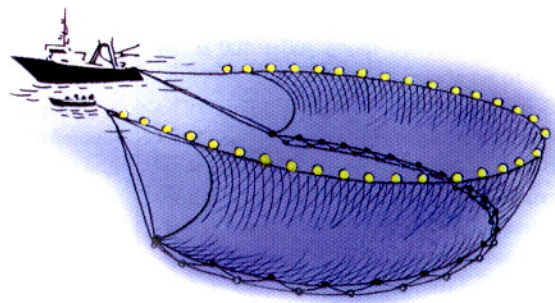


# СКОРОСТЬ И ВРЕМЯ ПОГРУЖЕНИЯ НИЖНЕЙ ПОДБОРЫ КОШЕЛЬКОВОГО НЕВОДА



Канд. техн. наук Н.Л. Великанов – Калининградский государственный технический университет

Необходимые глубина и скорость погружения точек нижней подборы определяются объектом лова. При выметывании полоса расправленного жгута падает на поверхность воды и начинает постепенно тонуть. Верхняя подбора удерживается на поверхности воды с помощью поплавков, поэтому сетное полотно расправляется от верхней подборы к жгуту. Кроме того, нижняя подбора под действием общей загрузки, включающей силы тяжести подбор, грузил, колец, и имеющая меньший, чем жгут, диаметр, погружается быстрее жгута, расправляя сетное полотно от жгута к нижней подбору. На полюсу сети действует ее сила тяжести, силы сопротивления нижней подборы с оснасткой, жгута, силы тяжести жгута, силы инерции всей системы и присоединенных масс воды.

Система нижняя подбора – сетное полотно – жгут имеет две степени свободы, описывается двумя нелинейными дифференциальными уравнениями второго порядка, которые в общем случае не имеют аналитического решения.

Известные в настоящее время формулы для определения скорости и времени погружения нижней подборы получены либо на основе упрощенных физических моделей, либо путем учета только части действующих сил. Если расставить основные решения в хронологическом порядке, то видно, что сложность физических и математических моделей возрастает и они все более приближаются к реальным процессам, происходящим при погружении нижней подборы. Рассмотрим некоторые имеющиеся решения.

Впервые задача о скорости и времени погружения нижней подборы невода на заданную глубину сформулирована и решена Ф.И. Барановым. Система состоит из сетной полосы единичной ширины, погружающейся в вертикальном положении под действием сил тяжести грузил и сети в воде и силы сопротивления сетного полотна. Из условий равенства двух сил – тяжести грузил и сети в воде и сопротивления сетного полотна – получены зависимости времени и скорости погружения нижней подборы от глубины погружения. Н.Н. Андреев усложнил модель Ф.И. Баранова, добавив в дифференциальное уравнение силу тяжести сетной полоски и

рассматривая погружение сетной полоски под постоянным углом к вертикали. Отметим, что рассмотренные выше модели базируются на рассмотрении движения изолированной сетной полоски единичной длины, что существенно отличается от движения стенки невода.

Г.Н. Степанов рассмотрел систему сетная полоса – жгут без учета сил инерции. Физическая модель: нижняя подбора под действием сил тяжести загрузки, стяжного троса и оснастки (кольца, уздечки) движется вертикально вниз, расправляя и увлекая за собой прилегающую к ней часть сетного полотна. Остальная дель погружается под действием собственного веса, при этом, начиная от верхней подборы, по мере расправления, прекращает свое движение. Аналитическое решение дифференциального уравнения не получено. Время погружения нижней подборы определяется интегралом, который следует вычислять численными методами.

Из анализа моделей погружения нижней подборы можно сделать следующие выводы. Существующие классические решения апробированы, широко используются в учебной и технической литературе. Они в основном соответствуют экспериментальным данным. Применение более точных моделей сдерживается отсутствием достаточно простых аналитических решений. Таким образом, актуальным является получение аналитического решения для физической модели погружения нижней подборы для системы верхняя подбора – сетное полотно – жгут – сетное полотно – нижняя подбора при наклонном погружении сетной полоски.

Рассмотрим физическую модель, которая, опираясь на предыдущие, позволяет более точно описать физические явления при погружении нижней подборы на заданную глубину. Элемент дели ( $\Delta L = 1$  м), расположенной на свободной поверхности, под действием сил тяжести загрузки, стяжного троса и оснастки (кольца, уздечки) движется поступательно с постоянным углом атаки, расправляя и увлекая за собой прилегающую к ней часть сетного полотна. Остальная дель погружается жгутом под действием собственного веса. По мере расправления, начиная

от верхней подборы, сетное полотно прекращает свое движение (рисунок). Конечная скорость погружения нижней подборы равна нулю, начальная – отлична от нуля. На основе этой модели получены формулы для определения времени и скорости погружения нижней подборы в зависимости от глубины погружения.

Скорость погружения  $v = k_1 [1 - (1/6) (y_2 / H + 5)] / \lambda$ , время погружения  $t = [(1 + 0,5k_4 H) ((1 + 0,5k_4 H) \ln [(H / (H - 2y(1 - \lambda))] / - k_4 y(1 - \lambda))] / [k_2 (k_4 - k_3)]$ .

Коэффициенты в формулах равны:  $k_1 = 2((\pi \rho_p g) / (3\alpha\rho C_{Xr}))^{0,5} ((6H\Delta L) / (\pi \cos\beta))^{1/6} / k$ ,  $k_2 = 2(2q / (C_x \rho \pi))^{0,5} / D$ ,  $k_3 = p / (2q \cos\beta)$ ,  $k_4 = 2C_{Xc} \sin^3\beta / (C_x \pi D^2 \cos\beta)$ ,  $k_5 = k_1(1 + 0,5k_4 H) / (6H k_2 (k_4 - k_3))$ ,  $\lambda = 0,25H / y + 0,5(1 - k_4 k_5 (H - y)) + [(-0,25H / y + 0,5(1 - k_4 k_5 (H - y)))^2 + y^1 k_5 (H - y)(1 + k_4 y)]^{0,5}$ .

В приведенных формулах приняты следующие обозначения:  $a$  – шаг ячеи сетного полотна;  $\rho_c$  – плотность материала дели;  $C_{Xr}$  – коэффициент сопротивления жгута;  $\rho$  – плотность воды;  $k$  – коэффициент отношения реального диаметра жгута к расчетному;  $q$  – сила тяжести в воде 1 м нижней подборы с грузилами, кольцами;  $C_x$  – коэффициент сопротивления нижней кромки;  $D$  – условный диаметр нижней кромки;  $p$  – сила тяжести в воде 1 м<sup>2</sup> дели;  $C_{Xc}$  – коэффициент сопротивления плоской сети при продольном обтекании;  $H$  – наибольшая глубина погружения нижней подборы невода;  $y$  – координата центра масс нижней кромки (см. рисунок);  $d$  – диаметр нити сетного полотна;  $\beta$  – угол атаки плоской сети.

Рассмотрим результаты расчетов времени и скорости погружения нижней подборы невода по данным, полученным с марта по июль 1987 г. сотрудниками НПО промысловства в рейсе СТР «Чесма». Кошельковый невод пр. 1793 НПО промысловства имеет верхнюю подбору длиной 740 м, высотой в центральной части 150 м. Коэффициенты посадки по верхней и нижней подборам 0,707, нитки текс. 374, шаг ячеи  $a = 16 \cdot 10^{-3}$  м. Общий вес загрузки нижней подборы натурального невода – 31,2 кН. В ходе исследований определялись скорость и направление течения, скорость ветра, глубина и время погружения нижней подборы. Заметы осуществлялись на



ветер, по неизменным траекториям, близким к окружностям. Длительность замета составила  $200 \pm 10$  с. Стравливалось одинаковое количество стяжного троса  $700 \pm 100$  м за одно и то же время –  $26 \pm 10$  с.

В отчетах по результатам рейса НПО промысловства содержатся данные об измерении глубины и времени погружения нижней подборы в пяти заметах. Промежуток времени между замерами – 60 с. Время  $t$ , погружения нижней подборы на различные глубины для пяти заметов приведено в табл. 1.

Определим время погружения средней части кошелькового невода пр. 1793 НПО промысловства. Условный диаметр нижней кромки элемента плоской сети –  $160 \cdot 10^{-3}$  м, отношение реального диаметра жгута к расчетному равно 5, ширина рассматриваемой полосы сетного полотна – 1 м.

Характеристики невода:  
 $d = 0,98 \cdot 10^{-3}$  м;  $C_x = 1,2$ ;  $\beta = 16,8^\circ$ ;  
 $C_{x1} = 1,2$ ;  $q = 54$  кН/м;  $\rho = 0,14$  Н/м;  
 $C_{xc} = 0,14$ ;  $D = 160 \cdot 10^{-3}$  м;  $H = 172$  м;  
 $\Delta L = 1$  м;  $k = 5$ ;  $C_x = 1,2$ ;  $\rho = 1100$  кг/м<sup>3</sup>.

Результаты расчета времени погружения нижней подборы кошелькового невода пр. 1793 для различных глубин приведены в табл. 1.

В табл. 1 ( $t_1 - t_5$ ) – время по данным пяти промысловых заметов;  $t_6$  – посчитанное по формуле Н.Н. Андреева;  $t_7$  – Ф.И. Баранова;  $t_8$  – по приведенным в работе формулам. Видно, что качественно характер зависимости времени погружения нижней подборы от глубины погружения хорошо отражается всеми формулами. Однако количественно формула Ф.И. Баранова дает заниженные значения, формула же Н.Н. Андреева – более близкие к опытным данным. Наиболее близ-

кими к опыту являются результаты, вычисленные по приведенным в настоящей работе формулам.

Результаты расчета скорости погружения нижней подборы кошелькового невода для различных глубин приведены в табл. 2. Скорости погружения  $v_1 - v_5$ , соответствующие пяти промысловым заметам (табл. 1), получены методом численного дифференцирования при помощи прикладного пакета Mathcad;  $v_6$  – посчитанное по формуле Н.Н. Андреева;  $v_7$  – Ф.И. Баранова;  $v_8$  – по приведенным в работе формулам.

Видно, что формула Ф.И. Баранова дает завышенные значения, формула Н.Н. Андреева – более близкие к опытным данным. Наиболее же близкими к опыту являются результаты, вычисленные по формулам, приведенным в настоящей работе.

Таблица 1

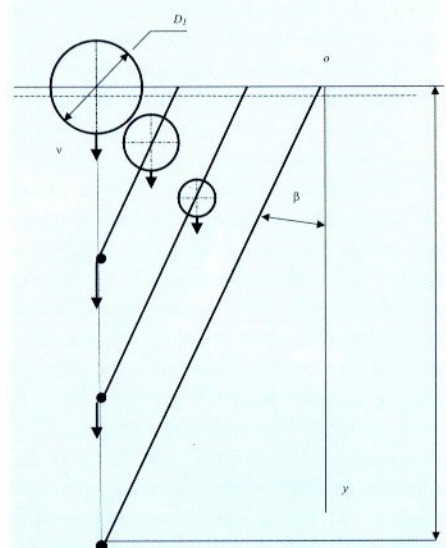
Зависимости  $t(H)$  для пяти заметов кошелькового невода 740x150 м

Параметры	Численные значения					
	20	40	60	80	100	120
$y$ , м	75	180	300	480	700	940
$t_1$ , с	120	360	480	720	918	1080
$t_2$ , с	82	240	440	600	720	1200
$t_3$ , с	120	240	360	540	732	960
$t_4$ , с	120	240	330	450	660	900
$t_5$ , с	47,4	132	239	364	502	651
$t_6$ , с	33,6	93,5	169	257	354	460
$t_7$ , с	65	172	304	478	737	1170
$t_8$ , с						

Таблица 2

Зависимости  $v(y)$  для пяти заметов кошелькового невода 74x150 м

Параметры	Численные значения					
	40	60	80	100	120	
$y$ , м	0,18	0,11	0,09	0,08	0,08	
$v_1$ , м/с	0,18	0,09	0,10	0,13	0	
$v_2$ , м/с	0,105	0,13	0,18	0,04	0,05	
$v_3$ , м/с	0,18	0,11	0,11	0,09	0,09	
$v_4$ , м/с	0,25	0,19	0,10	0,08	0,08	
$v_5$ , м/с	0,43	0,36	0,31	0,28	0,26	
$v_6$ , м/с	0,87	0,71	0,61	0,55	0,5	
$v_7$ , м/с	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	
$v_8$ , м/с						



Расчетная схема этапов погружения элемента нижней подборы

