowego.

Obliczenia przeprowadzone dla 30-tonowego samochodu ciężarowego wykazały łączną oszczędność ciężaru wynoszącą 55,5%. Zestawienie porównawcze ciężaru silnika i instalacji w przypadku zastosowania silnika wysokoprężnego o mocy 180 KM, chłodzonego wodą lub turbiny spalinowej o tejże mocy podane jest na tablicy 2.

Tabl. 2

**PORÓWNANIE CIĘŻARÓW SILNIKA WYSOKOPRĘŻNEGO  
I TURBINY SPALINOWEJ WRAZ Z NAPĘDEM**

	Silnik wysokoprężny kG.	Turbina kG.
Silnik	900,00	118,000
Sprężarka		18,200
Filtr paliwa		4,320
Filtr powietrza		
Zawieszenie silnika		4,350
Chłodnica wodna	83,00	
Woda chłodząca	60,00	
Olej	18,00	
Chłodnica oleju		3,750
Zbiornik paliwa	44,00	174,000
Akumulatory	112,00	63,500
Rura wylotowa	46,00	56,700
Sprzęgło, skrzynia biegów, wał napędowy	441,000	273,100
Tłumik dźwięku, izolacja		26,700
Razem:	1704,00	763,00
Zysk ciężaru		941,000
Ciężar ogólny w %	100%	44,5%

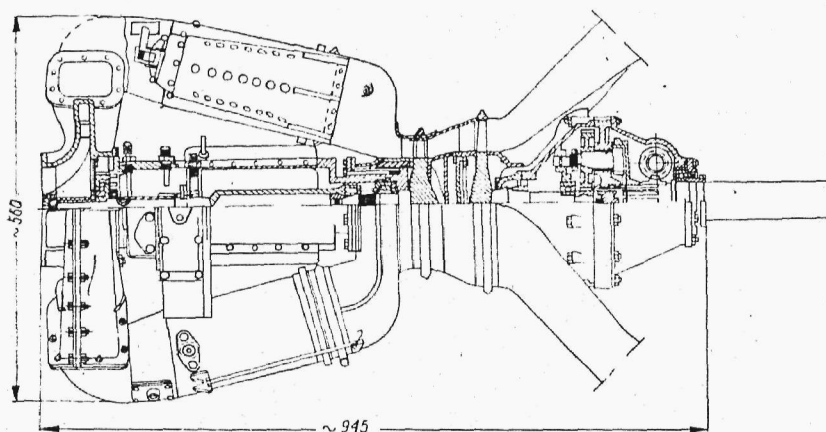
6. Bardzo prosta budowa i brak tracących się części, ogólna ilość części eksperymentalnej samochodowej turbiny spalinowej (bez części normalnych) wyniosła około 220, co stanowi około 6 razy mniejszą ilość niż dla wysokoprężnego silnika tłokowego (1400). Niezwykle mała

jest ilość części pasowanych obrotowo. Wynosi ona 16, wobec 135 w silniku wysokoprężnym.

7. Mała objętość przestrzeni silnikowej. Objętość zajmowana przez turbinę spalinową jest około 6 razy mniejsza od objętości zajmowanej przez silnik wysokoprężny tej samej mocy.

Wady obecnie istniejących turbin samochodowych są następujące:

1. Bardzo duże zużycie paliwa, szczególnie przy małym obciążeniu i przy biegu luzem.
2. Duże ilości zasysanego powietrza i spalin wylotowych. Dla turbiny spalinowej o mocy 180 KM maksymalna ilość zasysanego powietrza wynosiła 1,6 kg/sek. Jest to ilość około 8 razy większa niż dla silnika tłokowego tej samej mocy. Wymaga to dużych przekroji przewodów ssących i wylotowych oraz tłumika o dużej objętości.
3. Duży wpływ zmiany temperatury otoczenia na uzyskiwaną moc.
4. Niemożność użycia silnika do hamowania pojazdu na dużych spadkach. Pociąga to za sobą konieczność rozbudowania hamulcy.



Rys. 7

Na rysunku 7 pokazany jest przekrój eksperymentalnej turbiny spalinowej o mocy 180 KM zastosowanej do samochodu ciężarowego. Postawione wymiary ogólne dają pojęcie o wielkości tej turbiny.

Na rysunku 8 podany jest wykres momentu obrotowego, mocy efektywnej i jednostkowego zużycia paliwa w funkcji obrotów wału wyjściowego, przy różnych obrotach sprężarki.

Turbina ta składa się ze sprężarki odśrodkowej wykonującej do 36 000 obrotów/min. sprężającej powietrze do ciśnienia około 3,5 atm. Sprężone powietrze przedostaje się do dwóch dysz, w których umieszczone są wtryskiwacze.

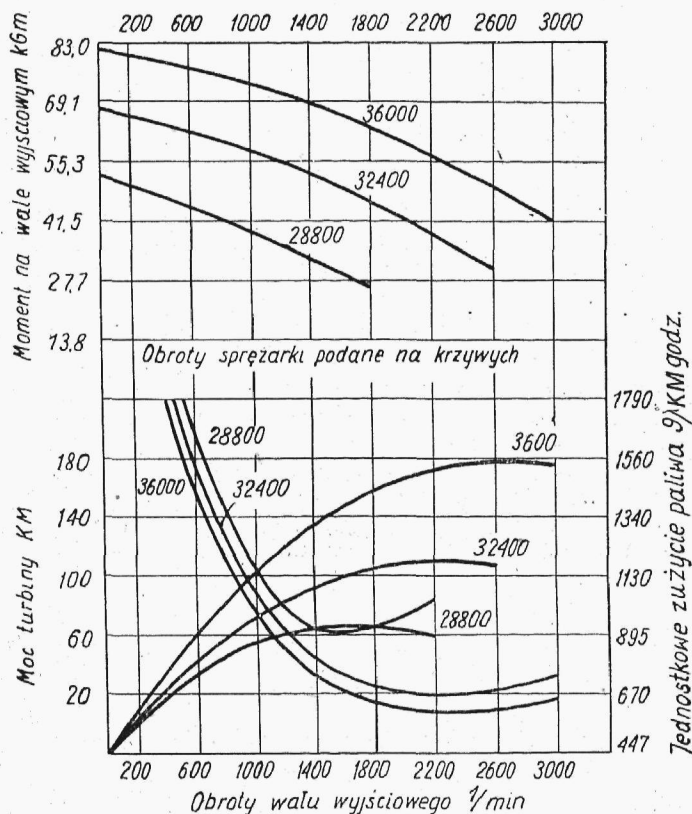
Temperatura spalania dochodzi do  $2\,000^{\circ}\text{C}$  w pobliżu wtryskiwacza. Dalej spaliny mieszają się z dodatkowym powietrzem dochodzącym przez otwory w dyszy i temperatura spalin przed wirnikiem pierwszego stopnia spada do  $800^{\circ}\text{C}$ . Wirnik pierwszego stopnia napędza sprężarkę i wykonuje do 36 000 obr./min.

Moc użyteczna odbierana jest z wirnika drugiego stopnia turbiny, który wykonuje do 23 000 obr./min. Obroty te redukowane są następnie w dwustrumieniowej przekładni o osiach stałych dającej ogólne przełożenie 9,06.

Przy rozruchu turbiny wirnik sprężarki uruchamia się przy pomocy rozrusznika elektrycznego. Zapalanie następuje przy około 15 000 obrotów sprężarki na minutę. Wirnik drugiego stopnia jest w tym czasie nieruchomy, gdyż jest on związany z mechanizmami napędowymi samochodu.

Ruszanie samochodu z miejsca następuje w chwili, gdy wskutek zwiększenia dawki paliwa i wzrostu obrotów sprężarki moment na wale turbiny przekroczy moment oporów samochodu. Ruszanie nastąpi płynnie

*Wykres momentu obrotowego, mocy i jedn. zużycia  
turbiny spalinowej o mocy 180 KM*



Rys. 8

podobnie, jak w przypadku zastosowania sprzęgła hydrokinetycznego. Zmiana biegów musi się odbywać przy pomocy urządzeń ciernych, na skutek dużej energii kinetycznej mas wirujących.

Z rozpatrzenia krzywych momentu obrotowego na rys. 8 widzimy, że moment obrotowy wzrasta prawie dwukrotnie przy spadku obrotów do zera. Wykorzystywać ten zwiększony moment możemy jedynie przy ruszaniu, gdyż okupiony on jest niezwykle dużym zużyciem paliwa. Przy stosunkowo płaskim przebiegu krzywej jednostkowego zużycia mamy jednak wzrost momentu o około 70%. Uzyskujemy trzykrotnie większy

wzrost momentu niż dla silnika tłokowego gaźnikowego, a przeszło 4-krotnie większy niż dla silnika wysokopięrznego. Jest to niezwykle cenna zaleta turbiny spalinowej.

Najtrudniejsza do usunięcia wada turbiny spalinowej jest także widoczna z przedstawionego wykresu; jest to bardzo znaczne, jednostkowe zużycie paliwa. Najniższe jednostkowe zużycie paliwa wynosi dla tej turbiny około 600 gramów na KM/godz. Przy takim zużyciu jednostkowym średnie zużycie paliwa przez samochód będzie około 4 razy wyższe niż w przypadku zastosowania silnika wysokopięrznego.

(Należy tu wziąć pod uwagę bardziej płaski przebieg krzywej jednostkowego zużycia dla silnika wysokopięrznego). Przy ocenie możliwości zastosowania do samochodów turbiny spalinowej trzeba wziąć pod uwagę, że postęp w konstrukcji turbin spalinowych idzie milowymi krokami, zaś przedstawiona turbina została zaprojektowana i wykonana 5 lat temu. Turbina ta nie ma podgrzewania powietrza gazami spalinowymi, zaś podgrzewanie powietrza podnosi znacznie sprawność ogólną turbiny. Poza tym spręż powietrza jest w tej turbinie stosunkowo mały, co też ujemnie wpływa na sprawność. Wykonywane obecnie turbiny lotnicze wykazują już sprawność ogólną, zbliżającą się do sprawności silników tłokowych. Zatem można już w stosunkowo bliskiej przyszłości oczekiwać stosowania turbin spalinowych jako silników samochodowych. Trzeba przy tym zauważyć, że silnik spalinowy samochodów osobowych osiągnął taką precyzję działania i bezszumność pracy oraz brak wibracji, że turbina spalinowej nie łatwo będzie pod tym względem mu sprostać. W samochodach ciężarowych znówu na pierwsze miejsce wysuwa się ekonomia zużycia paliwa. Zalety turbiny spalinowej dla napędu samochodów terenowych są tak wielkie, jeżeli wziąć pod uwagę niezawodny i szybki rozruch, doskonałe właściwości trakcyjne, mały ciężar i objętość oraz niewrażliwość na gatunek i czystość paliwa, że pewnie będzie można pogodzić się z pewną nadwyżką zużycia paliwa. Zastosowanie turbiny spalinowej do samochodów terenowych wymaga szeregu badań, dociekań i doświadczeń. Zadanie, jakie postawił sobie autor referatu, polega tylko na podkreśleniu wagi tego problemu i jego aktualności, być może w niedalekiej już przyszłości.

W tej chwili za najlepszy zasadniczo silnik do samochodów terenowych należy uznać wysokopięrny silnik tłokowy chłodzony powietrzem. Wadą tego silnika jest jego trudny rozruch. Jednak w przyszłości wadę tę można będzie znacznie zmniejszyć lub usunąć.

## **II. Układ napędowy samochodów terenowych**

Średnia szybkość jaką samochód może osiągnąć w terenie zależy w dużym stopniu od rodzaju zastosowanej skrzyni biegów, jak również od właściwego doboru przełożeń. Chodzi tu o możność wyzyskania jak największej mocy silnika w każdej sytuacji drogowej. Wyzyskanie pełnej mocy silnika umożliwia uzyskiwanie dużych przyspieszeń pojazdu i jazdę z jak najwyższą szybkością. Zmiana biegów przy zastosowaniu skrzynki biegów o kołach przesuwanych jest podczas jazdy w terenie bardzo utrudniona, gdyż z chwilą wyłączenia napędu wskutek dużych oporów ruchu, samochód prawie natychmiast się zatrzymuje.

Na zmianę biegu pozostaje kierowcy bardzo mało czasu. Jeżeli znajduje się on w trudnej i niebezpiecznej sytuacji, to w obawie przed zatrzymaniem się samochodu i ugrzęśnięciem, woli nie zmieniać biegów i jechać na stosunkowo niskim biegu z dużym zapasem siły napędowej.

Tym samym nie wykorzystuje on należycie mocy silnika i jedzie z mniejszą szybkością, niż powinien w danych warunkach, niszczy silnik i przekładnie i zużywa dużo paliwa. Należy zatem ułatwić kierowcy przełączanie biegów i w miarę możliwości uwolnić go od nadmiernych manipulacji przy prowadzeniu pojazdu, a umożliwić mu skoncentrowanie uwagi na obserwację drogi i terenu.

Z podanych względów sprawa ulepszenia konstrukcji mechanizmów napędowych jest dla samochodów terenowych szczególnie ważna. W stosunku do obecnie istniejących u nas konstrukcji mechanizmów ze sprzęgłem ciernym i skrzynką biegów z kołami przesuwными istnieje szereg lepszych rozwiązań sprawdzonych już i wypróbowanych w innych rodzajach samochodów. Rozpatrzę te rozwiązania kolejno od najprostszych aż do najdalej idących.

Przy przyjętej kolejności na pierwszym miejscu należy wymienić sprzęgło hydrokinetyczne wraz z dodatkowym sprzęgłem ciernym i skrzynkę biegów z całkowitą synchronizacją przełączania biegów, z kołami stale zazębianymi, z wyjątkiem kół pierwszego i wstecznego biegu.

Zalety takiego rozwiązania przekładni są powszechnie znane i taka jest budowa napędu samochodu osobowego ZIM.

Przy zastosowaniu sprzęgła hydrokinetycznego do samochodów terenowych osiągamy szereg korzyści:

1. Zmniejszenie naprężeń dynamicznych w mechanizmach układu napędowego, a wskutek tego wzrost ich trwałości.
2. Odpada możliwość zgaszenia silnika w trudnych warunkach terenowych, przy jego przeciążeniu.
3. Płynny wzrost siły napędowej na kołach przy zmianie obciążenia.

Korzyści te są dosyć znaczne. Obawa przed zagaszeniem silnika i ewentualną trudnością jego ponownego uruchomienia wpływa w trudnych warunkach jazdy deprymując na kierowcę i powoduje skłonność do jazdy na zbyt niskim biegu.

Należy też oczekiwać pewnego wzrostu możliwości terenowych samochodu, zaopatrzonego w sprzęgło hydrokinetyczne wskutek płynnego narastania siły napędowej przy zmianie obciążenia, a tym samym zmniejszenie możliwości zrywania górnej warstwy gruntu.

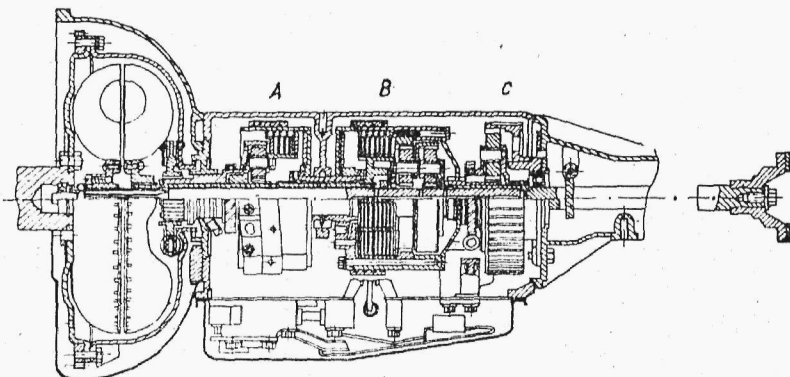
Przy zastosowaniu sprzęgła hydrokinetycznego można zmniejszyć ogólne przełożenie na biegu pierwszym. Przyjęte obecnie wymaganie, by samochód terenowy mógł wykonywać wzniesienia 60% wydaje się być wygórowane. Z wykresu podanego na rysunku pierwszym widać, że samochód bez przyczepy przy przeciętnych warunkach terenowych może pokonywać wzniesienie 45%. Zmniejszenie przełożenia na biegu pierwszym winno odbić się korzystnie na ciężarze przekładni i przy dostatecznej dużej mocy jednostkowej pozwoli na zmniejszenie ilości biegów.

Zastosowanie synchronizatorów znakomicie zmniejszy czas przełączenia biegów i zmniejszy możliwość zatrzymania się samochodu przy zmianie biegu w ciężkim terenie. Omówiona konstrukcja mechanizmów napędowych winna być w pierwszej kolejności wypróbowana w budowanych u nas samochodach terenowych. Prace naukowo-badawcze z tego zakresu również powinny być podjęte.

Następnym z kolei rozwiązaniem jest skrzynka biegów stopniowa z częściową lub całkowitą automatyzacją przełączenia biegów. Częściowo zautomatyzowanym nazwiemy urządzenie, w którym kierowca daje tylko

impuls do przełączenia na określony bieg przez odpowiednie przesunięcie dźwigienki, zaś sam proces zmiany biegu odbywa się automatycznie. Urządzeniem całkowicie zautomatyzowanym nazwiemy takie, przy którym kierowca jest uwolniony od funkcji przełączenia biegów, zaś urządzenie to samo przełącza biegi w zależności od położenia pedału gazu, od szybkości jazdy i oporów drogowych. Do automatycznego przełączenia nadają się specjalnie przekładnie planetarne, w których zmiana biegów odbywa się przez zahamowanie odpowiednich kół.

Na rys. 9 przedstawiona jest całkowicie automatyczna planetarna skrzynka biegów z równolegle włączonym sprzęgłem hydrokinetycznym. Posiada ona cztery biegi do przodu i jeden do tyłu. Biegi do przodu uzyskiwane są za pośrednictwem dwóch łączonych szeregowo mechanizmów planetarnych (A i B rys. 9).



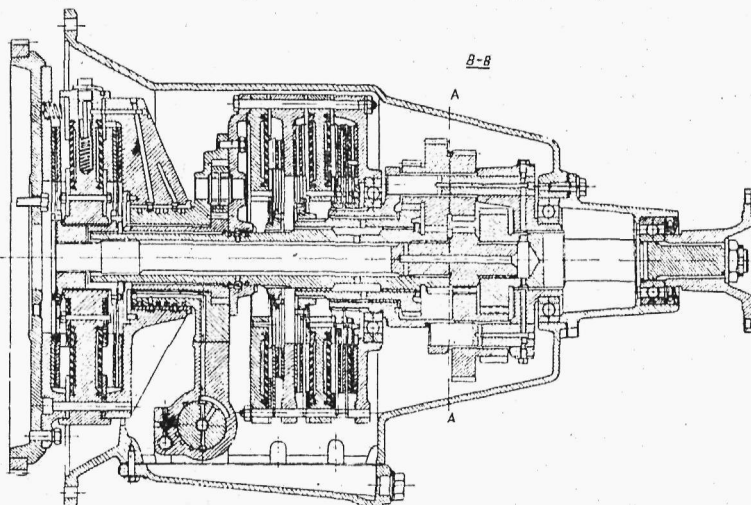
Rys. 9

Mechanizmy te przy biegu bezpośrednim są zablokowane, przy biegu trzecim pracuje tylko mechanizm pierwszy (A), zaś przy drugim biegu tylko mechanizm drugi (B). Bieg pierwszy uzyskuje się przez łączną pracę obydwóch mechanizmów planetarnych. Mechanizm planetarny (B) jest mechanizmem podwójnym, zamkniętym i służy także przy uzyskiwaniu biegu wstecznego, łącznie z dodatkowym mechanizmem planetarnym wstecznego biegu (C). W przekładni tej zastosowane jest sprzęgło hydrokinetyczne włączone równolegle do mechanizmu planetarnego. Wskutek takiego umieszczenia sprzęgła hydrokinetycznego, przenoszony przez nie moment jest inny na każdym biegu. Inne są również jego obroty. Na biegu bezpośrednim sprzęgło to przenosi około 40% momentu silnika, (przy przełożeniu drugiego biegu o wielkości około 2,5). Więc straty poślizgu są bardzo małe. Na biegu pierwszym sprzęgło hydrokinetyczne przenosi większy moment niż moment silnika i ma mniejsze obroty niż silnik. Daje ono wtedy duży poślizg, co jest w tym przypadku korzystne ze względu na płynność rozruchu pojazdu. Hamulce i sprzęgła cierne w tej skrzynce są sterowane hydraulicznie.

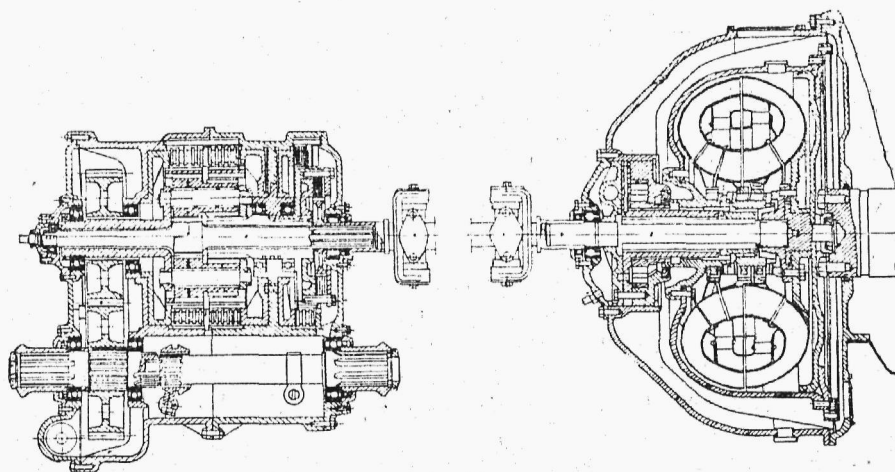
Na rysunku 10 pokazana jest skrzynka planetarna nieco odmiennej konstrukcji, o czterech biegach do przodu i jednym do tyłu. Składa się ona ze stosunkowo prostego układu planetarnego i szeregu sprzęgieł ciernych sterowanych hydraulicznie, umożliwiających różny sposób włączania przekładni planetarnych.

Zagadnienie automatycznego przełączania biegów jest zupełnie zadowalająco rozwiązane w zastosowaniu do samochodów drogowych. Zasto-

sowanie automatycznych skrzynek biegów do samochodów terenowych wymaga jednak przeprowadzenia szeregu prób i badań. Ze względu na szybką zmianę wielkości oporów drogowych przy jeździe terenowej, zachodzi obawa powstawania cyklicznej zmiany biegów przy jeździe w granicznych warunkach, co może bardzo niekorzystnie wpłynąć na trwałość przekładni i powodować drgania w układzie napędowym.



Rys. 10



Rys. 11

Zastosowanie przełączenia półautomatycznego nie nasuwa z góry żadnych zastrzeżeń teoretycznych i może być jak najbardziej zalecane.

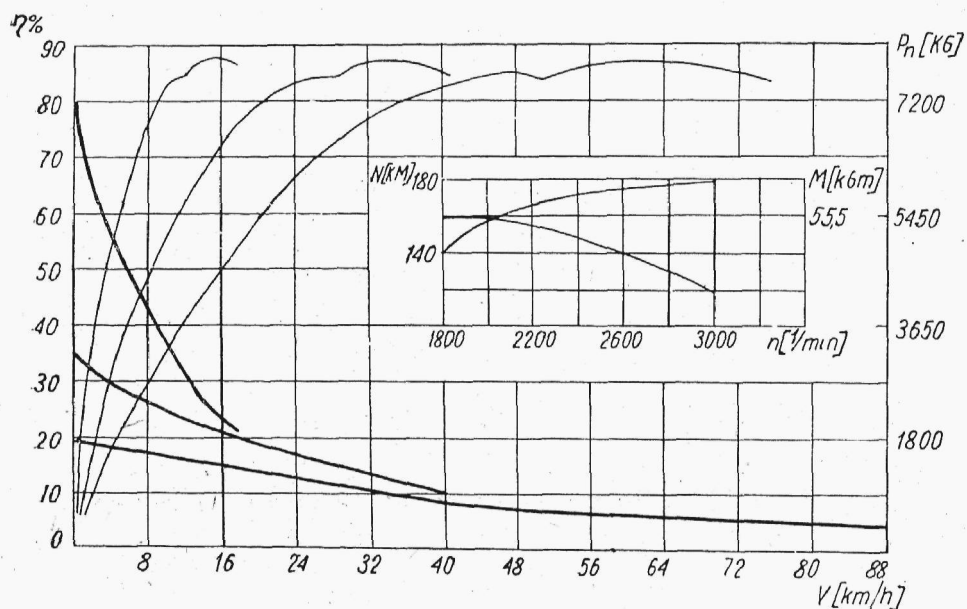
Ostatnim etapem rozwoju konstrukcji skrzynek biegów jest automatycznie działająca przekładnia ciągła. Istnieje możliwość zbudowania ciągłej przekładni mechanicznej o ruchu impulsywnym lub mechanicznej ciernej.

Pierwsza z nich okazała się niepraktyczna, druga jednak przedstawia niezbadane jeszcze dostatecznie możliwości zastosowania. Przekładnie ciągłe elektryczne nie znalazły szerszego zastosowania w samochodach

z wyjątkiem kilku typów autobusów, na przykład ZIS-154. Szersze zastosowanie znalazły one w lokomotywach spalinowych. Wadą tych przekładni jest duży ciężar i stosunkowo mała sprawność (nie przekraczająca 80%).

W budowie samochodów szersze zastosowanie znalazły jedynie ciągle przekładnie hydrauliczne, które należy ściślej określać jako hydrokinetyczne w odróżnieniu od przekładni hydrostatycznych, które stosowane są do napędu posuwu obrabiarek do skrawania metali.

Na rysunku 11 przedstawiona jest samochodowa przekładnia hydrokinetyczna z szeregowo włączoną trzybiegową przekładnią planetarną w zastosowaniu do samochodu terenowego. Przekładnia planetarna zbudowana jest łącznie ze skrzynką rozdzielczą. Ze względu na to, że przekładnie hydrokinetyczne o dużym przełożeniu wykazują stosunkowo niską sprawność, buduje się je obecnie o przełożeniu (rozpiętości szybkości) wynoszącym około 2,1 dla przekładni z jedną kierownicą i około 3,8 dla przekładni wielostopniowej.



Rys. 12

Dla uzyskania większego przełożenia ogólnego łączy się je szeregowo z przekładniami planetarnymi o dwóch lub trzech biegach. Biegi te są automatycznie przełączane. Układy z przekładnią hydrokinetyczną włączoną równolegle, tak zwane hydromechaniczne, nie znalazły zastosowania w budowie samochodów i należą obecnie już do przeszłości.

Na rysunku 12 przedstawiony jest wykres sił napędowych i sprawności układu napędowego samochodu terenowego zaopatrzonego w dwustopniową przekładnię hydrokinetyczną i szeregowo włączoną planetarną przekładnię trójbiegową.

Wykres ten wskazuje na dość dużą sprawność przekładni na odcinku używanych szybkości.

W obecnej chwili pomimo szerokiego stosowania przekładni hydrokinetycznych do samochodów osobowych nie można jeszcze stwierdzić, czy

w zastosowaniu do samochodów terenowych, ten rodzaj skrzynek biegów spełni należycie swoje zadanie. Zastosowanie tych przekładni do samochodów terenowych wymaga dokładnego zbadania z uwzględnieniem specyficznych warunków pracy tych samochodów w ciężkim terenie.

Przy projektowaniu mechanizmów przeniesienia napędu powstaje zagadnienie rozdziału momentu obrotowego na poszczególne osie i koła.

Mechanizmy służące do rozdziału momentu obrotowego na koła danej osi winny go rozdzielać w zależności od tego, jaka jest zdolność przeniesienia momentu obrotowego przez poszczególne koła uwarunkowana przyczepnością do gruntu.

Jednocześnie mechanizmy te winny umożliwiać swobodne obracanie się tych kół z dowolnymi, różnymi od siebie obrotami. Ten sam warunek należy postawić mechanizmom, których zadaniem jest rozdział obrotowego momentu na poszczególne osie.

Jako mechanizmy rozdzielające moment obrotowy w samochodach terenowych stosuje się mechanizmy różnicowe lub mechanizmy wyłączające napęd szybciej obracającego się wału (oparte na zasadzie wolnego koła). Stosuje się też połączenie sztywne poszczególnych osi. W ostatnim przypadku moment obrotowy rozdziela się w zależności od zdolności przeniesienia go przez osie przy tych samych obrotach.

Istniejące obecnie różnicowe mechanizmy można rozdzielić na następujące grupy:

1. Zwykle mechanizmy różnicowe złożone z kół zębatach walcowych lub stożkowych, symetryczne i niesymetryczne.
2. Mechanizmy różnicowe zębate o okresowo-zmiennym przełożeniu.
3. Mechanizmy różnicowe zębate, ślimakowe i krzywkowe o zwiększonym momencie tarcia, o stałym lub okresowo zmiennym przełożeniu.
4. Mechanizmy różnicowe blokowane.
5. Mechanizmy różnicowe samoblokujące się.

W obecnie używanych samochodach terenowych do rozdziału momentu obrotowego na poszczególne koła stosuje się zwykle mechanizmy różnicowe lub mechanizmy o zwiększonym tarcu. Pomiędzy osiami stosuje się najczęściej przeniesienie sztywne, to jest wszystkie osie obracają się z jednakową szybkością. W celu uniknięcia powstawania mocy krążącej w układzie napędowym przy różnych, średnich drogach przebywanych przez koła poszczególnych osi stosuje się na ogół ręczne wyłączanie napędu przedniej osi przy jeździe na szybszych biegach.

Mechanizmy różnicowe międzyosiowe stosuje się obecnie dość rzadko.

Bardzo pomysłowym rozwiązaniem zagadnienia mocy krążącej jest zastosowanie w przedniej osi napędowej nieco większego przełożenia przekładni głównej i napędzanie tej osi za pośrednictwem wolnego koła. Przy takim rozwiązaniu podczas jazdy po dobrej drodze napęd przedniej osi zostanie automatycznie wyłączony, zaś przy pewnym poślizgu tylnych kół w razie przenoszenia przez nie dużej siły napędowej nastąpi automatyczne włączenie napędu osi przedniej.

Na rysunku 13 pokazany jest ślimakowy mechanizm różnicowy, jest to mechanizm różnicowy ze zwiększonym momentem tarcia.

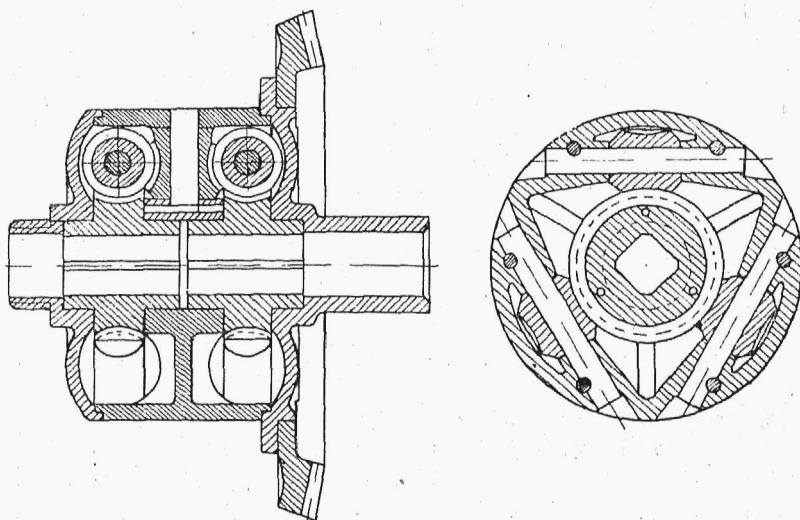
Dopuszcza on przenoszenie przez jedno koło kilkakrotnie większego momentu niż przez pozostałe.

Na rys. 14 widzimy ulepszenie tego mechanizmu polegające na usunięciu koła ślimakowego i bezpośrednim zazębieniu satelitów.

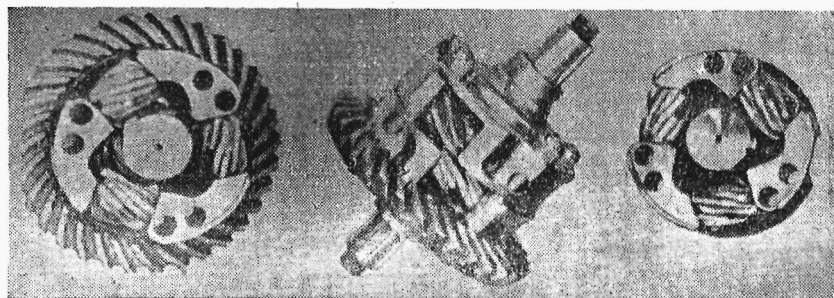
Na rys. 15 przedstawiony jest mechanizm różnicowy krzywkowy nale-  
żący do tej samej kategorii.

Obecnie istnieje bardzo duża ilość mechanizmów służących do rozdziału  
momentu obrotowego różnej konstrukcji.

*Schemat ślimakowego mechanizmu różnicowego*



Rys. 13



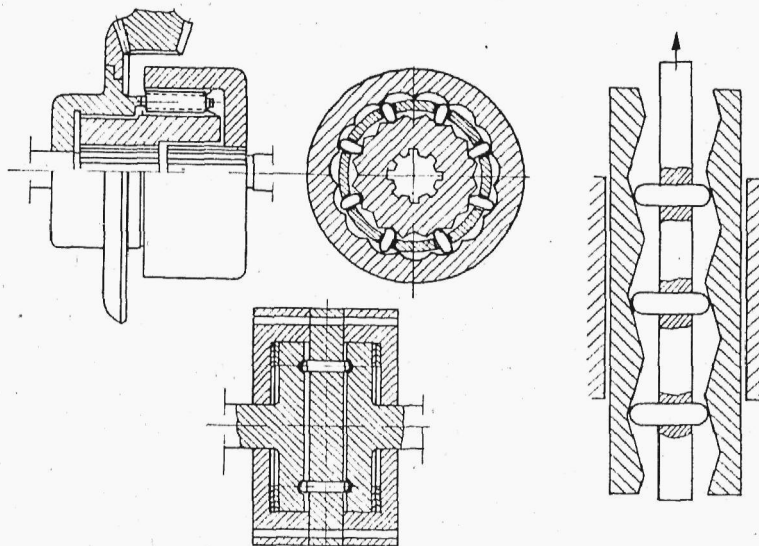
Rys. 14

W tej dziedzinie zgłoszono bardzo dużą ilość wynalazków. Jednak do-  
tychczas żaden z tych mechanizmów nie odpowiada całkowicie stawianym  
im wymaganiom.

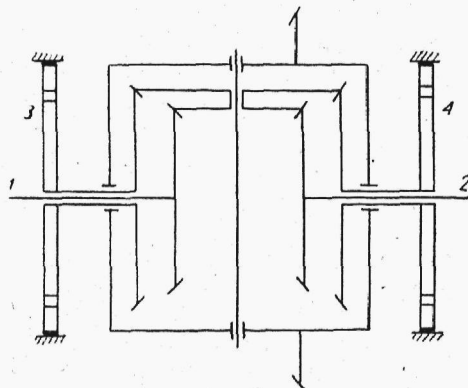
Spośród różnych mechanizmów do rozdziału momentu obrotowego  
możliwości szerszego zastosowania mają obecnie tylko mechanizmy róż-  
nicowe o zwiększonym tarciu i samoblokujące się. Odnosnie tych pierw-  
szych należy ustalić, na drodze badań terenowych, najbardziej właściwą  
wielkość współczynnika rozdziału momentu obrotowego dla różnych  
typów samochodów terenowych. Trzeba tu mieć na uwadze tę właściwość  
mechanizmu różnicowego, że do chwili pokonania momentu tarcia, daje

on ten sam efekt pod względem możliwości powstawania mocy krążącej, co i sztywne powiązanie kół.

Konstrukcje mechanizmów różnicowych samoblokujących się są jeszcze na razie dość skomplikowane. Za najlepsze z dotychczas istniejących roz-



Rys. 15



Rys. 16

wiązań należy uznać podwójny mechanizm różnicowy blokowany przy pomocy wolnych kół (wolne koła 3 i 4).

W tym mechanizmie z chwilą przekroczenia określonego z góry poślizgu jednego z kół nastąpi zakleszczenie się wolnego koła leżącego po przeciwległej stronie.

Uniemożliwi to dalszy wzrost poślizgu tego koła, zaś rozdział momentu na poszczególne koła osi będzie uzależniony od ich przyczepności do terenu w danych warunkach ruchu.

### III. Zawieszenie samochodu terenowego

Jakość zawieszenia samochodu terenowego ma decydujący wpływ na wielkość jego średniej szybkości przy jeździe w terenie i po wyboistej drodze. Przed omówieniem zagadnienia, jaka powinna być konstrukcja zawieszenia samochodu terenowego, trzeba postawić warunki, którym to zawieszenie winno odpowiadać. Zagadnienie ustalenia kryteriów jakości zawieszenia nie jest jeszcze całkowicie opracowane naukowo, jakkolwiek w ostatnich latach uczeni radzieccy opracowali wiele podstawowych zagadnień z teorii pojazdów mechanicznych i posunęli to zagadnienie znacznie naprzód. Dotychczas jednak kryteria oceny jakości zawieszenia nie są ostatecznie sprecyzowane, gdyż wnioski poszczególnych autorów w tej sprawie są dość rozbieżne i dotyczą często cech dość różnorodnych i trudnych do liczbowego ujęcia.

Na podstawie przestudiowania i praktycznego zbadania tego zagadnienia autor uważa, że warunki, jakim powinno odpowiadać zawieszenie samochodu terenowego, można przedstawić w następującej (z konieczności ogólnej) formie:

1. Wypadkowa reakcji sprężystych resorów winna przechodzić przez środek ciężkości samochodu. W takim przypadku siły bezwładności nie będą powodować wychyleń pojazdu, lecz jedynie jego przesunięcia równoległe.
2. Okresy drgań własnych masy pojazdu winny być sobie równe.
3. Częstotliwość drgań własnych winna się zawierać w granicach 60 do 70 drgań na minutę.
4. Zapas energii potencjalnej resorów powinien być jak największy, przy ograniczonej, maksymalnej sile dynamicznej.
5. Duża elastyczność opon.
6. Możliwie mały stosunek ciężaru nieresorowanego do ciężaru resorowanego.
7. Dostatecznie duża zdolność tłumienia amortyzatorów.

Częstotliwość niskich okresów drgań własnych podłużnych można, z dostateczną dla zastosowań praktycznych dokładnością, przedstawić przy pomocy następujących wzorów:

$$n_1 = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \sum C_i}{G}} \dots 1); \quad n_2 = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \sum C_i l_i^2}{G \rho^2}} \dots 2); \quad \text{gdzie } C_i = \frac{C'_i \cdot C''_i}{C'_i + C''_i}$$

Przyjęte w tych wzorach symbole oznaczają:  $C_i$  — sztywność sprowadzona dla poszczególnych osi w  $\text{kG/cm}$ ,

gdzie  $C'_i$  — sztywność resorów,

$C''_i$  — sztywność opon,

$G$  — ciężar samochodu w  $\text{kG}$ .,

$g$  — przyspieszenie ziemskie w  $\text{cm/sek}^2$ ,

$\rho$  — promień bezwładności samochodu względem osi poziomej przechodzącej przez środek ciężkości,

$l_i$  — odległość poszczególnych osi od środka ciężkości pojazdu, licząc w płaszczyźnie drogi.

Z warunku drugiego wynika, że  $n_1$  i  $n_2$  powinny być sobie równe, stąd otrzymamy zależność:

$$\rho^2 = \frac{\sum C_i l_i^2}{\sum C_i}$$

Spełnienie tego warunku wymaga stosowania mniejszego rozstawu osi w stosunku do przyjmowanego obecnie.

Samochód z silnikiem w kabinie jest pod tym względem lepszym rozwiązaniem konstrukcyjnym ze względu na większą wartość promienia bezwładności.

W przypadku spełnienia tego warunku częstotliwość drgań własnych pojazdu możemy obliczać wg jednego prostszego wzoru:

$$n_{1,2} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \sum C_i}{G}} \quad (4)$$

Z warunku pierwszego wynika, że statyczne strzałki ugięcia dla poszczególnych osi winny być sobie równe, to jest:

$$f_{o1} = f_{o2} = f_{o3} = f_o$$

Przy założeniu liniowej charakterystyki zawieszenia, można przedstawić współczynnik sztywności w postaci stosunku ciężaru przypadającego na daną oś do statycznej strzałki ugięcia.

$$C_i = \frac{G_i}{f_{oi}}$$

W danym przypadku uwzględniamy sumę ugięć resoru i opony, przyjmując charakterystykę zawieszenia za liniową.

Przy przyjętych założeniach częstotliwość drgań własnych pojazdu można przedstawić następującym wzorem:

$$n_{1,2} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{f_o}} \quad (5)$$

$f_o$  — statyczna strzałka ugięcia zawieszenia jednakowa dla wszystkich osi, zgodnie z przyjętym założeniem.

Ze wzoru 5 wynika, że dla spełnienia warunku trzeciego (to jest, żeby częstotliwość drgań własnych pojazdu zawierała się w granicach 60 do 70 drgań na minutę), statyczna strzałka ugięcia winna być równa 20—25 cm. Przy elastycznych oponach statyczna strzałka ugięcia resorów winna się zawierać w granicach 16 do 21 cm.

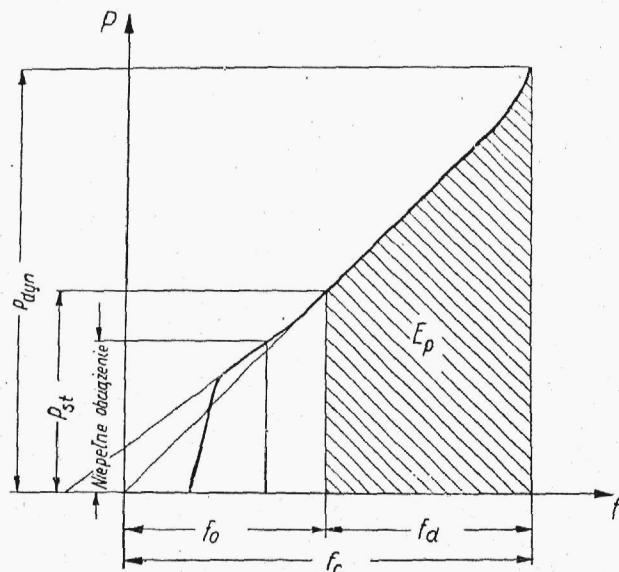
Statyczne strzałki ugięcia resorów piórowych współczesnych samochodów terenowych są dwu- lub trzykrotnie mniejsze.

Spełnienie warunku czwartego (dostateczny zapas energii potencjalnej resoru) dla resorów o charakterystyce liniowej wymaga dużej strzałki dynamicznej.

Strzałka dynamiczna resoru winna być równa 1 do 1,5 strzałki statycznej.

W sumie otrzymamy bardzo duży skok całkowity koła, rzędu 30 do 40 cm.

Na rys. 17 pokazana jest charakterystyka resoru (sprowadzona do koła) z oznaczeniem strzałki statycznej, dynamicznej i całkowitej. Zakresowane pole reprezentuje zapas energii potencjalnej resoru i zderzaka.



Rys. 17

Ograniczenie charakterystyki resoru z lewej strony wykresu spowodowane jest zastosowaniem zderzaka ograniczającego wielkość opuszczania się koła. Na odcinku środkowym wykresu podana jest krzywa teoretyczna dla zmiennego obciążenia statycznego, zbudowana w założeniu stałej statycznej strzałki ugięcia (niezmienna częstotliwość drgań własnych). Jest to krzywa o stałej podstycznej odpowiadającej równaniu.

$$P = a \cdot e^{\left(\frac{f}{f_0}\right)}$$

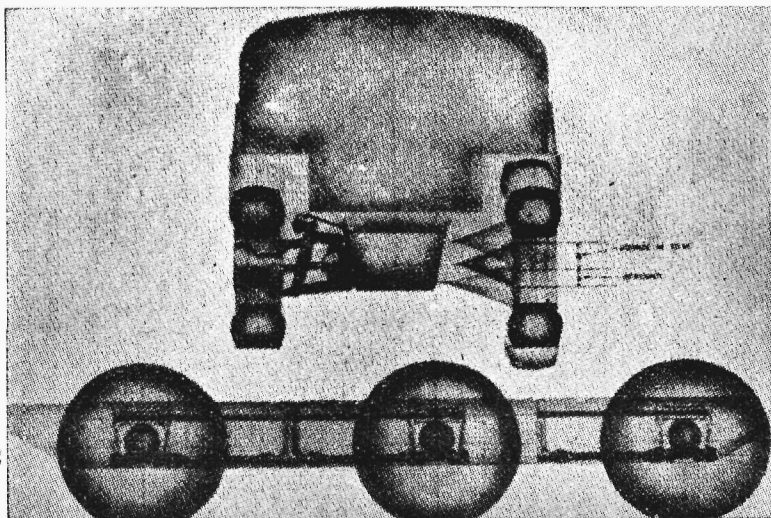
Dobór odpowiednich amortyzatorów stanowi oddzielny problem, którego w ramach niniejszego referatu nie ma potrzeby omawiać.

Wynikające z rozważań teoretycznych strzałki ugięcia osi przedniej można otrzymać jedynie przy zastosowaniu niezależnego zawieszenia kół przednich, gdyż resorów przednich nie można już więcej podłużyć ze względów zarówno konstrukcyjnych, jak i na oddziaływanie zmiany położenia kół na układ kierowniczy osi sztywnej.

Zastosowanie resorów piórowych o dużym skoku wywoływałoby drgania osi przedniej.

Wynika stąd, że podobnie jak w samochodach osobowych i z tych samych względów, koła przednie samochodów terenowych winny być zawieszone niezależnie.

Zwiększenie strzałki ugięcia kół tylnych przy zachowaniu sztywnych osi jest zasadniczo możliwe, jednak zastosowanie niezależnego zawieszenia kół tylnych byłoby również korzystne ze względu na zmniejszenie mas nieresorowanych i ciężaru pojazdu. Schemat niezależnego zawieszenia kół samochodu terenowego trzyosiowego przy użyciu dwóch drążków skrętnych na każde koło umieszczonych podłużnie pokazany jest na rysunku 18.



Rys.. 18

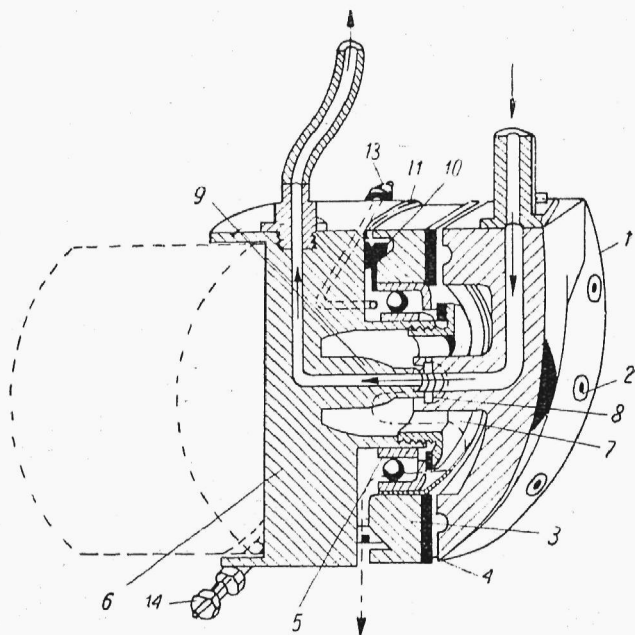
Skok statyczny kół wynosi dla tego zawieszenia 150 mm, skok dynamiczny 200 mm, zatem skok całkowity 350 mm.

Ze względu na zwiększenie możliwości poruszania się samochodu w terenie miękkim, ciśnienie w oponach winno być możliwie niskie, około  $1 \text{ kg/cm}^2$ . Tak niskie ciśnienie przy jeździe po drodze twardej z dużą szybkością powoduje bardzo duże opory toczenia i silne nagrzewanie się oraz niszczenie opon. Dla rozwiązania tej sprzeczności należy zastosować opony o zmiennym ciśnieniu w granicach od 1 do  $3 \text{ kg/cm}^2$ .

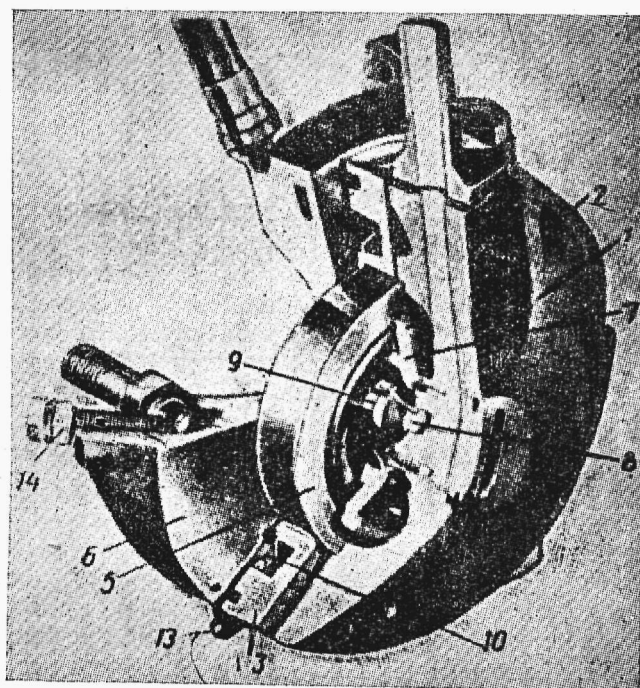
Wymaga to specjalnej konstrukcji opony, która powinna być dostatecznie mocna, aby wytrzymać ciśnienie 3 atmosfer, a jednocześnie elastyczna, aby nie niszczyła się przy pracy z ciśnieniem jednej atmosfery.

W przypadku użycia tego rodzaju opon trzeba zastosować urządzenie pozwalające zmieniać ciśnienie w czasie ruchu pojazdu. Urządzenie takie było już z powodzeniem stosowane w amfibiach desantowych podczas ubiegłej wojny. Schemat i przekrój takiego urządzenia z doprowadzeniem powietrza od strony zewnętrznej koła jest pokazany na rysunku 19.

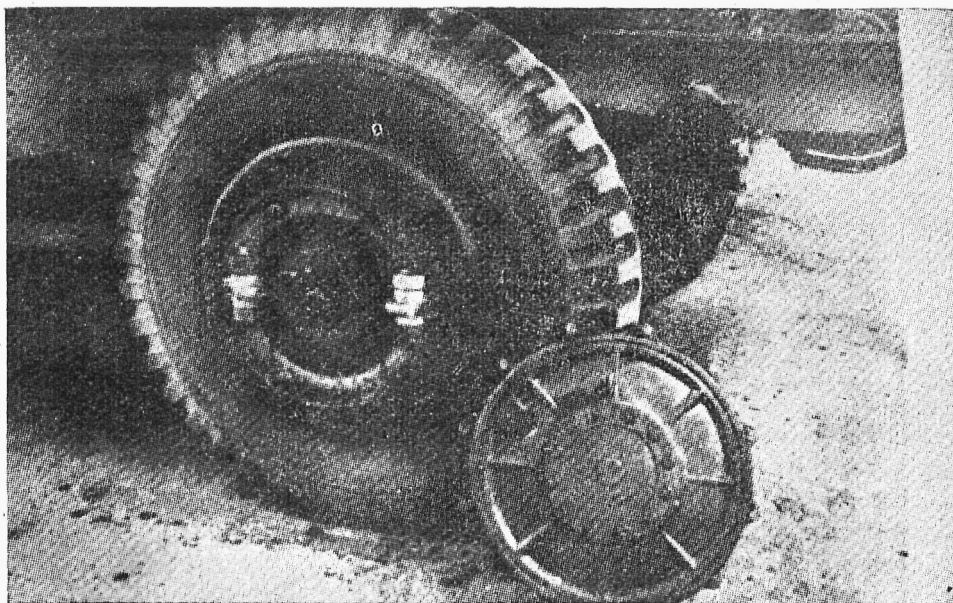
Nowsze rozwiązanie podobnego urządzenia przewiduje prowadzenie powietrza ze środka pojazdu przy pomocy wydrążonej półosi.



Rys. 19a



Rys. 19b



Rys. 20

#### IV. Hamulce samochodów terenowych

Nowoczesne samochody terenowe muszą mieć możliwość przebywania głębokich brodów i poruszania się w błotnistym terenie.

Stawia to specjalne wymagania konstrukcji i ich hamulców. Hamulce te winny być hermetycznie zamknięte, aby do wewnątrz bębna hamulcowego nie mogły dostawać się — woda i błoto. Nadto winny one być łatwo dostępne do sprawdzenia i oczyszczenia.

Na rys. 20 podana jest fotografia konstrukcji odpowiadającej tym wymaganiom.

Aby umożliwić całkowicie uszczelnienie hamulcy i zapewnić łatwy dostęp do nich, hamulce są wyniesione na zewnętrzną stronę kół.

W celu umożliwienia intensywnego hamowania zastosowane są hamulce szczękowe o obu szczękach współbieżnych.

Moment obrotowy przenoszony jest z pólki za pośrednictwem bębna hamulcowego. Na załączonej fotografii bęben hamulcowy jest zdjęty i postawiony obok koła. W tym rozwiązaniu mamy tylko jedno uszczelnienie obrotowe między piastą koła a pochwą położone po stronie wewnętrznej.

Przestudiowania wymaga także sprawa zastosowania hamulcy tarczowych, które ostatnio zaczynają się rozpowszechniać w samochodach osobowych i wysięgowych oraz wykazują wiele zalet.

#### V. Urządzenia wspomagające

Kierowanie ciężkim pojazdem terenowym w trudnym terenie wymaga od kierowcy dużo wysiłku fizycznego, co w połączeniu z silnym napięciem nerwowym bardzo męczy kierowcę i ujemnie wpływa na pewność i bezpieczeństwo jazdy.

W ciężkich samochodach ciężarowych i autobusach, a ostatnio nawet w luksusowych samochodach osobowych znajdują zastosowanie urządzenia wspomagające, ułatwiające kierowanie. Urządzenia te wykonuje się jako hydrauliczne, bądź pneumatyczne, a czasem nawet elektryczne. Tego rodzaju urządzenia winny znaleźć się także w samochodach terenowych, co ułatwiłoby znacznie pracę kierowców tych samochodów.

Powyżej zostały jak najbardziej pobieżnie rozpatrzone główne zespoły samochodów terenowych.

Nie zostały jednak rozpatrzone zespoły i urządzenia pomocnicze, jak dźwigarki, urządzenia rozruchowe, instalacja elektryczna itp. Są to raczej mechanizmy dodatkowe, jakkolwiek niemniej ważne dla należytego działania pojazdu, jak i zespoły główne. Urządzenia te mogą być rozwijane niezależnie od ogólnego układu konstrukcyjnego samochodu terenowego.

Można by postawić pytanie: „Jak w świetle powyższych uwag powinna wyglądać charakterystyka techniczna ciężarowego samochodu terenowego średniej ładowności na najbliższą przyszłość”.

Z pewnym przybliżeniem na to pytanie można odpowiedzieć już teraz przez podanie pewnej hipotetycznej charakterystyki ogólnej.

Taką przykładową charakterystykę przytaczam poniżej:

Ładowność w terenie	— 3 do 5 ton
Ciężar własny	— 3,5 do 8,5 ton
Moc silnika	— 140 do 210 KM
Minimalny wskaźnik ładowności	około 55 %
Minimalna moc jednostkowa	— 25 KM/tonę
Maksymalna szybkość po drodze drugiej lub trzeciej kategorii	— 80 KM/godz.
Szybkość po drodze polnej piaszczystej i w płaskim terenie	— 50 km/godz.
Maksymalne pokonywane wzniesienie	45 %
Maksymalna głębokość brodu	— 1,8 m
Minimalny promień skrętu	— 7 m
Zasięg na bocznej drodze	— 500 km.
Silnik wysokoprężny chłodzony powietrzem o 2 250 do 3 000 obr./min.	
Maksymalny ciężar jednostkowy silnika 4,5 kG/KM. Silnik i jego instalacja winny być całkowicie uszczelnione i dopuszczać pracę w wodzie.	

Układ napędowy winien być co najmniej zaopatrzony w sprzęgło hydrokinetyczne i synchronizowaną skrzynkę biegów. Pożądana przedkładnia półautomatyczna, automatyczna lub ciągła. Mechanizm różnicowy ze zwiększonym tarciem lub samoblokujący się. Zwiększone przełożenie osi przedniej i napęd przez wolne koło.

Zawieszenie przednich kół winno być niezależne, zaopatrzone w mocne, progresywnie działające zderzaki i silne amortyzatory.

Zawieszenie tylnych kół pożądane niezależne.

Statyczne strzałki resorów nie mniej niż 150 mm, całkowite nie mniej niż 300 mm. Opony zmiennego ciśnienia. Pompowanie opon centralne.

Hamulce całkowicie uszczelnione. Mechanizm kierowania przy większym obciążeniu osi przedniej zaopatrzony w urządzenie wspomagające.

Wyżej podana charakterystyka ma jedynie orientacyjny charakter, założenia do konstrukcji nowych samolotów terenowych winny być poparte szczegółowymi badaniami i opracowaniami naukowymi.

Radzieccy specjaliści samochodowi i uczeni z E. A. Czudakowem na czele wprowadzili naukowe metody ustalania wytycznych konstrukcyjnych dla nowych typów samochodów i ich mechanizmów. Przy pomocy wnikliwych badań naukowych analizują oni wszystkie cechy rozpatrywanych rozwiązań konstrukcyjnych i trzeźwo je oceniają, nie idąc bez potrzeby na rewelacyjne nowości, jak to jest często praktykowane w krajach kapitalistycznych ze względów reklamowych. W wyniku wszechstronnej, wnikliwej i krytycznej analizy wprowadzają oni do produkcji tylko te typy pojazdów, które pod każdym względem odpowiadają wszystkim stawianym im wymaganiom, wliczając w nie dostateczną trwałość, łatwość obsługi i naprawy. Powinniśmy korzystać jak najszerzej z doświadczeń radzieckich i rozwijać naukowe metody ustalania rozwiązań konstrukcyjnych i typów samochodów. Katedra Teorii i Konstrukcji Samochodów W. A. T. przewiduje zbudowanie laboratorium badawczego, w którym planuje przeprowadzenie szeregu badań z zakresu konstrukcji samochodów terenowych. Obecnie dział konstrukcyjny Katedry wykonuje harmonię do badania trzyosiowych samochodów terenowych.

Na tle poruszonych w referacie problemów można wyłonić pewne zakresy badań, w ramach których należałoby wybierać poszczególne najbardziej aktualne tematy prac naukowo-badawczych.

Te zakresy badań można by najogólniej scharakteryzować jak niżej:

1. Konstrukcja wysokoobrotowych silników wysokoprężnych, chłodzonych powietrzem i ich instalacja pomocnicza.
2. Konstrukcja turbin spalinowych o mocy około 150—250 KM.
3. Zastosowanie sprzęgieł hydrokinetycznych do samochodów terenowych i konstrukcja odpowiedniego układu napędowego.
4. Zagadnienie automatyzacji przekładni biegów w samochodach terenowych.
5. Przekładnia ciągła do samochodów terenowych.
6. Konstrukcja mechanizmów rozdzielających moment obrotowy na poszczególne koła napędowe.
7. Hamulce i układ sterowania hamulcy samochodów terenowych.
8. Układy wspomagające samochodów terenowych.
9. Zawieszenie samochodów terenowych.
10. Opony samochodów terenowych.
11. Centralne pompowanie opon samochodów terenowych.
12. Urządzenie pomocnicze samochodów terenowych.

Powyższe zakresy badań obejmują całość problemów dotyczących samochodu terenowego i jego mechanizmów. Poszczególne tematy mogą dotyczyć różnych zagadnień teoretycznych leżących w ramach danego zakresu, np. zagadnień wytrzymałościowych itp.

Nie wszystkie też podane kierunki badań będą w jednakowym stopniu aktualne. Wydaje się, że na pierwszy plan wysuwa się tu zagadnienie silnika wysokoprężnego, chłodzonego powietrzem, zastosowanie sprzęgła hydrokinetycznego i niezależnego zawieszenia przedniej osi.

W podanych wytycznych i wskazanych kierunkach badań można by upatrywać tendencję do daleko idącej specjalizacji konstrukcji samochodów terenowych.

Natomiast wiadomo, że w większości krajów stosowana jest zasada oparcia konstrukcji samochodów terenowych o zespoły samochodów drogowych. Jest to zasada niewątpliwie racjonalna, umotywowana koniecznością jak najlepszego wykorzystania potencjału produkcyjnego przemysłu motoryzacyjnego na wypadek wojny.

Nie byłoby jednak słuszne uważać, że stąd wynika konieczność ograniczenia zakresu prac eksperymentalnych i badań w dziedzinie samochodów terenowych, tylko do takich, które nie wychodzą poza określone ramy.

Osiągnięcie należytego postępu w dziedzinie konstrukcji samochodów terenowych wymaga prowadzenia niezależnych badań nie ograniczonych kwestią zastosowania istniejących zespołów samochodów drogowych. Należy wziąć przy tym pod uwagę następujące okoliczności:

Wymagania stawiane samochodom terenowym różnią się znacznie od wymagań stawianym samochodom drogowym. Tendencje rozwojowe wielu zespołów i mechanizmów dla obu tych rodzajów samochodów są bardzo zbliżone. Dotyczy to silnika, skrzynki biegów, przekładni głównej i innych.

W samochodzie terenowym wiele z tych zespołów pracuje w cięższych warunkach i stawiane im wymagania są wyższe. Wynika stąd, że prace prowadzone nad ulepszeniem owych zespołów w zastosowaniu ich do samochodów terenowych mogłyby w wielu przypadkach dać wyniki dalej idące, a przynajmniej zabezpieczające szerszy zakres zastosowania.

Rozwój samochodów terenowych przystosowanych do cięższych warunków pracy może w sposób dodatni wpłynąć na postęp w budowie samochodów drogowych i przyspieszyć proces rozwoju tych samochodów, a zatem może nastąpić unifikacja na wyższym poziomie.

Wyczerpujące badanie i opracowanie naukowe zagadnienia samochodów terenowych pozwoli uwzględnić przy produkcji samochodu drogowego w możliwie największym stopniu wymagania stawiane samochodom terenowym.

Mając ustalone wymagania dla samochodu terenowego można będzie stworzyć racjonalny kompromis pod względem techniczno-ekonomicznym pomiędzy wyspecjalizowanym samochodem terenowym a dotychczasowym rozwiązaniem stanowiącym zasadniczo rzecz biorąc przeróbkę samochodu drogowego.

#### L I T E R A T U R A

1. Awtomobilnaja Promyszlennost', Nr 7 — 1947 r.
2. S.A.E. Journal, October 1951, August 1950 i September 1948.
3. ATZ — August 1952 r.