

# Експериментално изследване на хидродинамичните характеристики на свободно потъващ и изплаващ носител на океанографска апаратура

Траян К. Траянов

Институт по океанология, БАН (Варна)

Уравнението на движение на свободно потъващ и изплаващ автономен носител на океанографска апаратура под действието на постоянна плаваемост при потъване и изплаване във водното тяло може да бъде представено във вида

$$(1) (M + m)dV/dt = F - R,$$

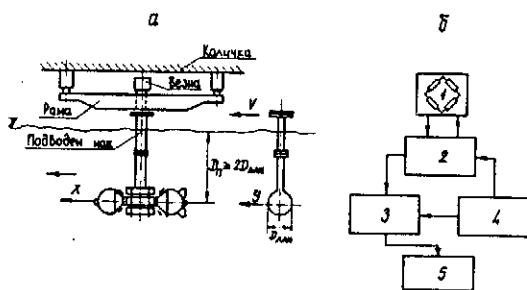
където  $M$  е масата на носителя;  $m$  — масата на присъединената маса вода;  $F$  — движещата сила (отрицателната плаваемост при потъване или положителната плаваемост при изплаване);  $R$  — хидродинамичното съпротивление на носителя  $R = c_x V^2$  (Контарь, Гарбуз, 1982; Пандов, Махин, Шереметов, 1973).

Определянето на хидродинамичното съпротивление на свободно потъващия и изплаващ носител е необходимо за подбиране скоростта на движение на носителя, съобразена с конкретните задачи и възможности за отделните измерителни системи. Например решаваща може да се окаже времеконстантата на датчика за температура. За нормална работа на датчици за разтворения във водата кислород и рН е необходимо да се обезпечи скорост на обтичания поток не по-малка от 0,1 m/s. Комплексните сонди — батометри се спускат със скорост 1–1,5 m/s.

За изследване на силата на страничното съпротивление трябва да се вземат пред-

вид срещаните скорости на теченията. Така например в Черно море в зоните в дрейфовите течения се срещат скорости от 0,1 до 1,2 m/s, а в зоните на основните течения — от 0,5 до 0,75 m/s.

**Постановка и методи.** Изхождайки от габаритите на носителя и възможностите на измерителните средства на дълбоководния канал на Института по корабна хидродинамика - Варна, бе приета пос-



Фиг.1. Постановка на експеримента за изследване на свободно потъващ и изплаващ носител (1:1) а — общ вид; б — блокова измервателна схема; 1 — тензометричен мост; 2 — усилвател; 3 — преобразовател напрежение-честота; 4 — захранващ източник; 5 — цифров честотомер

тановка на експеримента, показана на фиг.1. За да се избегне влиянието на повърхностната вълна върху съпротивляването на носителя, трябва да бъде изпълнено условието  $Dn \geq 2D_{\text{ААН}}$ . Носителят се потапя на тази дълбочина посредством приспособление — подводен нож. Приспособлението в горния си край завършва с тензометричен мост 1, сигналът на който се усилва посредством усилвателя 2, преобразува се в честотен сигнал и се подава за обработка и визуализация на цифров честотомер 3. За време за поддържане на зададената скорост на количката се избират 10 s.

Т а б л и ц а 1

Изследвано съпротивление	Символ	Комбинация при изпитанията на ААН
Челно	$R_1$	1 — с един отворен батометър
	$R_2$	2 — с два отворени батометъра (съседни)
	$R_3$	3 — с два отворени батометъра (срещуположни)
	$R_4$	4 — с три отворени батометъра
	$R_5$	5 — с четири отворени батометъра
	$R_6$	6 — с четири затворени батометъра
	$R_7$	7 — с лек обтекател
Странично	$R_8$	8 — с четири отворени батометъра
	$R_9$	9 — с четири затворени батометъра
	$R_{10}$	10 — с лек обтекател

Първата задача на експеримента беше да се определи челното и страничното съпротивление при различни положения на пробовземните устройства — батометри с електромагнитно управление. Осъществени бяха 10 комбинации в зависимост от това колко батометъра са отворени или затворени, две от които са с монтиран лек обтекател върху батометрите (табл.1). Скоростите на буксиране бяха определени в зависимост от възможностите на измерителния комплекс и съобразени със скоростите на сондиране, срещани в океанографската практика. С експерименталната установка в дълбоководния канал бяха достигнати скорости до 1,7 m/s за определяне на челното съпротивление и до 0,6 m/s за определяне на страничното съпротивление.

**Резултати и обсъждане.** От характеристиката, показана на фиг.2, се установява, че челното съпротивление придобива най-големи стойности при вариант с четири отворени батометъра, т.е. в режим на потъване на автономния автоматичен носител (ААН). Това може да се обясни с по-лошата обтекаемост на формата на носителя.

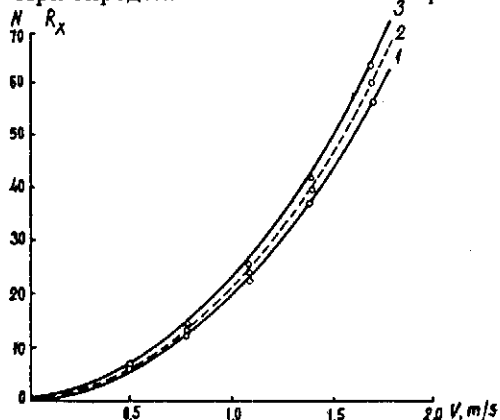
Предположението, че лек обтекател, закриващ батометрите, ще спомогне за намаляване на хидродинамичното съпротивление не се оправда. Освен това силите на челното съпротивление на всички останали варианти се намират в полосата между силите на съпротивлението при четири отворени и четири затворени батометъра (не-

показани на фиг.2).

При два отворени батометъра са възможни два варианта с два съседно отворени и с два срещуположно отворени батометъра. Установено е, че с оглед на помалкото съпротивление по-добър вариант е програмното устройство да бъде настроено така, че да бъдат включени два съседни батометъра. Това е от значение и е бла-

гоприятно, особено за вариант на носител, оборудван с контейнер с друга научна апаратура — например измерител на прозрачност и три батометъра с електромагнитно управление.

При определянето на силите на странич-



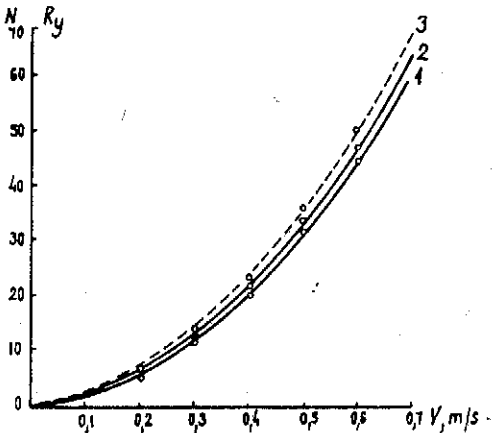
Фиг.2. Сили на челно съпротивление на носителя в зависимост от скоростта

1 —  $R_6$ ; 2 —  $R_7$ ; 3 —  $R_5$

ното съпротивление бяха използвани само три комбинации — с четири отворени батометъра, с четири затворени батометъра и с лек обтекател. На фиг.3 са показани

получените характеристики. Тук обаче съпротивлението на носителя с лек обтекател се оказва най-голямо, поради което се налага изводът, че обтекател на батометрите въобще не е необходим и само усложнява конструкцията.

След установяване на основните зависимости на свободно плаващия и изплаващ автономен носител при съкратена програ-



Фиг. 3. Сили на страничното съпротивление на носителя в зависимост от скоростта  
1 -  $R_9$ ; 2 -  $R_7$ ; 3 -  $R_5$

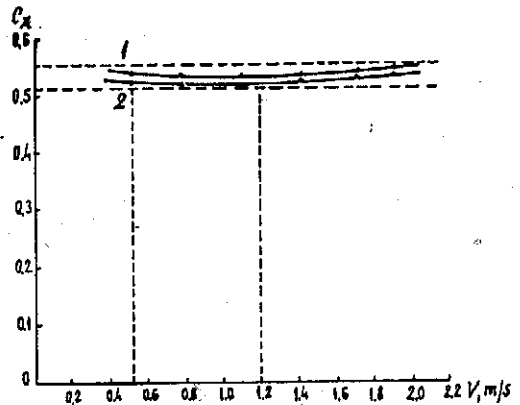
ма бяха получени силите на съпротивление при по-високи скорости — до 1,9 m/s за челното съпротивление и до 1,5 m/s за страничното съпротивление. За кратко време носителът бе буксиран челно и със скорост 2,1 m/s. Установено бе, че и при тази скорост обтичането е ламинарно. Появата на вихри в опашката и турбулизирането на потока трябва да се очаква при още по-големи скорости.

Ако се изчислят стойностите на безразмерните коефициенти на съпротивлението  $C_x$  и  $C_y$  ще се види, че за диапазона от скорости от 0,5 до 1,2 m/s при челно обтичане на носителя, в който попадат най-благоприятните скорости на сондиране (около 1 m/s) и практически измерената в морски условия скорост 0,875 m/s, стойностите на коефициента  $C_x$  могат да се приемат за постоянни (фиг. 4). Това опростява практическите изчисления при работа с автономния автоматичен носител. Още по-изразено е постоянството на коефициентите на страничното съпротивление  $C_y$ , което може да се приеме за диапазона от 0,5 до

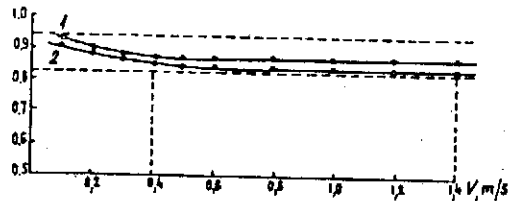
1,4 m/s (фиг. 5).

Коефициентът на челно съпротивление  $C_x$  попада в предварително емпирично определения диапазон от 0,87 за обтичане на кръгов цилиндър паралелно на образуващата при съотношение  $l/d=4$  до 0,34 за изпъкнала полусфера (Кочин, Кибель, Розе, 1963).

При известни сили на съпротивление, тегла на ААН и приета дълбочина могат да се изчислят скоростта и времето за целия цикъл потъване — изплаване. Това време може да се разгледа като съставено от три съставки — време за достигане на пределната дълбочина, време за проудхва-



Фиг. 4. Безразмерни коефициенти на съпротивление при челно обтичане на носителя  
1 -  $R_5$ ; 2 -  $R_6$



Фиг. 5. Безразмерни коефициенти на съпротивление при статично обтичане на носителя  
1 -  $R_8$ ; 2 -  $R_9$

не на баласта (преходен процес) и време за изплаване на повърхността

(2)  $T_{ц} = H_{пр}/V_{п} + H_{пр}/V_{и} + t_{пп}$ ,  
където  $H_{пр}$  е пределната работна дълбочина (m);  $V_{п}$  — скоростта на потъване

(m/s);  $V_n$  — скоростта на изплаване до повърхността (m/s);  $t_{пп}$  — времето за преходния процес при продухването на водния баласт (s).

Скоростта на потъване  $V_n$  се определя от съпротивлението  $R_5$  при четири отворени батометъра, а скоростта на изплаване —  $V_n$  от съпротивленията  $R_1, R_2, R_4$  и  $R_6$  — от един до четири затворени батометъра. При сравняване на силите на челно съпротивление при една и съща скорост на буксиране 0,8 m/s се вижда, че силата на челно съпротивление  $R_5$  не се отличава съществено (средно с 1,5%) от силите на челно съпротивление  $R_1, R_2, R_4$  и  $R_6$ , поради което съпротивлението  $R_5$  може да се приеме като представително за процеса на изплаване за скоростите  $V_n$  и  $V_n$ , които могат да се определят лесно (Контарь, Габуз, 1982).

Ако се замести силата на челно съпротивление с една стойност, то най-вярно би го отразила силата на съпротивление  $R_6$ , приближаващата се по стойност до средната големина на съпротивлението. В такъв случай времето за изпълнение на цикъла потъване — изплаване може да се представи по следния начин:

$$(3) T_{ц} = 2H/V_{ср} + t_{пп}$$

Времето за преходния процес ( $t_{пп}$ ) при продухването на баластната камера трябва

ва да бъде по възможност малко, за да: 1) се обезпечи по-голямо бързодействие, което ще доведе до намаляване на времето, през което ААН може да се намира под въздействието на подводни течения; 2) се предотврати потъването на ААН на по-голяма от зададената дълбочина; 3) се даде възможност за оценка на траекторията на движение на носителя с оглед на безопасната дълбочина в зависимост от близостта на дъното за избягване на съприкосновението с него.

При използване на получените стойности на силите и коефициентите на съпротивление и оперирайки с теглото на носителя, баласта и плаваемостта му може да бъде изменяна скоростта на движение на ААН под водата. В експедиционни условия в района на Резовския каньон бе измерена средна скорост 0,875 m/s.

**Изводи.** Резултатите от експерименталното изследване на хидродинамичните характеристики на свободно потъващ и изплаващ носител на океанографска апаратура могат успешно да бъдат прилагани при практически изследвания за определяне скоростта на сондиране, както и на отклонението (подводния дрейф) на носителя от мястото на спускането му.

## Литература

Контарь, Е. А., Е. И. Габуз. 1982. К вопросу повышения эффективности применения автономных пробоотборников при геологических работах в океане. — Океанология (М.), XXII, вып. 4, 665 — 670. Кочин, Н. Е., И. А. Кибель, Н. В.

Розе. 1963. Теоретическая гидромеханика. М., Физматиздат. Приложение 5. Пандов, Е. Н., Н. Н. Махин, Б. Б. Шереметов. 1973. Основы теории движения подводных аппаратов. Л. Судостроение, 181 — 182.

## Experimental study of the hydrodynamical characteristics of a free floating carrier of oceanographic tools

*Trayan K. Traynov*

### (Summary)

As a result of investigations conducted in the test-channel of the Institute of Ship Hydrodynamics in Varna estimates of the hydrodynamical characteristics of a free submerging and emerging autonomous

carrier of of oceanographic tools are made. Force and coefficients of resistance obtained may be used to define submerging and emerging speed of the carrier and its drift from the point of launching.

*Постъпила на 24.06.1986 г.*