ISSN 2413–9858

Научная статья
УДК 639.2.081.117+519.624

КОРРЕКТИРОВКА КОЭФФИЦИЕНТОВ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ РАВНОВЕСИЯ ПОЛОСКИ СЕТИ СТАВНОГО НЕВОДА

В.А. Наумов[1,*]

[1] Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия
[*]E-mail: van-old@mail.ru

Аннотация. Разработан алгоритм решения краевой задачи равновесия полоски сетного невода в среде Mathcad. Его применение позволило оценить влияние формул для коэффициентов гидродинамического сопротивления на результаты расчета. Не рекомендуется использовать одинаковые формулы во всем диапазоне чисел Рейнольдса, так как это может привести к заметным ошибкам. Применение ранее полученных формул для различных областей гидродинамического сопротивления позволяет получить результаты, хорошо согласующиеся с экспериментальными данными. Увеличение скорости набегающего потока воды и рост сплошности приводят к заглублению верхней точки сети. Сила натяжения возрастает на концах полоски и проседает вблизи точки экстремума.

Ключевые слова: *ставной невод; равновесие; краевая задача; численный метод.*

Для цитирования: Наумов В.А. Корректировка коэффициентов гидродинамического сопротивления в краевой задаче равновесия полоски сети ставного невода // *Вестник науки и образования Северо-Запада России*. 2024. Т.10. № 2. С. 46–55.

Original article

CORRECTION OF HYDRODYNAMIC DRAG COEFFICIENTS IN THE EQUILIBRIUM BOUNDARY VALUE PROBLEM OF A FIXED SEINE NETTING STRIP

V.A. Naumov [1,*]

[1] Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia
[*]E-mail: van-old@mail.ru

Abstract. The algorithm for solving the equilibrium boundary value problem of a netting strip in the Mathcad has been developed. Its application made it possible to evaluate the effect of formulas for hydrodynamic drag coefficients on the calculation results. It is not recommended to use the same formulas in the entire range of Reynolds numbers, as this can lead to noticeable errors. The use of previously obtained formulas for various areas of hydrodynamic resistance allows us to obtain results that are in good agreement with experimental data. An increase in the speed of the incoming water flow and an increase in continuity lead to a deepening of the upper point of the netting. The tension force increases at the ends of the strip and subsides near the extreme point.

Keywords: *fixed seine; equilibrium; boundary value problem; numerical method.*

For citation: Naumov V.A. Correction of hydrodynamic drag coefficients in the equilibrium boundary value problem of a fixed seine netting strip. *Journal of Science and Education of North-West Russia*. 2024. Vol. 10, No. 2, pp. 46–55.

© Наумов В.А. 2024

Введение

Во многих прикладных инженерных задачах используется модель гибкой нити. Система уравнений равновесия гибкой нерастяжимой нити общеизвестна (см., например, [1]). Однако решение краевой задачи для такой системы возможно лишь в отдельных частных случаях. Исследования проводятся по двум основным направлениям: разработка численных методов решения краевой задачи и упрощение уравнений равновесия гибкой нити, чтобы стало возможным аналитическое решение.

В [2] представлено решение задачи о гибкой нити, вращающейся вокруг горизонтальной оси. Зависимости, рассчитанные в элементарных функциях с графическими приложениями, получены для определения параметров вращающейся нити, таких как контур формы нити, наибольшее отклонение от оси, значения углов кривизны и натяжение нити. среди прочего. В [3] рассмотрена модель, описывающая форму неподвижного сегмента тяжелой гибкой нерастяжимой нити, перемещающейся в фиксированной вертикальной плоскости вниз на заданную глубину из фиксированного положения в фиксированное положение. Получены параметрические уравнения стационарной кривой. Форма неподвижного сегмента и его свойства качественно совпадают с теми, которые наблюдались в экспериментах.

В статье [4] динамические свойства нитей исследованы с помощью дискретной модели нерастяжимых, но сжимаемых нитей. Изучена динамика плоских n-угольников, которые можно рассматривать как дискретные модели указанных объектов. Основным результатом статьи является то, что при некоторых слабых предположениях эти системы не являются интегрируемыми в смысле Лиувилля. Это справедливо как для полностью свободных объектов, так и для объектов с фиксированными точками, которые помещены во внешние силовые поля. Приведены достаточные условия для положительности топологической энтропии в таких системах.

Статья [5] посвящена определению натяжения гибкой нити численными методами. Смоделировано равновесие однородной нерастяжимой тяжелой нити при статическом взаимодействии с системой поверхностей различной формы. В статье представлены результаты аналитического моделирования натяжения нити. Получены формулы для расчета натяжения в любой точке по характерным сечениям и нормальному давлению в критических точках. Приведен пример расчета натяжения нити на двух гладких цилиндрических поверхностях и шероховатой поверхности конуса, имитирующих некоторые рабочие органы текстильных машин. Определено нормальное давление на участки нити в точках, опасных с точки зрения нарушения контакта. После решения всех уравнений и определения их составляющих была построена математическая модель натяжения тяжелой нити при статическом равновесии с использованием найденных точек.

В трудах профессора М.М. Розенштейна [6, 7]) разработаны численные методы решения уравнений равновесия гибкой нити для расчета формы и усилий в разноглубинных и донных ставных сетях. С.В. Попов [8, 9] применил указанные методы к исследованию полоски сети, представляющей собой комбинацию разноглубинной и донной частей ставных рыболовных сетей (см. рис. 1).

Для математического описания равновесия полоски сети в [6, 7] используются системы уравнений, различающиеся знаками слагаемых для разноглубинных и донных ставных сетей. В связи с этим в [8, 9] сетная полоска, показанная на рис. 1, разбивается в точке О (О – точка экстремума графика функции, а не перегиба, как указано в [9]) горизонтальным сечением на два участка. Верхний участок АО соответствует разноглубинной сети, нижний ОВ – донной, для каждого участка формулируется задача Коши. Две системы дифференциальных уравнений плюс сопряжение краевых условий приводят автора к необходимости использования громоздкой вычислительной схемы.

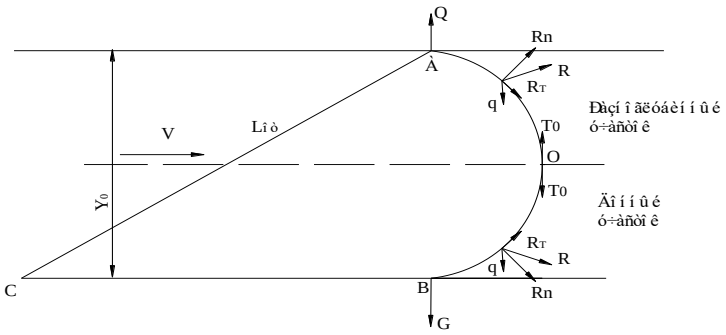


Рисунок 1 – Схема приложения сил к полоске сети ставного невода [9]

В [8, 9] коэффициенты гидродинамического сопротивления сетного полотна при поперечном и продольном обтекании рассчитывались по формулам, соответственно:

$$C_{90} = 16\cdot(2\omega/Re)^{0,28},\ C_0 = 0,1\cdot Re^{0,14}, \quad (1)$$

где $Re = Vd/\nu$ – число Рейнольдса, d – диаметр нити сетного полотна, V – скорость движения воды относительно сети ν – коэффициент кинематической вязкости воды; ω – отношение площади ниток к площади сети в плане (сплошность сети).

Применение формул (1) во всем, практически важном, диапазоне чисел Рейнольдса может привести к заметным ошибкам. Так, в соответствии с экспериментальными данными [10, 11] возрастание C_0 с увеличением Re возможно лишь в ограниченной области определяющих условий.

Сравнив значений скоростей потока воды, полученных расчетным путем, и полученных в ходе проведения экспериментов, в [9] была установлена существенная разница. Для ее устранения автору [9], без объяснения физического смысла, пришлось вводить поправочные множители к коэффициенту гидродинамического сопротивления сети, причем величина этих множителей варьировалась от 1,52 до 10,8. Такая корректировка, не имеющая физического смысла, не может быть основой для метода расчета.

В [12] была представлена корректная математическая постановка краевой задачи равновесия полоски сети ставного невода. Установлено, что можно записать одну систему дифференциальных уравнений равновесия обеих частей полоски ставного невода. Исходя из действующих сил и геометрии объекта, были получены необходимые краевые условия. Показано, что краевая задача равновесия гибкой нити решается в среде Mathcad достаточно просто численным методом без искусственного приведения к задаче Коши.

Коллективом авторов из Калининградского государственного технического университета (КГТУ) была разработана полуэмпирическая теория расчета сил, действующих в различных канатно-сетных элементах орудий лова. В [13, 14] предложен метод расчета гидродинамических сил сопротивления плоских сетных элементов орудий рыболовства при поперечном обтекании. В [15, 16] разработана полуэмпирическая модель для силы гидродинамического сопротивления плоской рыболовной сети при продольном обтекании. В [17] было показано, что эмпирические коэффициенты в формулах [13-16] нуждаются в корректировке. Корректировка формул для коэффициентов гидродинамического сопротивления сетного полотка, выполненная в [17], позволила сделать их непрерывными функциями числа Рейнольдса Re и сплошности ω, что весьма важно при компьютерных (итерационных) методах расчета.

Цель данной статьи – разработать алгоритм расчета и оценить влияние корректировки коэффициентов гидродинамического сопротивления на решение краевой задачи равновесия полоски ставного невода численным методом.

ISSN 2413–9858

Коэффициенты гидродинамического сопротивления сети

Запишем формулы расчета коэффициентов гидродинамического сопротивления плоских элементов сети, предложенные в [13-16] с учетом поправок [17].

При обтекании потоком воды в перпендикулярном направлении (в диапазоне сплошности ω = 0,05-0,5) коэффициент рассчитывается по 4-м формулам в зависимости от диапазона чисел Рейнольдса Re:

$$C_{90} = f_k(Re, \omega),\ k = 1, 2, 3, 4; \quad (2)$$

$$f_1(Re, \omega) = 60\omega/(Re\cdot(1 - \omega)) \text{ при } Re \le Re_1; \quad (3)$$

$$f_2(Re, \omega) = 19{,}4\cdot(2\omega/Re)^{0{,}36} \text{ при } Re_1 < Re < 373\omega; \quad (4)$$

$$f_3(Re, \omega) = 9{,}33\cdot(2\omega/Re)^{0{,}22} \text{ при } 373\omega < Re < Re_2; \quad (5)$$

$$f_4(Re, \omega) = 1{,}41 + 1{,}70\omega \text{ при } Re \ge Re_2. \quad (6)$$

Критическое число Re_1 соответствует переходу от линейной области гидродинамического сопротивления сетного полотна к промежуточной области сопротивления, оно рассчитывается по формуле:

$$Re_1 = 3{,}95\cdot\omega/(1 - \omega)^{1{,}56}. \quad (7)$$

Критическое число Re_2 соответствует переходу от промежуточной области гидродинамического сопротивления сетного полотна к квадратичной области сопротивления:

$$Re_2 = 2\cdot\omega\cdot(9{,}33/(1{,}41 + 1{,}70\omega))^{4{,}545}. \quad (8)$$

При обтекании плоской сети потоком воды в параллельном направлении коэффициент сопротивления рассчитывается по 3-м формулам в зависимости от диапазона чисел Рейнольдса Re_L ($Re_L = V\cdot L/\nu$, где L – длина сети):

$$C_0 = \varphi_i(Re_L, \omega, \delta),\ i = 1, 2, 3; \quad (9)$$

$$\varphi_1(Re_L, \omega, \delta) = 94{,}58\cdot\omega^{1{,}627}\cdot\delta^{0{,}528}\cdot Re_L^{-0{,}16} \text{ при } Re_L \le Re_3; \quad (10)$$

$$\varphi_2(Re_L, \omega, \delta) = 9{,}33\cdot\omega^{1{,}627}\cdot\delta^{0{,}528}\cdot Re_L^{0{,}14} \text{ при } Re_3 < Re_L \le Re_4; \quad (11)$$

$$\varphi_3(Re_L, \omega, \delta) = 17{,}45\cdot\omega^{1{,}627}\cdot\delta^{0{,}528} \text{ при } Re_L > Re_4; \quad (12)$$

где $\delta = d/L$ – отношение диаметра нити к длине сети. Значения критических чисел Рейнольдса в первом приближении: $Re_3 = 2{,}4\cdot10^5$ до $Re_4 = 2{,}0\cdot10^6$.

Математическая постановка краевой задачи

Математическая постановка задачи равновесия полоски сети ставного невода включает систему дифференциальных уравнений и 4 краевые условия [12]:

$$T\frac{d\alpha}{ds} - q\cdot\cos\alpha + R_n = 0,\ \frac{dT}{ds} + q\cdot\sin\alpha + R_\tau = 0; \quad (13)$$

$$\frac{dx}{ds} = -\cos\alpha,\ \frac{dy}{ds} = -\sin\alpha; \quad (14)$$

$$x(L) = 0,\ y(L) = 0; \quad (15)$$

$$L_{от}^2 = y(0)^2 + (x(0) - x_C)^2; \quad (16)$$

$$(x(0) - x_C)\cdot(T(0)\cdot\sin\alpha(0) - Q) + y(0)\cdot(T(0)\cdot\cos\alpha(0) - R) = 0; \quad (17)$$

где искомые 4 функции: x(s), y(s) – декартовы координаты, м; T(s) – сила натяжения, Н; α(s) – угол атаки, радиан; s – дуговая координата (аргумент), м; R_n, R_τ – проекции силы

гидродинамического сопротивления единицы длины сети на соответствующие орты, Н/м; q – вес единицы длины полоски сети (за вычетом силы Архимеда), Н/м.

Составляющие силы гидродинамического сопротивления элемента полоски рыболовной сети [6]:

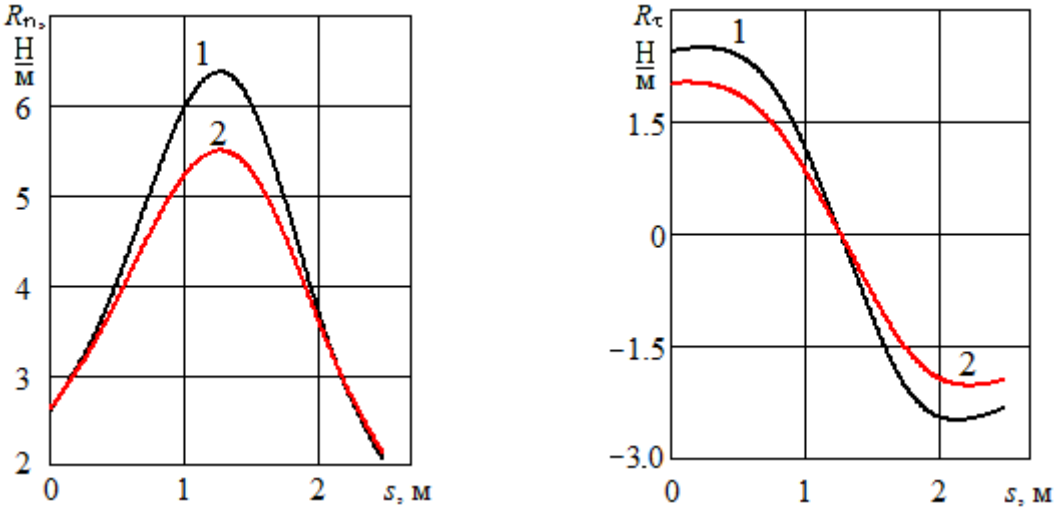
$$R_n = \left(k_2 + (k_1 - k_2)\sin\alpha + K\cos^2\alpha\right)\cdot\sin\alpha,\ k_1 = R_{90}/L,\ k_2 = R_0/L, \quad (18)$$

$$R_\tau = \left(k_2 + (k_1 - k_2)\sin\alpha - K\sin^2\alpha\right)\cdot\cos\alpha,\ \ K = k_1 u_x^2\sqrt{u_x^2\sin^2\alpha + u_y^2}\ . \quad (19)$$

где u_x, u_y – коэффициенты посадки сети.

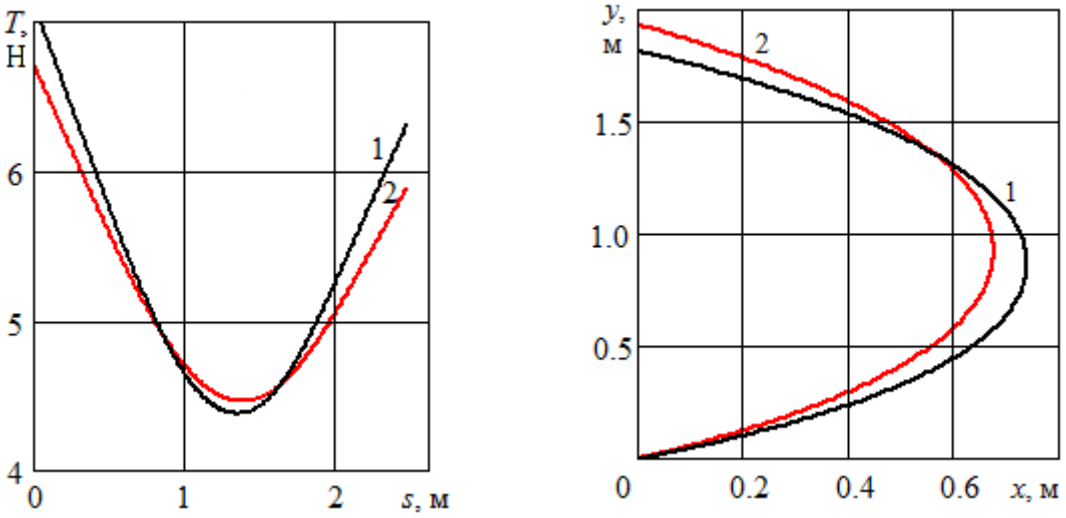
Результаты расчета и обсуждение

На рис. 2 и 3 представлено сравнение результатов расчета по формулам [9] и в настоящей статье при следующих параметрах: шаг ячеи *a*=2 см; V=0,15 м/с; L=2,47 м; ω=0,22; u_x=u_y=0,707.



a *b*

Рисунок 2 – Нормальная (*a*) и тангенциальная (*b*) составляющие силы гидродинамического сопротивления: 1 – расчет по формулам (1) из [9], 2 – по (2)-(12)



a *b*

Рисунок 3 – Сила натяжения (*a*) и форма полоски сети (*b*) в потоке с постоянной скоростью. Обозначения, как на рис. 2

По рис. 2, 3 видно, что применение формул (1) приводит к искажению результатов расчета (R_n до 15%). Заметим, что в формулу (16) входят значения двух неизвестных функций в верхней точке x(s) и y(s), а в формулу (17) – всех четырех. Поэтому для решения поставленной краевой задачи численным (итерационным) методом в среде Mathcad был разработан специальный алгоритм.

На рис. 4, 5 представлены результаты численного исследования поставленной краевой задачи при различных скоростях набегающего потока воды. С увеличением скорости растет сила гидродинамического сопротивления, это приводит к заглублению верхней точки и большей деформации сети (рис. 4). При этом увеличивается отклонение локальных углов атаки от 90 градусов (рис. 5*a*); заметно возрастает сила натяжения на концах полоски и проседает ее значение вблизи точки экстремума (рис. 5*b*). При малой скорости зависимость силы T от дуговой координаты близка к линейной (линия 1 на рис. рис. 5*b*)

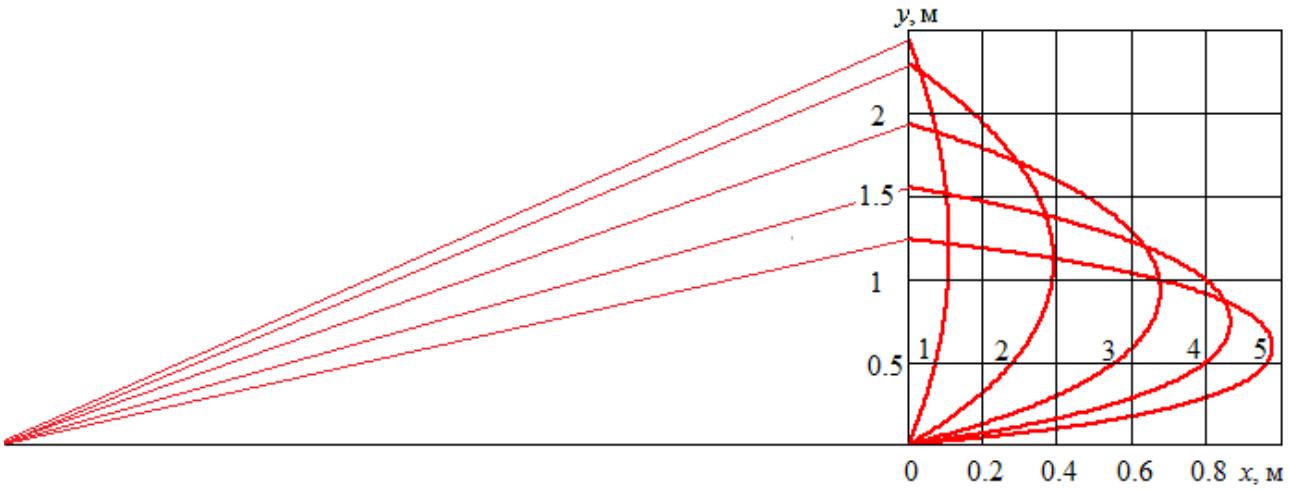
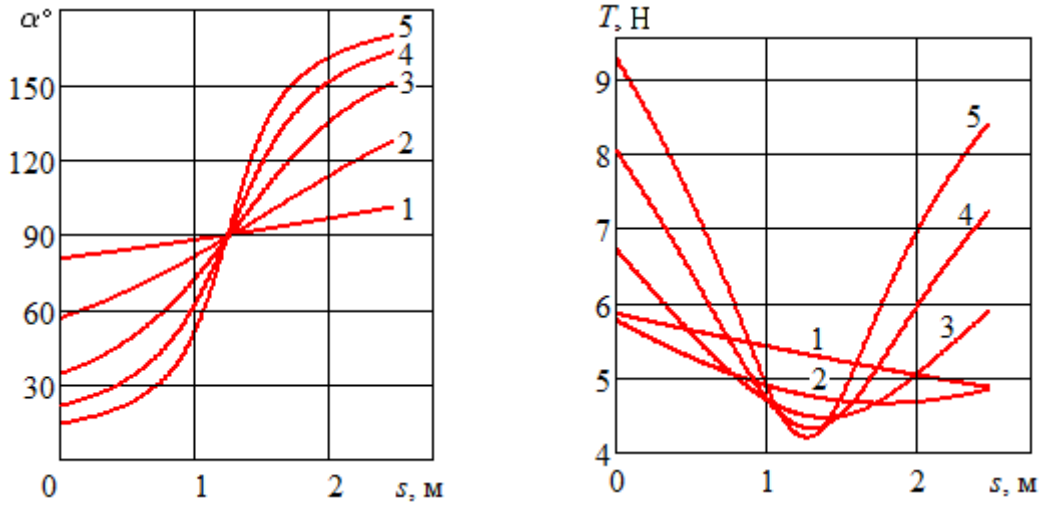


Рисунок 4 – Изменение формы полоски сети ставного невода при различных значениях скорости: 1 – V=0,05 м/с; 2 – V=0,1 м/с; 3 – V=0,15 м/с; 4 – V=0,2 м/с; 5 – V=0,25 м/с



a *b*

Рисунок 5 – Влияние скорости потока на локальный угол атаки (*a*) и силу натяжения (*b*). Обозначения, как на рис. 4

На рис. 6, 7 представлены результаты численного исследования поставленной краевой задачи при неизменной скорости и различных значениях сплошности сетного полотна (например, за счет уменьшения шага ячеи). С увеличением ω также растет сила гидродинамического сопротивления, это приводит к заглублению верхней точки и большей

деформации сети (рис. 6). При этом увеличивается отклонение локальных углов атаки от 90 градусов (рис. 7*a*); значительно возрастает сила натяжения на концах полоски и проседает ее значение вблизи точки экстремума (рис. 7*b*).

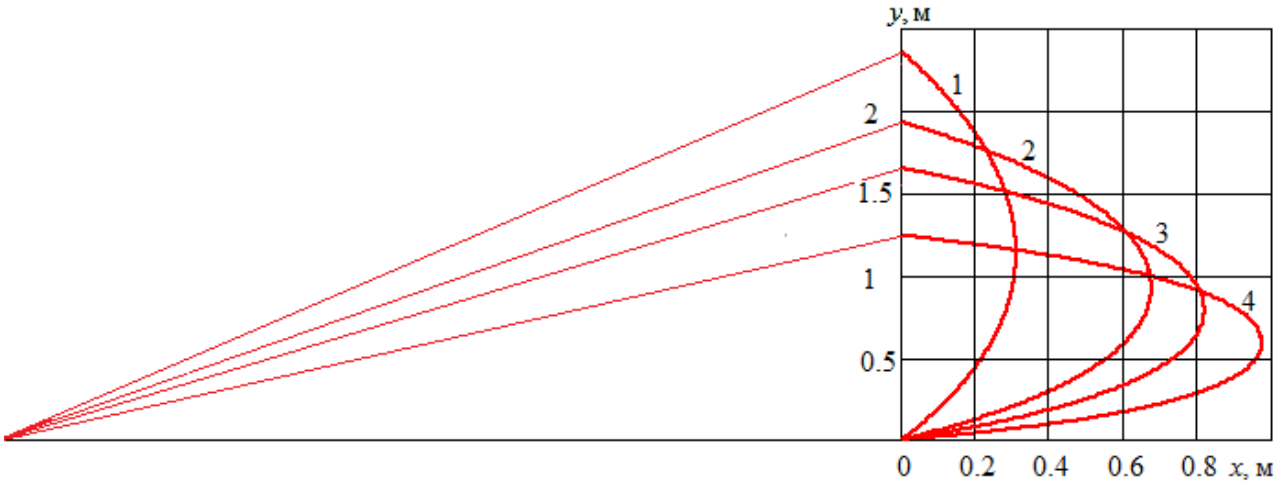
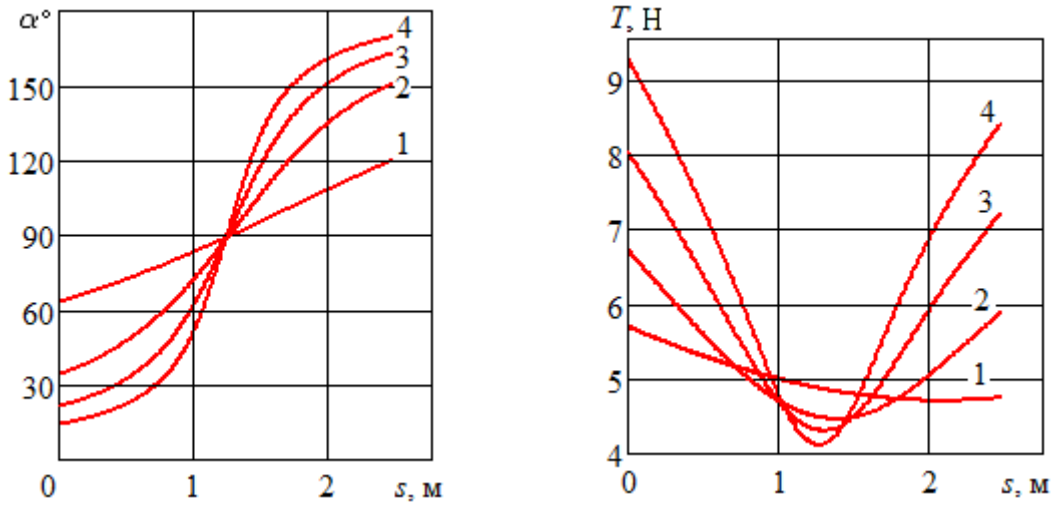


Рисунок 6 – Изменение формы полоски сети ставного невода при V=0,15 м/с и различных значениях сплошности: 1 – ω=0,1; 2 – ω=0,22; 3 – ω=0,33; 4 – ω=0,45



a *b*

Рисунок 7 – Влияние сплошности сети на локальный угол атаки (*a*) и силу натяжения (*b*). Обозначения, как на рис. 6

Заключение

Таким образом, применение разработанного алгоритма решения краевой задачи равновесия полоски сетного невода позволило оценить влияние формул для коэффициентов гидродинамического сопротивления на результаты расчета. Не рекомендуется использовать формулы (1) во всем, практически важном, диапазоне чисел Рейнольдса, так как это может привести к заметным ошибкам (до 15%). Тогда как применение ранее полученных формул для различных областей гидродинамического сопротивления позволяет получить результаты, хорошо согласующиеся с экспериментальными данными. Как увеличение скорости набегающего потока воды, так и рост сплошности приводят к заглублению верхней точки и деформированию сети. При этом происходит отклонение локальных углов атаки от 90 градусов; значительно возрастает сила натяжения на концах полоски и проседает ее значение вблизи точки экстремума.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Меркин Д.Р. Введение в механику гибкой нити. Москва: Наука, 1980.240 с.
2. Anakhaev K.N. Calculation of the problem on a rotating flexible thread // Mechanics. 2017. Vol. 62. Iss. 7, pp. 355-358.
3. Gyul'amirova N.S., Kugushev E.I. Stationary shape of a moving heavy flexible thread // Moscow University Mechanics Bulletin. 2018. Vol. 73. Iss. 1, pp. 7-10.
4. Kozlov V., Polekhin I. On the non-integrability and dynamics of discrete models of threads // Nonlinearity. 2021. Vol. 34. Paper ID 6398. DOI:10.1088/1361-6544/ac1559.
5. Bogacheva S.Yu., Meshcheryakov A.V., Gol'ceva T.L. Analytical modeling of thread tension on a system of surfaces // Technologies & Quality. 2023. Vol. 57. Iss. 3, pp. 14-19.
6. Розенштейн М.М. Механика орудий рыболовства. Калининград: Изд-во КГТУ, 2000. 364 с.
7. Розенштейн М.М., Недоступ А.А. Механика орудий рыболовства. Москва: Моркнига, 2012. 527 с.
8. Попов С. В. К расчету глубины погружения сетных деталей ставного подвесного невода // Рыбное хозяйство. 2011. № 5. С. 105-106.
9. Попов С.В. Метод определения силовых и геометрических характеристик деформированной сети. Автореферат дисс. … канд. техн. наук по спец. 05.18.17 – Промышленное рыболовство. Калининград, 2012. 25 с.
10. Буй-Ван-Ки, Данилов Ю.А. Сопротивление плоской сети, параллельной потоку // Сборник науч. трудов КТИРПХ. 1971. Вып. 32. С. 58-65.
11. Song D.H., Lee C.W., Choe M.Y., Lee I.H., Park K.H. Experimental investigation on the hydrodynamic coefficients of netting // Contributions on the theory of fishing gears and related marine systems. Vol. 6. Proceeding of the 9-th International Workshop on Methods for the development and evaluation of maritime technologies. Japan, Nara, 2009, pp. 77-94.
12. Наумов В.А. Математическая постановка краевой задачи о равновесии полоски сети ставного невода // Известия КГТУ. 2013. № 28. С. 182-187.
13. Великанов Н.Л., Наумов В.А., Бояринова Н.А., Кикот А.В. Гидродинамические силы сопротивления сетных частей орудий лова промышленного рыболовства при поперечном обтекании // Рыбное хозяйство. 2012. № 4. С. 109-111.
14. Наумов В.А., Бояринова Н.А. Эмпирические формулы для коэффициента сопротивления плоских рыболовных сетей при поперечном обтекании // Известия КГТУ. 2012. № 24. С. 143-150.
15. Наумов В.А., Агиевич Н.А. Эмпирическая формула для коэффициента гидродинамического сопротивления плоской рыболовной сети при продольном обтекании в автомодельной области // Известия КГТУ. 2014. № 32.С. 238-244.
16. Наумов В.А., Агиевич Н.А. Коэффициент гидродинамического сопротивления плоской сети при продольном обтекании в переходной области // Известия КГТУ. 2014. № 34. С. 89-94.
17. Проскурнин Е.Д. Сравнение результатов расчета коэффициентов гидродинамического сопротивления сети по двум моделям // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2023. Т.9, № 4. С. 29-35.

REFERENCES

1. Merkin D.R. *Vvedenie v mekhaniku gibkoj niti* [Introduction to the mechanics of flexible thread]. Moscow: Nauka, 1980.240 p.
2. Anakhaev K.N. Calculation of the problem on a rotating flexible thread. Mechanics. 2017. Vol. 62. Iss. 7, pp. 355-358.

3. Gyul'amirova N.S., Kugushev E.I. Stationary shape of a moving heavy flexible thread. Moscow University Mechanics Bulletin. 2018. Vol. 73. Iss. 1, pp. 7-10.

4. Kozlov V., Polekhin I. On the non-integrability and dynamics of discrete models of threads. Nonlinearity. 2021. Vol. 34. Paper ID 6398. DOI:10.1088/1361-6544/ac1559.

5. Bogacheva S.Yu., Meshcheryakov A.V., Gol'ceva T.L. Analytical modeling of thread tension on a system of surfaces. Technologies & Quality. 2023. Vol. 57. Iss. 3, pp. 14-19.

6. Rozenshtejn M.M. *Mekhanika orudij rybolovstva* [Mechanics of fishing gear]. Kaliningrad: KGTU Publ., 2000. 364 p.

7. Rozenshtejn M.M., Nedostup A.A. *Mekhanika orudij rybolovstva* [Mechanics of fishing gear]. Moscow: Morkniga, 2012. 527 p.

8. Popov S.V. *K raschetu glubiny pogruzheniya setnyh detalej stavnogo podvesnogo nevoda* [To the calculation of the depth of immersion of the netting parts of a fixed suspended seine]. *Rybnoe hozyajstvo*. 2011. No. 5, pp. 105-106.

9. Popov S.V. *Metod opredeleniya silovyh i geometricheskih harakteristik deformirovannoj seti. Avtoreferat diss. ... kand. tekhn. nauk po spec. 05.18.17 – Promyshlennoe rybolovstvo* [Method for determining the force and geometric characteristics of a deformed network. Abs. dissertation ... candidate of Technical Sciences 05.18.17 – Industrial fishing]. Kaliningrad, 2012. 25 p.

10. Buj-Van-Ki, Danilov Yu.A. *Soprotivlenie ploskoj seti, parallel'noj potoku* [Drag of a flat netting parallel to the flow]. *Sbornik nauch. trudov KTIRPH*. 1971. Iss. 32, pp. 58-65.

11. Song D.H., Lee C.W., Choe M.Y., Lee I.H., Park K.H. Experimental investigation on the hydrodynamic coefficients of netting. Contributions on the theory of fishing gears and related marine systems. Vol. 6. Proceeding of the 9-th International Workshop on Methods for the development and evaluation of maritime technologies. Japan, Nara, 2009, pp. 77-94.

12. Naumov V.A. *Matematicheskaya postanovka kraevoj zadachi o ravnovesii poloski seti stavnogo nevoda* [Mathematical formulation of the equilibrium boundary value problem of a fixed seine netting strip]. *Izvestiya KGTU*. 2013. No. 28, pp. 182-187.

13. Velikanov N.L., Naumov V.A., Boyarinova N.A., Kikot A.V. *Gidrodinamicheskie sily soprotivleniya setnyh chastej orudij lova promyshlennogo rybolovstva pri poperechnom obtekanii* [Hydrodynamic drag forces of the netting parts of the industrial fishing gear with transverse flow]. Fisheries. 2012. *Rybnoe hozyajstvo*. 2012. No. 4, pp. 109-111.

14. Naumov V.A., Boyarinova N.A. *Empiricheskie formuly dlya koefficienta soprotivleniya ploskih rybolovnyh setej pri poperechnom obtekanii* [Empirical formulas for the drag coefficient of flat fishing netting with transverse flow]. *Izvestiya KGTU*. 2012. No. 24, pp. 143-150.

15. Naumov V.A., Agievich N.A. *Empiricheskaya formula dlya koefficienta gidrodinamicheskogo soprotivleniya ploskoj rybolovnoj seti pri prodol'nom obtekanii v avtomodel'noj oblasti* [Empirical formula for the drag hydrodynamic coefficient of a flat fishing netting with longitudinal flow in a self-similar area]. *Izvestiya KGTU*. 2014. No. 32, pp. 238-244.

16. Naumov V.A., Agievich N.A. *Koefficient gidrodinamicheskogo soprotivleniya ploskoj seti pri prodol'nom obtekanii v perekhodnoj oblasti* [Drag hydrodynamic coefficient of a flat netting with longitudinal flow in the transition region]. *Izvestiya KGTU*. 2014. No. 34, pp. 89-94.

17. Proskurnin E.D. *Sravnenie rezul'tatov rascheta koefficientov gidrodinamicheskogo soprotivleniya seti po dvum modelyam* [Comparison of the results of calculating the drag hydrodynamic coefficients of the nettingk using two models]. *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii*. 2023. Vol.9, No. 4, pp. 29-35.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ	INFORMATION ABOUT THE AUTHOR
Наумов Владимир Аркадьевич – доктор технических наук, профессор, Калининградский государственный технический университет (236022, Россия, г. Калининград, Советский пр-т 1, e-mail: van-old@mail.ru)	*Naumov Vladimir Arkad'evich* – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Kaliningrad State Technical University (236022, Russia, Kaliningrad, Sovetsky ave. 1, e-mail: van-old@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 01.04.2024; одобрена после рецензирования 14.04.2024, принята к публикации 25.04.2024.
The article was submitted 01.04.2024; approved after reviewing 14.04.2024; accepted for publication 25.04.2024.