

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЛЯ ПЛОСКИХ РЫБОЛОВНЫХ СЕТЕЙ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ОБТЕКАНИИ

Н.А. Бояринова

ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»,
Россия, 236022, г. Калининград, Советский проспект, 1

В статье приведен алгоритм расчета гидродинамических сил сопротивления для плоских рыболовных сетей при поперечном обтекании, составленный с использованием эмпирических формул, полученных обработкой экспериментальных данных по методике реализации случайной функции.

кривая сопротивления, плоская сеть, число Рейнольдса, сплошность сети, алгоритм

В классической гидромеханике доказано [1], что при обтекании тела вязкой жидкостью существуют три области сопротивления и свои критические числа Рейнольдса, между которыми находится переходная область сопротивления. Зависимость коэффициентов сопротивления $C_x = f(Re)$ во всем диапазоне чисел Рейнольдса для любого тела носит название стандартной кривой сопротивления или полуэмпирической модели сопротивления. При малых числах Рейнольдса C_x зависит только от Re (линейная область сопротивления); при больших (автомодельная область сопротивления) – только от безразмерных геометрических параметров тела; в переходной области сопротивления – и от того, и от другого. Под геометрическим параметром в механике орудий рыболовства подразумевают сплошность сетного полотна F_0 [2]. Зависимость коэффициента гидродинамического сопротивления от числа Рейнольдса для бесконечного цилиндра подробно описана в [2]. Зона линейного сопротивления существует при числах $Re < 1,5$ (нижнее критическое число $Re_{л} = 1,5$), автомодельная – при $Re > 10^3$ (верхнее критическое число $Re_{а} = 10^3$), переходная – при $Re_{л} < Re < Re_{а}$. Таким образом, $C_x = f(Re)$ – в линейной области сопротивления; $C_x = f(Re, F_0)$ – в переходной; $C_x = f(F_0)$ – в автомодельной. В соответствии с поставленной задачей исследования подобную полуэмпирическую модель сопротивления, используя многочисленные экспериментальные данные свои и других исследователей, создали для плоской сети при ее поперечном обтекании. Числа Рейнольдса $Re_{л}$ и $Re_{а}$ и математические зависимости для C_x в каждой области сопротивления получены в работе [3]:

$$\text{если } Re \leq 0.1, \text{ то } C_x = \frac{5.8}{Re}; (1)$$

$$\text{если } 0.1 < Re < 80F_0, \text{ то } C_x = A_k \left(\frac{2 \cdot F_{0k}}{Re} \right)^{n_k}, (2)$$

где коэффициенты A_k и n_k берутся из табл. 1;

$$\text{если } Re < 400F_0, \text{ то } C_x = 19.4 \left(\frac{2F_0}{Re} \right)^{0.36}; \quad (3)$$

$$\text{если } 400F_0 < Re < R_k, \text{ то } C_x = 9.33 \left(\frac{2F_0}{Re} \right)^{0.216}, \quad (4)$$

$$\text{где } R_k = 2F_0 \sqrt[0.216]{\frac{9.33}{1.41 + 1.70F_0}}; \quad (5)$$

$$\text{если } Re \geq R_k, \text{ то } C_x = 1.41 + 1.70F_0. \quad (6)$$

Таблица 1

Table 1

F_{0k}	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
A_k	58,0	41,0	30,7	26,6	24,3	22,9
n_k	0,62	0,50	0,46	0,44	0,42	0,40

Все формулы, приведенные выше, получены путем обработки экспериментальной информации по методике реализации случайной функции. Для вывода формулы (3) были использованы собственные опытные данные, для остальных – данные других исследователей [4-6].

В предлагаемой статье составлен алгоритм расчета силы гидродинамического сопротивления R_x , возникающей при поперечном обтекании плоских сетей, которые являются основой ставных орудий промышленного рыболовства, на основании последовательности, разработанной в [7].

Используя методы математической статистики, нам удалось создать полуэмпирическую модель сопротивления плоской сети при поперечном обтекании во всем диапазоне чисел Рейнольдса.

Особо следует остановиться на определении числа Рейнольдса Re_l , соответствующего переходу линейной области сопротивления в переходную. Надежных опытных данных для линейной зоны найти не удалось, так как ставные орудия лова при таких скоростях не эксплуатируются. Поэтому левая граница была получена только качественно. В первом приближении приняли, что $Re < 1$. Тогда для коэффициента гидравлического сопротивления справедлива формула

$$C_x = A_0 / Re. \quad (7)$$

Коэффициент A_0 приняли такой же, как у цилиндра при поперечном обтекании: $A_0 = 5,8$, и число Рейнольдса, меньше которого справедлива формула (7), равное $Re = 0,1$. Для Re можно было бы взять любое другое число, меньшее единицы, так как в действительности оно неизвестно.

На рис.1 показаны зависимости коэффициента лобового сопротивления в диапазоне чисел Рейнольдса, соответствующих эксплуатации орудий промышленного рыболовства. Кривая 1 – $F_0 = 0,05$; кривая 2 – $F_0 = 0,1$; кривая 3 – $F_0 = 0,1$; кривая 4 – $F_0 = 0,4$. Линейная область сопротивления здесь отсутствует.

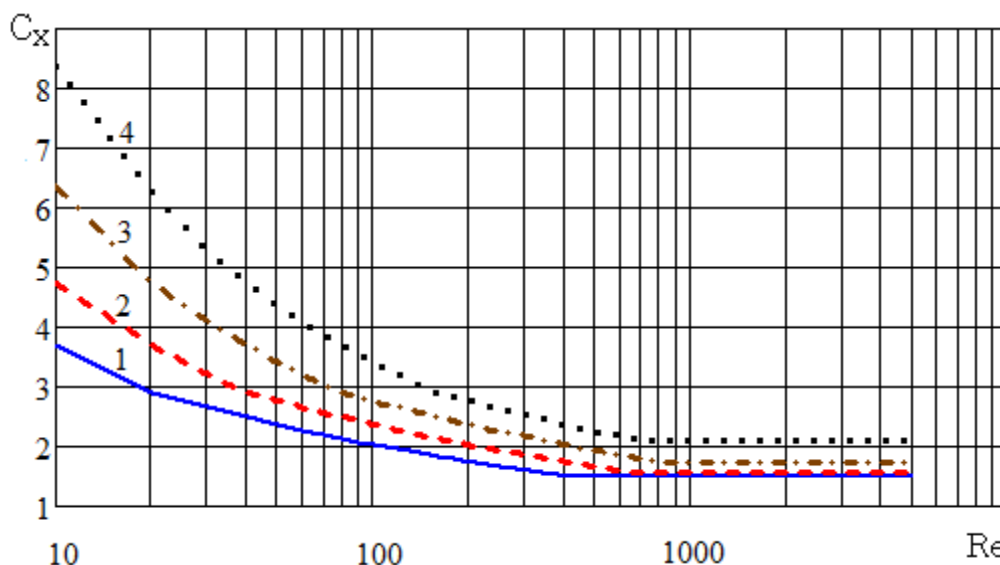


Рис.1. Зависимость коэффициента гидродинамического сопротивления плоской сети от числа Рейнольдса Re и сплошности сети F_0

Fig.1. Dependence of factor of hydrodynamical resistance of a flat network on Reynolds' s criterion Re and geometrical characteristics F_0 network

Алгоритм расчета создан для реализации процесса в компьютерных программах. При применении итерационных методов возможен случай определения коэффициентов C_x при числах Re значительно ниже эксплуатационных. Если C_x не будет определен в этой области, то произойдет аварийная остановка программы. Даже качественное определение линейной области сопротивления позволило создать полный алгоритм для определения силы гидродинамического сопротивления во всем диапазоне чисел Рейнольдса. Границы остальных зон сопротивления были получены не только качественно, но и количественно. Структура алгоритма приведена на рис. 2.

Контролируемых параметров при проведении экспериментов было два: числа Рейнольдса Re и сплошность сетного полотна F_0 . Именно зависимость числа Re от F_0 составляет основу условных блоков, которых в алгоритме четыре. Коэффициенты сопротивления C_{x1} , C_{x2} , C_{x3} определены количественно, а C_{x4} и C_{x5} — только качественно.

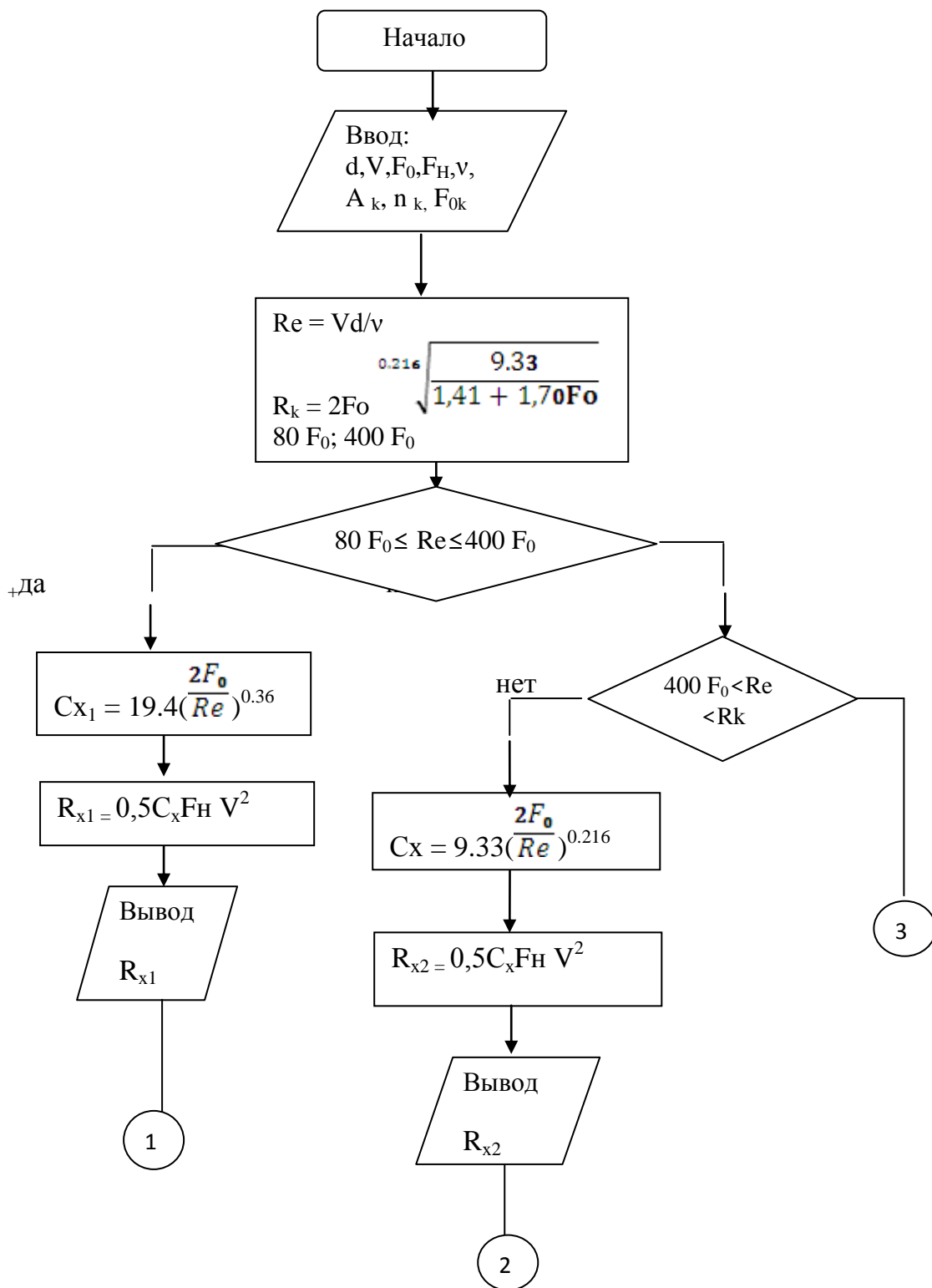


Рис. 2. Алгоритм определения силы сопротивления R_x плоской сети, расположенной перпендикулярно потоку воды
 Fig. 2. Algorithm of definition of force of resistance of the flat network located perpendicularly to a stream of water

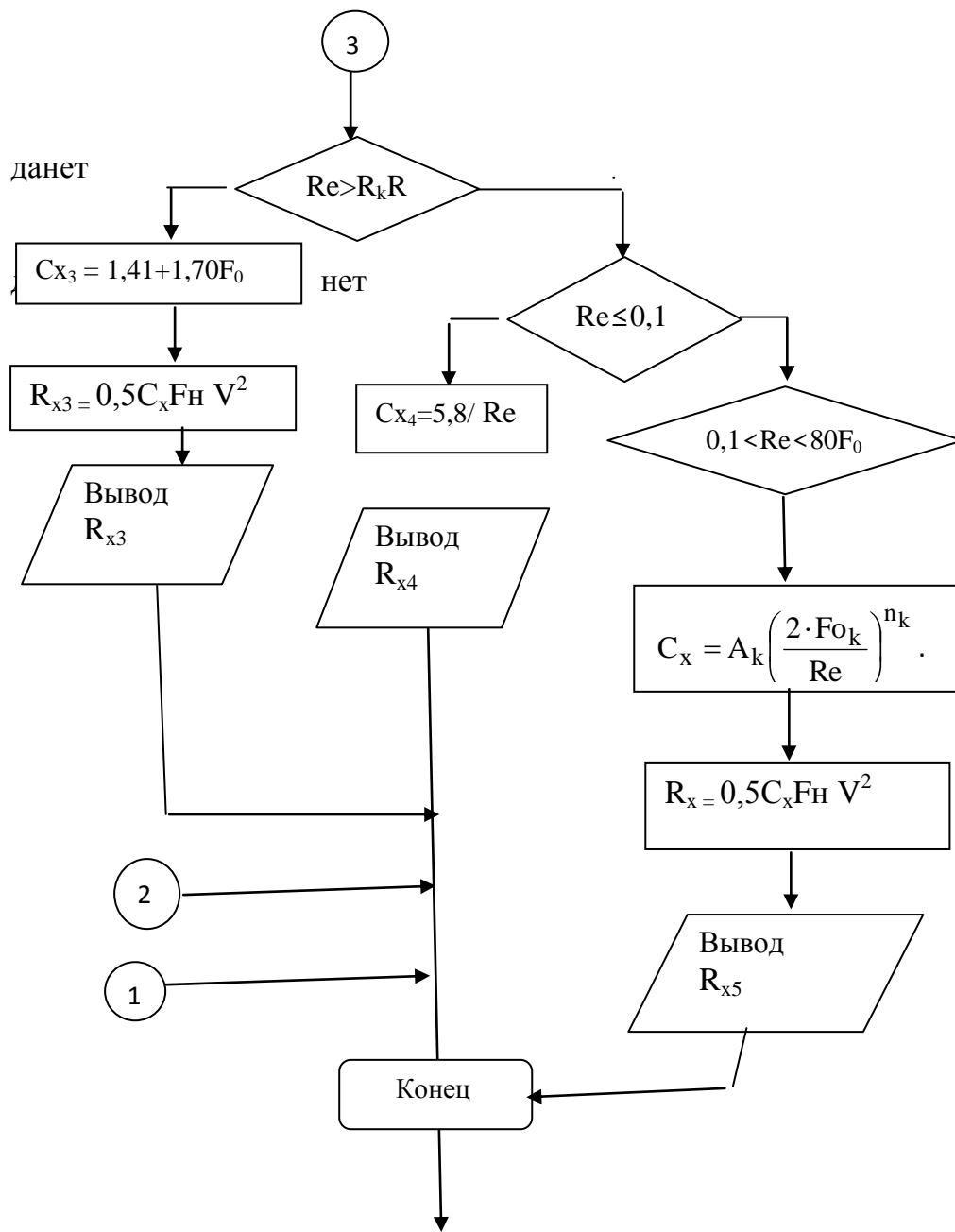


Рис. 2. Окончание
Fig. 2. Ending

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Патрашѐв, А.Н. Гидромеханика / А.Н. Патрашѐв. – М.: Военное изд-во, 1953. – 714 с.
2. Розенштейн, М.М. Механика орудий рыболовства / М.М. Розенштейн. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2000. – 364 с.
3. Схема создания полуэмпирической модели сопротивления плоской рыболовной сети при поперечном обтекании / В.А. Наумов [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2011. – №3. – 96-99 с.
4. Kawakami, T. The theory of designing and testing fishing nets in model // Modern fishing gear of the World 2 // Fishing News Books. – London, 1964. – Pp.471-482.
5. Yamamoto, K. A scale effect evaluated by drag measurement comparisons between prototype plane nets and one-fifth model based on Tauti's law // Fisheries Science. – 1996. – №62. – Pp.561-565.
6. Фридман, А.Л. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства / А.Л. Фридман. – М., 1981. – 328 с.
7. Гидродинамические силы сопротивления сетных частей орудий промышленного рыболовства при поперечном обтекании / Н.Л. Великанов [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2012. – №4. – С. 109-111.

CALCULATION ALGORITHM FOR HYDRODYNAMICAL RESISTANCE FORCES OF FISHING NETWORK AT A CROSS-SECTION FLOW

N.A. Bojarinova

In article the structure of algorithm and all formulas for definition of hydrodynamical forces, the realizations of stochastic function received by f technique is brought.

plane net, cross-section flow, hydrodynamical drag, algorithm