

L'ÉVALUATION DES TRAITS CARACTÉRISTIQUES DES VÉHICULES AMPHIBIES EN TENANT COMPTE DU RAPPORT ENTRE LA CONSTRUCTION GÉOMÉTRIQUE DE LEUR CAISSE AUTOPORTEUSE ET LES FORMES DU RELIEF TERRESTRE

par

K. VÖLGYI

École Supérieure des Sciences Polytechnique, Budapest

(Reçu le 5 mars 1974)

Présenté par Prof. Z. LÉVAY

I. Préface

La tâche de donner satisfaction convenable et complexe à l'exploitation des véhicules des transports routiers par terre et par eau, c'est le problème fondamental de la construction des véhicules amphibies. En faisant la construction d'un véhicule amphibie il nous faut donner satisfaction aux exigences naturelles du milieu et de l'environnement auxquels ces véhicules amphibies s'exploiteront. Il est de grande importance que les véhicules amphibies puissent aborder le rendement et la même capacité qui ne soient pas inférieurs à ceux assurés par d'autres sortes de véhicules automobiles qui s'exploitent par terre. Afin qu'on puisse utiliser telles sortes de véhicules amphibies il nous faut appliquer et résoudre quelques conditions et exigences qui sont pareilles à celles appliquées au cours de la construction des bateaux. En même temps il faut prendre en considération que l'entrée dans l'eau du véhicule amphibie et sa sortie de l'eau est un des problèmes le plus difficile à résoudre.

Le contact entre le terrain et le véhicule amphibie pose le problème que l'analyse mathématique et statistique de ces contacts jusqu'à présent n'ont pas été suffisamment étudiées et élaborées; ce fait rend difficile la construction de la caisse autoporteuse correspondant aux buts prévus. Les index valables à l'évaluation de la locomotion faite sur terre, pour les véhicules amphibies ne sont pas applicables en raison de l'exploitation faite dans l'eau. Pour les véhicules amphibies faisant service sur le terrain, la résistance de l'air est négligeable. En vitesse stable, sur un terrain horizontal la vitesse de locomotion d'un véhicule amphibie ne dépend que de la géométrie du terrain et de ses traits caractéristiques physiques et mécaniques.

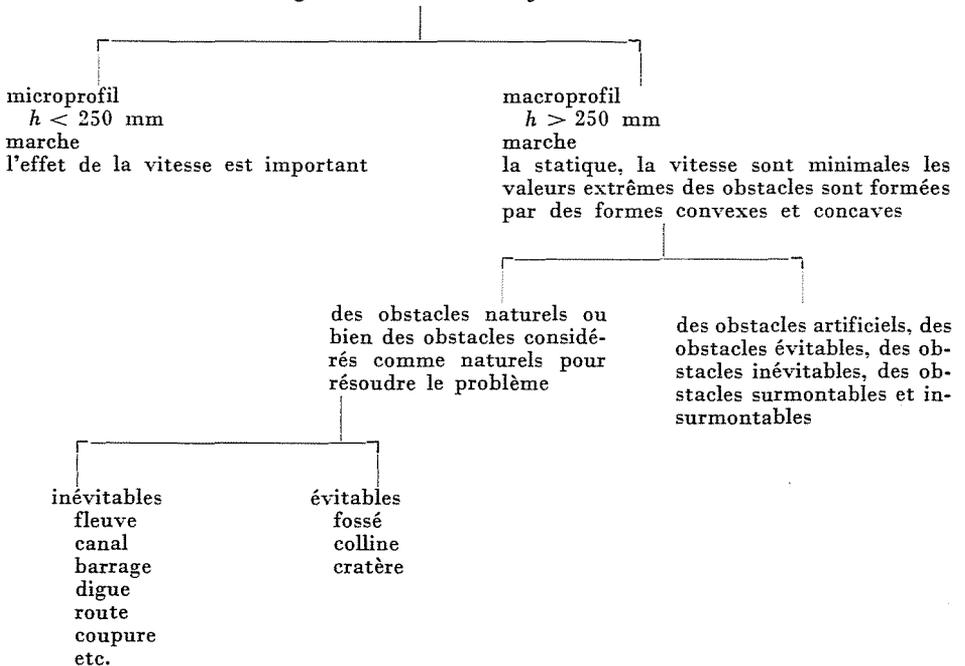
En raison du grand nombre des variables, la formation du véhicule amphibie et son choix pour une tâche donnée exige une analyse approfondie. On peut prendre des considérations qui abordent le problème à résoudre, en supposant que les traits caractéristiques du terrain et la construction des roues assurent la réalisation de la force de traction convenable: dans ce cas la forme de la caisse autoporteuse, la géométrie de la surface du terrain définissent la vitesse moyenne réalisable sur le terrain donné.

Il est convenable d'appliquer le système de suspension rigide et celui du rapprochement de dimension double, car dans ce cas la description mathématique, la construction des modèles, ainsi que les mesurages à faire s'effectuent beaucoup plus simplement que dans le cas du rapprochement de dimension triple. En cas des obstacles qui peuvent constituer un macroprofil, l'une de ces directions est négligeable par rapport aux autres directions. L'application du système de suspension rigide peut apporter des imprécisions, mais la prise en considération des facteurs rigides du système de suspension primaire et secondaire, les conséquences du choix des places des pôles et du centre «momentané», les problèmes de la stabilité augmenteraient essentiellement le nombre des procès calculatifs.

2. Le schéma de connexion tenant compte des méthodes de considération de le rendre plus simple

L'évaluation des qualités caractéristiques des véhicules amphibies en considérant la fonction de la géomorphologie d'un part, d'autre part les mesures géométriques de la construction de la caisse autoporteuse :

I. La géométrie de la surface du terrain



II. Les traits caractéristiques de la rive de fleuve et du lac

index du réseau fluvial, nombre des fleuves, leur densité, leur longueur, leur largeur, leur texture, leur gradient, leur débit des fleuves, facteurs physiques, géographiques, végétation, analyse complexe du diamètre de la vallée et du fleuve, nature du lit du fleuve,

nature du bord du lac, zone des brisement des flots

fréquence de la rencontre entre les véhicules amphibies et les obstacles fluviaux, fonction de distribution et celle de densité montrant les mesures géométriques, évaluation qualitative de la rive du fleuve et son index, description mathématique du profil du fleuve

III. Les traits caractéristiques géométriques de la caisse autoporteuse influencée par des reliefs de la surface du terrain à parcourir

longueur et largeur du véhicule amphibie, la place du point d'équilibre du véhicule amphibie, la construction des roues et l'installation des roues, l'emplacement des axes, nombre des essieux, diamètre des roues, immersion du véhicule amphibie, le point de submersion que le niveau de l'eau ne peut pas dépasser, volume de la partie de devant (de nez) du véhicule amphibie, rendement et capacité de l'engin hydraulique, sa place et son ajustement, surface de portée de l'installation des roues.

3. La géométrie de la surface du terrain et son influence sur la formation la caisse autoporteuse

En raison des données géographiques empêchant le roulement des véhicules tous-terrains, en tenant compte la grande variété des formations géomorphologiques, il est bien difficile de grouper les formes diverses du relief terrestre. Le résultat des forces géomorphologiques qui ont créé le relief terrestre actuel ont profondément limité les chances de locomotion des véhicules amphibies de rouler par un terrain donné.

Il y a beaucoup de sortes des formes extérieures des obliques géographiques, du réseau des fleuves, des diamètres des vallées, des lits de fleuve, des zones de crues des fleuves, des formes du bord des lacs et des formations du sable mouvant. L'influence et la composition de la végétation de l'eau, de la rive de fleuve et du celle du terrain à parcourir aussi est très différente. Il est connu que les mesures des obstacles p.ex. celles des ouvrages d'art sont

établies d'habitude selon les règles générales, mais leur forme extérieure change généralement sous l'influence du temps et de l'environnement.

Les obstacles constituant le macroprofil peuvent être divisés en général en deux groupes. Le roulement du véhicule amphibie est empêché si la partie du véhicule amphibie, se trouvant entre les essieux du véhicule (dans l'em-

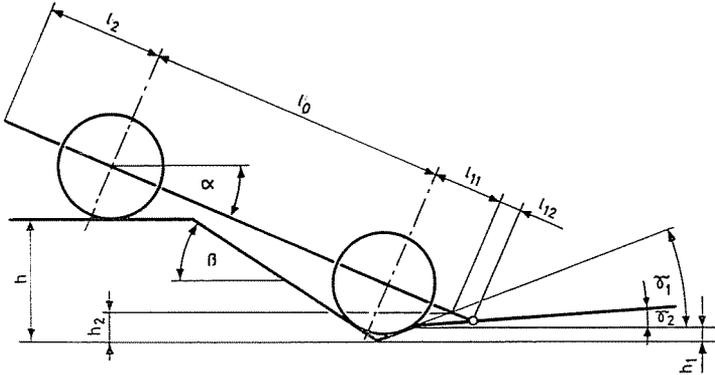


Fig. 1

pattement) touche le sol. Si la partie de devant (de nez) ou la partie arrière du véhicule amphibie touche le sol, il faut calculer avec un type de l'attachement. Pour qu'on puisse surmonter et vaincre les obstacles macroprofil il faut tenir compte même les problèmes de la stabilité du véhicule amphibie.

Ces obstacles de deux sortes se voient sur les figures 1 et 2.

En cas des obstacles tels que les ouvrages d'art dans un terrain donné, les variants de probabilité β et h sont indépendants, entre les limites déterminés par les lois de la mécanique du sol. Sur un sol granulaire n'ayant pas de cohésion, les forces extérieures peuvent facilement détruire la stabilité des talus et il est bien difficile de déterminer à l'avance la nature du sol pendant que le véhicule amphibie roule en avant. La hauteur du fossé étroit se trouvant dans un sol en cohésion homogène ayant encore la stabilité de sol est la fonction de la pente du talus. Il y certains sols qui ont des traits caractéristiques tout différents au point de vue de la stabilité du talus. Toute charge sur le sol augmente la contrainte tension et elle peut causer une déformation ou un mouvement glissant.

Le véhicule amphibie rencontre des obstacles, si

$$l_1 = l_{11} + l_{12} \geq \frac{R}{\sin(\alpha + \gamma_1)} + \frac{h_2 - h_1}{\sin \gamma_1} \frac{\sin(\gamma_1 - \gamma_2)}{\sin(\alpha + \gamma_2)}$$

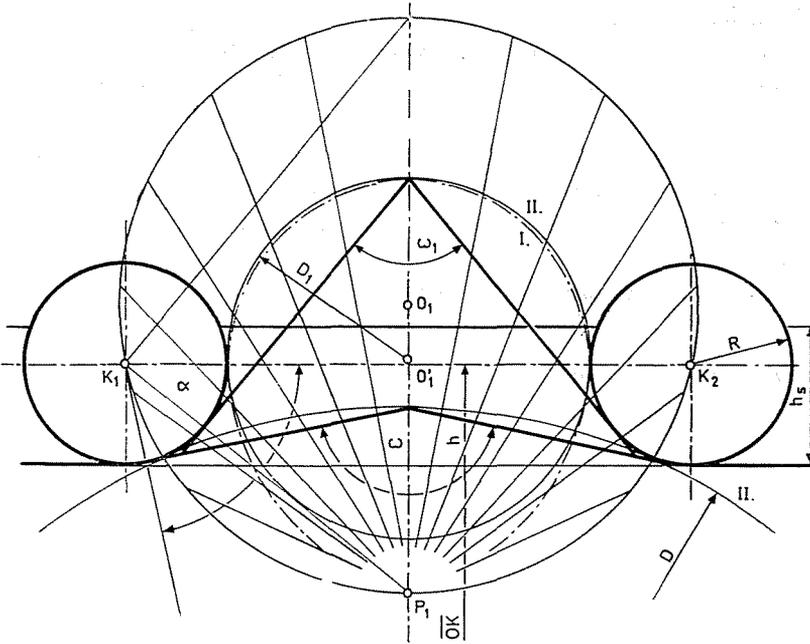


Fig. 2

Ce sont les formes différentes des obstacles:

1. $h_1 = h_2; \gamma_1 = \gamma_2 \neq 0;$

$$l_1 \geq \frac{R}{\sin(\alpha + \gamma_1)}$$

2. $h_1 = h_2 = 0; \gamma_1 = \gamma_2 = 0;$

$$l_1 \geq \frac{R}{\sin \alpha}$$

3. $h_2 > h_1; \gamma_2 = 0; \gamma_1 \neq 0;$

$$l_1 \geq \frac{R}{\sin(\alpha + \gamma_1)} + \frac{h_2 - h_1}{\sin \alpha}$$

Si le point inférieur de la partie de devant de la caisse autoporteuse ne touche pas dans un plan traversé les essieux, il est nécessaire de faire des corrections.

Il peut se faire un accrochement si le véhicule amphibie doit surmonter, traverser et vaincre des obstacles indiqués sur la figure 2. Le point supérieur

de l'obstacle, au cours du roulement du véhicule amphibie se meut vers la proximité immédiate des roues du véhicule amphibie selon la courbe I. On peut prouver la similitude de la courbe I. et de la poulie Pascal. La poulie Pascal est le conhoise du cercle, une courbe de quatrième degré.

Les descriptions techniques caractérisent le diamètre libre se trouvant au-dessous du véhicule amphibie par un cercle de diamètre $D(II)$ Si on connaît l'angle ω de l'obstacle, l'empattement des axes et la mesure le D peut être calculé.

Le véhicule amphibie devient immobilisé, si

$$h_s + h - R \leq D/2$$

$$\text{où } h = \left(R + \frac{D}{2} \right) \sin \alpha \text{ et } h_s = 300 - 400 \text{ mm}$$

Dans les véhicules amphibies roulant par tous-terrains le h_s peut être augmenté avec un engin latéral.

En descendant dans un fossé étroit ou un canal, le véhicule amphibie peut rencontrer de deux sortes des obstacles notamment des accrochements produits par la collision de la partie inférieure centrale du véhicule amphibie située entre les essieux (en limite de l'empattement) et la surface du terrain et des accrochements produits par la collision entre la partie de devant ou la partie arrière, se trouvant au dehors des essieux vers devant et vers arrière, du véhicule amphibie et la surface du terrain. Sur les figures 3—7 se voient les circonstances géométriques de la descente au canal d'un véhicule amphibie du certain type.

Selon les conditions supposées sur la figure 3. si l'angle d'inclination du talus dépasse les 31 degrés, le véhicule amphibie rencontre des obstacles, à savoir des accrochements produits par la collision de la partie inférieure centrale du véhicule amphibie située entre les essieux et la surface du terrain. (Le D critique = 5320 mm)

En augmentant la valeur de la h_s , suivant la courbe marquée, augmente aussi la valeur du critique β .

Sur la figure 4 se voit la possibilité de la descente du véhicule amphibie dans un canal de mesure différente. Le véhicule amphibie se trouvant au-dessus de la courbe n'est plus capable de se mouvoir.

La construction et la mesure du diamètre du canal appartenant à l'angle d'inclination du critique β se voit sur la figure 5.

La figure 6. représente l'accrochement produit par la collision entre la partie de devant (de nez), se trouvant au dehors des essieux vers devant du véhicule amphibie et la surface du terrain.

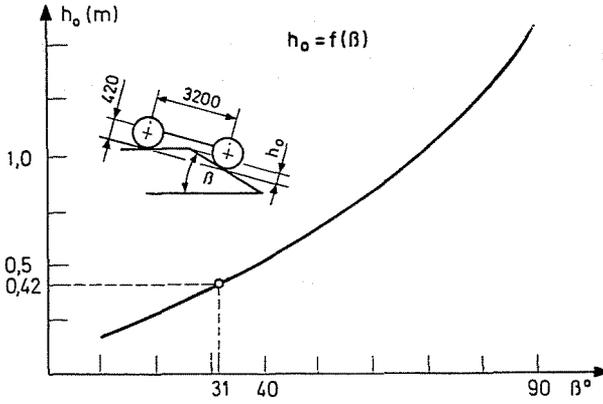


Fig. 3

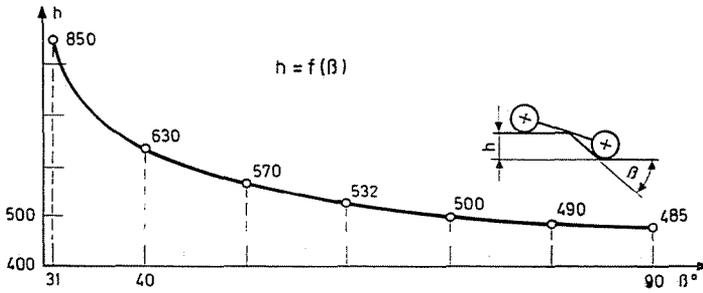


Fig. 4

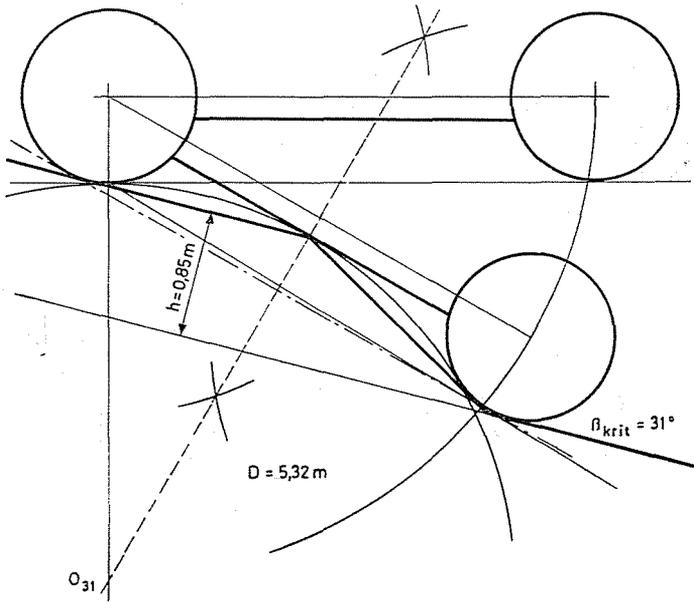


Fig. 5

Cette sorte de l'accrochement se fait, si $\alpha < \beta$.

La figure 7. représente les valeurs géométriques qui assurent la possibilité de la descente du véhicule amphibie dans un canal dont l'angle d'inclinaison plus grand que le critique β .

β	D	h
40	4140	630
50	3280	570
60	2800	532
70	2460	500
80	2200	490
90	2100	485

Le diagramme récapitulatif de la traversée d'un canal faite par un véhicule amphibie se voit sur la figure 8.

R: Réseau de canal dont la mesure est telle qu'il ne puisse pas être traversé par des véhicules amphibies

Si la largeur du canal est moins grande que la longueur du véhicule amphibie il faut calculer avec la possibilité de pouvoir vaincre l'obstacle.

La possibilité de traverser le fossé étroit dépend notamment du diamètre des roues, du nombre des axes, du système de pose des roues et du point d'équilibre du véhicule amphibie.

S'il s'agit des véhicules amphibies à deux ou à trois essieux, la mesure des roues est d'importance capitale. Ces véhicules amphibies sont capables de traverser des fossés étroits larges de 1,3. R.

S'il s'agit d'un «fossé-marche» les conditions de traverser le fossé étroit se représentent sur la figure 9.

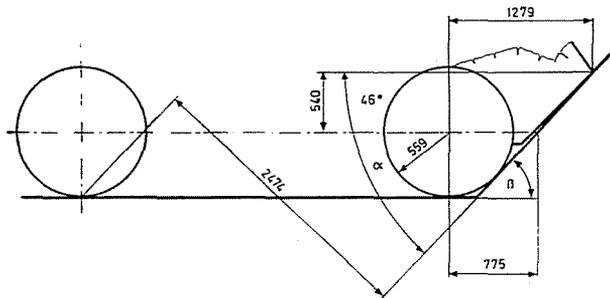


Fig. 6

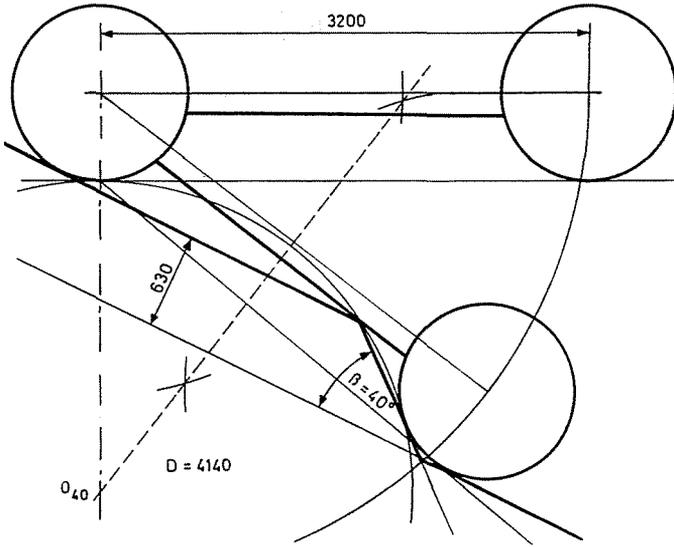


Fig. 7

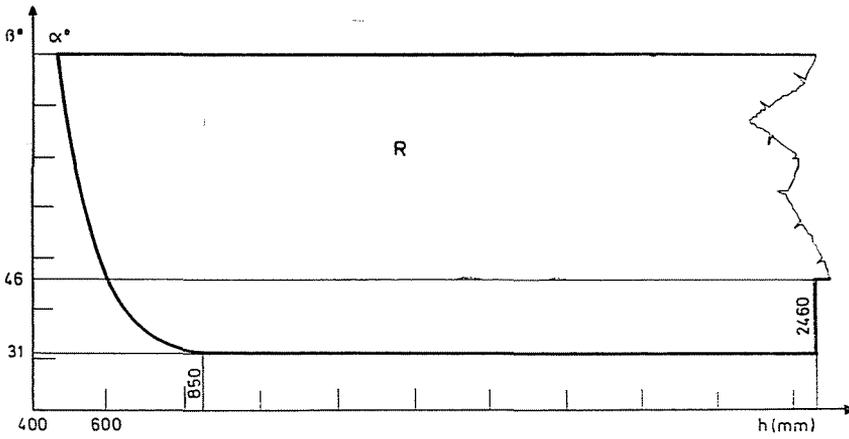


Fig. 8

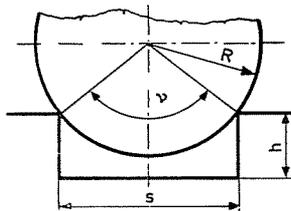


Fig. 9

$$\frac{s}{2R} = \sin \frac{\nu}{2}$$

$$\frac{h}{2R} = \frac{1}{2} \left(1 - \cos \frac{\nu}{2} \right)$$

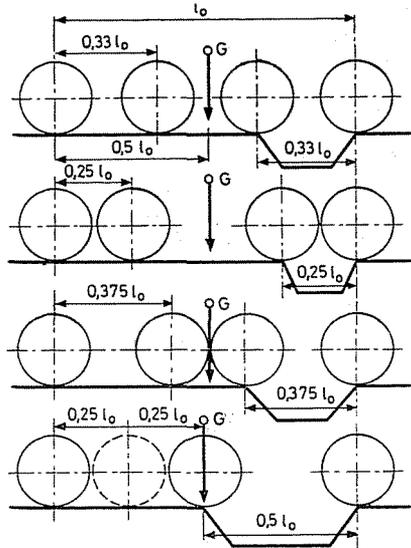


Fig. 10

Sur la figure 10 on peut voir la capacité d'un véhicule à 4 essieux de traverser un fossé.

On peut augmenter la capacité du véhicule amphibie pour monter un «fossé marche» par la formation convenable de l'empattement des essieux et par celle du point d'équilibre du véhicule amphibie. La déformation du point cornier et le changement de forme crée sur la marche du pneumatique ont en général des conséquences avantageuses. Indépendamment du type et des circonstances, tous les essais ont démontré le principe selon lequel il est convenable de construire des roues de diamètre maximum et de construire l'empattement des essieux minimum et de construire les premières (de devant) et les arrières longueur consoles les plus courtes possibles. Pour l'exploitation par le terrain il est pratique de fabriquer des véhicules amphibies de forme de brique.

4. La construction de la caisse autoporteuse du véhicule amphibie tenant compte les traits caractéristiques géométriques de la rive du fleuve

La fréquence des rencontres des véhicules amphibies et des obstacles fluviaux, les mesures des obstacles fluviaux et leur profil peuvent essentiellement exercer des influences sur la vitesse des véhicules amphibies, roulant

sur le terrain. Avant de commencer la construction et la planification des véhicules amphibies, il faut étudier le nombre des fleuves se trouvant sur un terrain, leur longueur et leur débit d'eau, leur texture entre eux et la densité des fleuves. En étudiant les chances de vaincre les obstacles fluviaux, il faut prendre en considération le diamètre des vallées complexes y compris les fleuves aussi.

On peut grouper les fleuves selon leur largeur, profondeur et les traits caractéristiques de leur rive. La fréquence des groupes susmentionnés peut être arrêtée. Certes, ces groupements ne suivent pas les principes de la géomorpho-

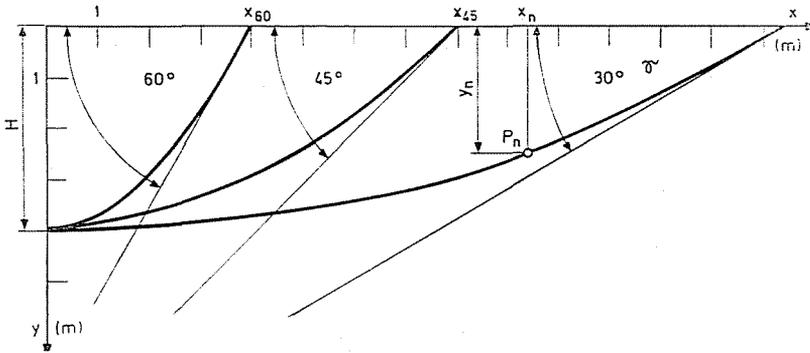


Fig. 11

logie, mais ils ont été établis sur la base des buts prévus. Ainsi, pour évaluer les chances de vaincre les obstacles fluviaux, il est le plus facile de grouper les fleuves selon leur largeur et profondeur. Les autres points de vue sont difficilement réalisables.

Le diagramme 11. (figure 11.) marque le profil en travers des fleuves de l'Europe Centrale.

Le lit du fleuve est le mieux caractérisé par le creusement et la sédimentation du dépôt (matières solides abandonnées par l'eau). Ce sont les facteurs qui forment l'angle d'élévation de la rive du fleuve. L'écoulement de l'eau longitudinalement assez fort creuse le lit du fleuve, tandis que l'écoulement transversal de l'eau du fleuve apporte les dépôts de la rive concave vers la rive convexe. Le lit du fleuve est discordant même dans le tronçon tout droit, en même temps, en raison du caractère trépidant et tournoyant des fleuves, se forment des banc de sable. Ces bancs de sable sont d'importance capitale lors de la traversée des fleuves effectuée par des véhicules amphibies.

La solution de l'équation suivante donne de bonne explication du profil du lit de fleuve tout droit, sans circulation, se trouvant dans l'état de l'équilibre

$$\frac{X}{H} n = \operatorname{ctg} \gamma \int_h^1 \frac{\sqrt{1 + \frac{h^2}{\operatorname{ctg}^2 \gamma}}}{\sqrt{1 - h^2}} dh$$

où H ; X ; y_n ; x_n ; le sens du γ se voit sur la figure 11. et $n = \frac{x_n}{X}$; $h = \frac{y_n}{H}$.

Sur la figure 12. se voient les forces efficaces lors de la descente et de la sortie du fleuve d'un véhicule amphibie.

L'explication de la figure 12 est la suivante:

W = gravité, F_T = force d'inertie, Δ = force ascensionnelle, F_v = force de traction, $F_g = f \cdot N$ = résistance au roulement, R = résistance de l'eau, T = poussée, N = réaction aux appuis, φ = coefficient adhésif, $t = x_B \cos \gamma + y_B \sin \gamma$.

Les circonstances de la descente sur l'eau du véhicule amphibie peuvent être arrêtées avec approximation par des équations d'équilibre.

Les conditions de la réduction des équations sont les suivantes: $F_T = 0$, $R = 0$, $T = 0$, $F_v = \text{maximal}$. La descente sur l'eau du véhicule amphibie est assurée par l'adhésion si

$$\varphi \geq f - \operatorname{tg} \gamma$$

Au cours de la descente du véhicule amphibie sur l'eau du fleuve le Δ peut se changer selon la courbe marquée sur les figures 13. et 14. dans la fonction de la voie de sortie. En cas où l'angle de la rive du fleuve est considéré comme constant, ce sont la formation de la caisse autoporteuse et le volume de la partie de devant (de nez) du véhicule amphibie qui définissent le Δ .

Dans le cas où le lit du fleuve est réel, le γ n'est pas constant.

Il est possible d'expliquer les circonstances de la sortie de l'eau du véhicule amphibie d'une manière approximative seule en utilisant les considéra-

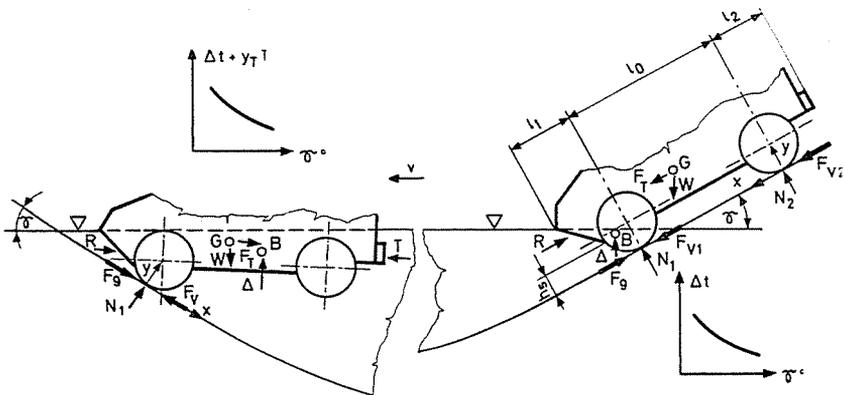


Fig. 12

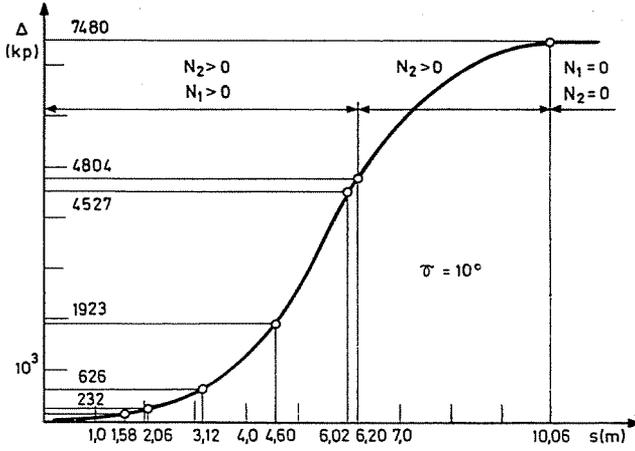


Fig. 13

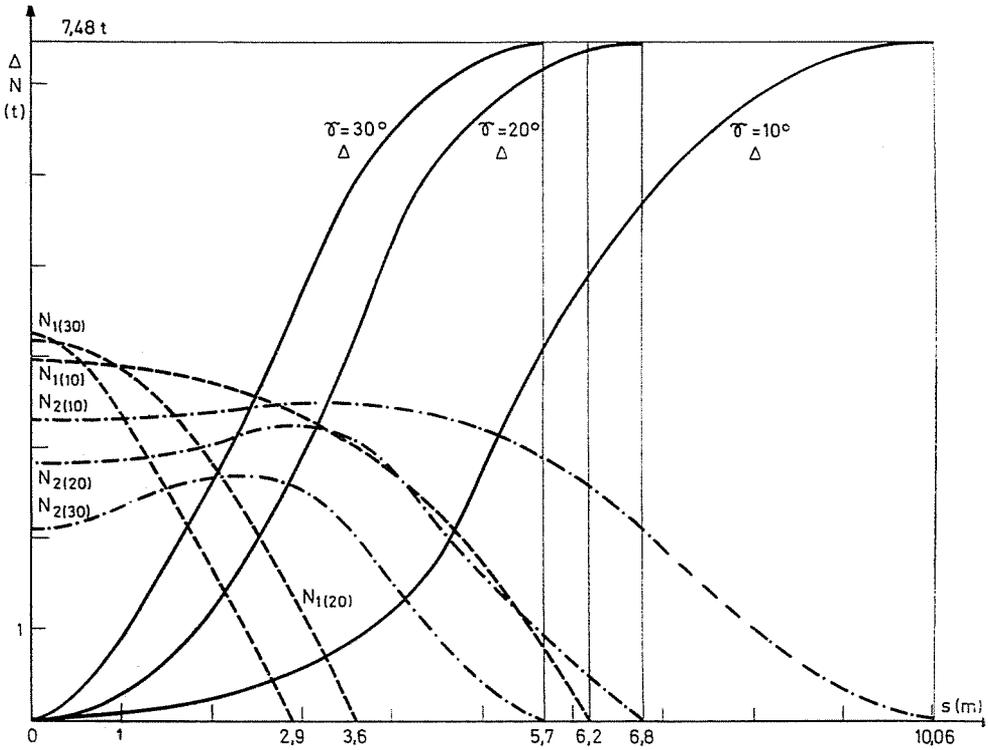


Fig. 14

tions mécaniques. La réduction de l'équation à faire: $R = 0$, $F_T = 0$, $F_v = \text{maximal}$.

La sortie de l'eau du véhicule amphibie peut être assurée, si

$$\text{tg } \gamma \leq \varphi + \frac{T}{(W - \Delta) \cos \gamma} - f$$

Au cours de la sortie de l'eau du véhicule amphibie le nombre des roues et la surface d'appui accroissent ($W - \Delta$) la différence augmente, en conséquence augmente le F_g aussi. La force de réaction N créée entre la rive du fleuve et les roues du véhicule amphibie, ainsi que la surface d'appui des roues définissent la mesure de l'abaissement dans le sol, la résistance au roulement et la force de traction possible. La poussée T augmente le N_1 . Lors de la sortie de l'eau se change l'angle formé par l'arbre longitudinal du véhicule amphibie et par la rive de fleuve aussi. L'influence de T est décisive au premier moment de la sortie de l'eau du véhicule amphibie car la force de traction spécifique nécessaire ne peut pas être assurée par l'adhésion seule.

On peut étudier l'effet des mesures géométriques de la caisse autoporteuse du char (du véhicule) amphibie, en supposant l'existence de la force de traction et celle de la poussée nécessaire. Au cours de ces études on a pu constater qu'avec la diminution de γ augmente l'importance de φ . La mise en avant longitudinal du point d'équilibre, selon le type du véhicule amphibie jusqu'à γ_{optimum} est avantageuse. La place verticale du point d'équilibre n'a d'importance que dans les grands angles où 30° ($\gamma > 30^\circ$). La hauteur de G joue un plus grand rôle aux problèmes de la stabilité en terre et à l'eau que dans ceux de la sortie de l'eau du véhicule amphibie.

La place du G dans un plan symétrique horizontal et vertical, nous assure une solution optimale pour la sortie de l'eau du véhicule amphibie. L'augmentation de la longueur du véhicule amphibie est la plus avantageuse en cas où les angles de la rive du fleuve demeurent entre les 20° et 30° . Au cours de la sortie de l'eau des véhicules amphibies de profonde immersion, leur partie de devant (de nez) s'élève, leur partie arrière fait l'immersion au dessous de la ligne de flottaison du véhicule amphibie. Le point de gravitation du déplacement de l'eau et la force ascensionnelle se meuvent en avant. La force ascensionnelle aide la sortie du véhicule amphibie aussi. Dans les véhicules amphibies de petite immersion cela ne se fait pas.

Les zones dynamiques des ondes influencent beaucoup la descente dans l'eau et les chances d'en sortir des véhicules amphibies. C'est la zone de la diffraction des ondes à la proximité de la rive du fleuve qui est de grande importance. Les traits caractéristiques de l'ondulation sont les suivantes: la vitesse de la propagation, la longueur et la hauteur des ondes. Lors de la sortie de l'eau du véhicule amphibie, l'influence de l'ondulation est beaucoup moins

forte, si le véhicule amphibie roule plus vite que les ondes. Dans les fleuves la hauteur des ondes ne dépasse que très rarement les 1,0—1,3 mètres.

La hauteur du point d'immersion (à savoir la limite que le niveau de l'eau ne peut pas dépasser sans le danger d'être submersé) (e) dépend de la formation de la caisse autoporteuse, des mesures géométriques et des traits caractéristiques du type du véhicule amphibie. S'il s'agit d'un véhicule amphibie qui marche en avant dans le lit d'un fleuve (l'exploitation guée) il faut tenir compte que la hauteur des ondes crée dans la zone de la diffraction des flots, il est nécessaire que le $e > 1,8. d$.

(d = profondeur de l'eau).

Résumé

La capacité de locomotion des véhicules amphibies est étroitement liée au milieu et au environnement. Le terrain peut être caractérisé par des obstacles que les véhicules amphibies sont capables de surmonter. Il y a d'autres sortes des obstacles aussi que les véhicules amphibies ne peuvent pas vaincre. Ces obstacles empêchent la stabilité des contacts entre les roues et le sol: en même temps ils rendent difficiles les conditions de travail de l'équipage de l'engin aussi.

Je souligne que de nos jours les véhicules amphibies ne sont pas suffisamment adaptés aux milieux et au environnement, ainsi qu'aux terrains sur lesquels ils roulent.

L'évolution de la construction des formes extérieures de la caisse autoporteuse des véhicules amphibies exige l'analyse et l'étude mathématique et statistique du rapport entre le terrain et le véhicule amphibie. En même temps il faut étudier et déterminer les index sur la possibilité de la traversée des fleuves aussi.

Donc il est nécessaire de créer des index mathématiques concernant l'évaluation du contact entre le terrain et le véhicule amphibie qui permettent de calculer les chances de vaincre les obstacles.

Oeuvres Consultées

- SCHIEDGGER, A. E.: Theoretical Geomorphology, Springer-Verlag, 1970.
 SCHIEDGGER, A. E.: Principles of Geodynamics, Springer-Verlag, 1958.
 BEKKER, M. G.: Theory of Land Locomotion, Michigan Press, 1962.
 ОСОРКИЕВИЧ, Р. М.: Design and Development of Fighting Vehicles, London, 1968.
 Левдарини А. С.: Геоморфология. Математические методы Москва, 1966.
 Яценко Н. Н.: Колебания, прочность и форсированные испытания грузовых автомобилей
 Машиностроение, 1972.
 Коротыношко Н. И.: Автомобили высокой проходимости Машгиз. 1957.
 Селиванов И. И.: Автомобили и транспортные гусеничные машины высокой проходимости НАУКА. 1967.

Kálmán VÖLGYI, 1450 Budapest Pf. 93, Hongrie