

DOI: 10.24143/2073-5529-2019-1-28-37
УДК 639.2.081.117.4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ЗАКИДНЫХ НЕВОДОВ В ГИДРОКАНАЛЕ ОАО «МАРИНПО»

Е. В. Соколова, А. А. Недоступ, В. К. Коротков, Е. Р. Головин

*Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Российская Федерация*

В гидроканале ОАО «МариНПО» проведен эксперимент с тремя моделями закидных неводов с различными значениями сплошности. Получены экспериментальные значения усилия в крыле моделей и расчетные значения коэффициента гидродинамического сопротивления в зависимости от числа Рейнольдса, сплошности и формы моделей (отношение f/L , выдувание θ). Диапазон значений характеристик составил $123 \leq Re \leq 184$; $0,168 \leq F_0 \leq 0,202$; $0,15 \leq f/L \leq 0,77$; $0,4 \leq \theta \leq 0,8$. Построены графики зависимости экспериментальных значений усилия в крыле невода от отношения f/L при различных значениях числа Рейнольдса. Построены графики зависимости расчетных значений коэффициента гидродинамического сопротивления от отношения f/L при различных значениях числа Рейнольдса. Выполнена аппроксимация расчетных значений коэффициента гидродинамического сопротивления и построены графики аппроксимирующих функций зависимости коэффициента гидродинамического сопротивления от отношения f/L при различных значениях числа Рейнольдса. Ошибка аппроксимации зависимости $c_x = f(Re, F_0, f/L, \theta)$ не превышает 10 %.

Ключевые слова: закидной невод, модель, гидроканал, коэффициент гидродинамического сопротивления, сплошность, число Рейнольдса.

Для цитирования: Соколова Е. В., Недоступ А. А., Коротков В. К., Головин Е. Р. Экспериментальное исследование моделей закидных неводов в гидроканале ОАО «МариНПО» // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 1. С. 28–37. DOI: 10.24143/2073-5529-2019-1-28-37.

Введение

В работах [1–4] приведены результаты исследования влияния геометрических параметров модели закидного невода (числа Рейнольдса, отношения стрелы прогиба модели в горизонтальной плоскости к расстоянию между крыльями модели f/L) на силу и коэффициент гидродинамического сопротивления. Эксперимент проводился с одной моделью со сплошностью $F_0 = 0,202$ и при выдувании $\theta = 0,8$ (отношение расстояния между верхней и нижней подборками модели закидного невода к высоте сетной стенки модели в посадке). Для изучения влияния сплошности и выдувания на коэффициент гидродинамического сопротивления проведены дополнительные исследования в гидроканале ОАО «МариНПО» [5].

Материалы исследования

В эксперименте использовалась модель, ранее исследовавшаяся в работе [1] (модель № 2). Дополнительно изготовлены две модели со значениями сплошности 0,168 и 0,181 (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики моделей закидных неводов, использовавшихся в эксперименте

| Параметр | Модель № 1 | Модель № 2 | Модель № 3 |
|--|--------------------|---------------------|----------------------|
| Сплошность, F_0 | 0,168 | 0,202 | 0,181 |
| Длина модели в посадке, l , м | 3 | 3 | 3 |
| Высота модели в посадке, h , м | 0,69 | 0,69 | 0,69 |
| Диаметр нитки, d , м | $1 \cdot 10^{-3}$ | $0,8 \cdot 10^{-3}$ | $0,45 \cdot 10^{-3}$ |
| Шаг ячеек, a , м | $12 \cdot 10^{-3}$ | $8 \cdot 10^{-3}$ | $5 \cdot 10^{-3}$ |
| Количество ячеек по длине, n , шт. | 188 | 280 | 454 |
| Количество ячеек по высоте, m , шт. | 39 | 58 | 95 |
| Горизонтальный посадочный коэффициент, U_x | 0,67 | 0,67 | 0,67 |
| Вертикальный посадочный коэффициент, U_y | 0,74 | 0,74 | 0,74 |

Диапазон значений характеристик составил $123 \leq Re \leq 184$; $0,168 \leq F_0 \leq 0,202$; $0,15 \leq f/L \leq 0,77$; $0,4 \leq \theta \leq 0,8$. Коэффициент кинематической вязкости $\nu = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Температура воды в гидроканале $16 \text{ }^\circ\text{C}$.

Экспериментальные данные

Получены экспериментальные данные усилия крыла модели T в зависимости от числа Рейнольдса Re , сплошности F_0 , отношения f/L , выдувания θ (рис. 1–3).

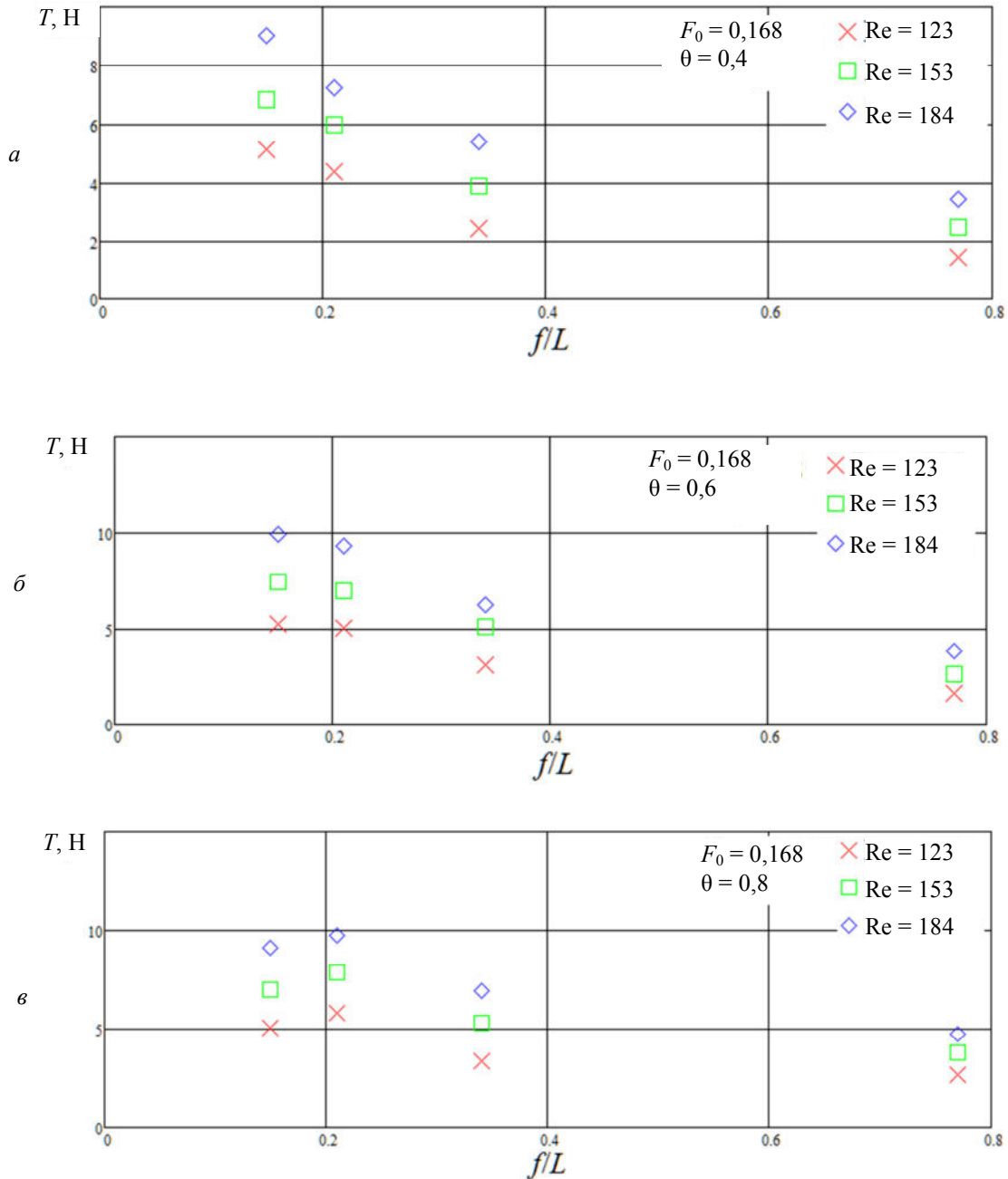


Рис. 1. Экспериментальные данные усилия в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0,168$ и $\theta = 0,4$ (а); $\theta = 0,6$ (б); $\theta = 0,8$ (в)

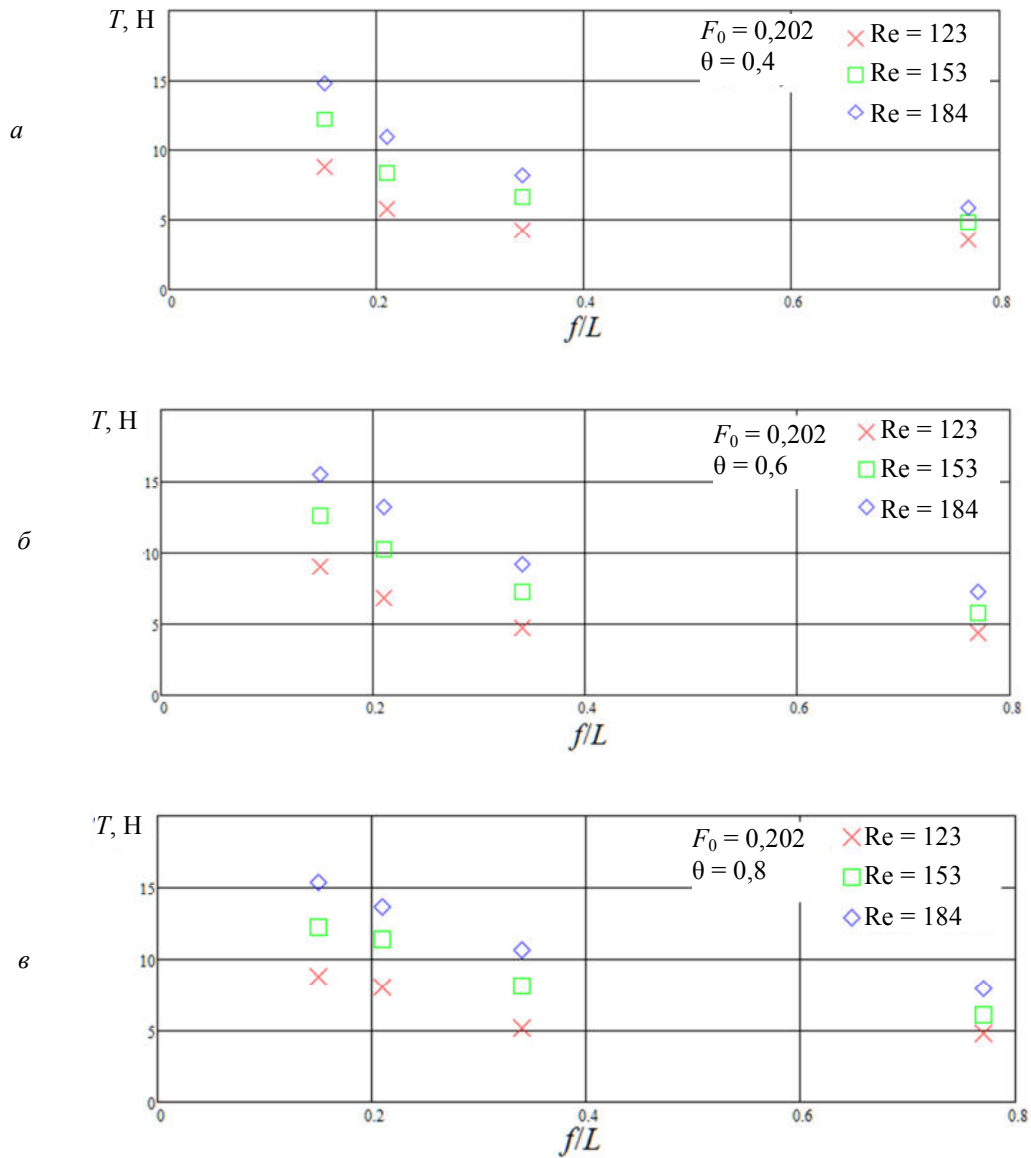


Рис. 2. Экспериментальные данные усилия в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0,202$ и $\theta = 0,4$ (а); $\theta = 0,6$ (б); $\theta = 0,8$ (в)

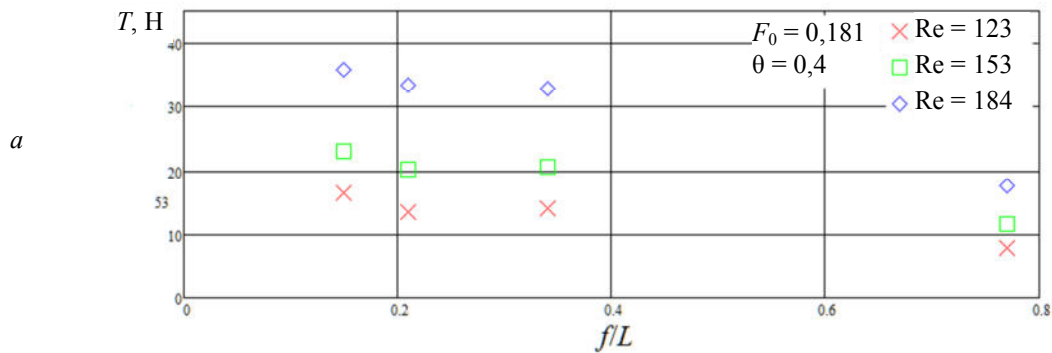


Рис. 3. Экспериментальные данные усилия в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0,181$ и $\theta = 0,4$ (а)

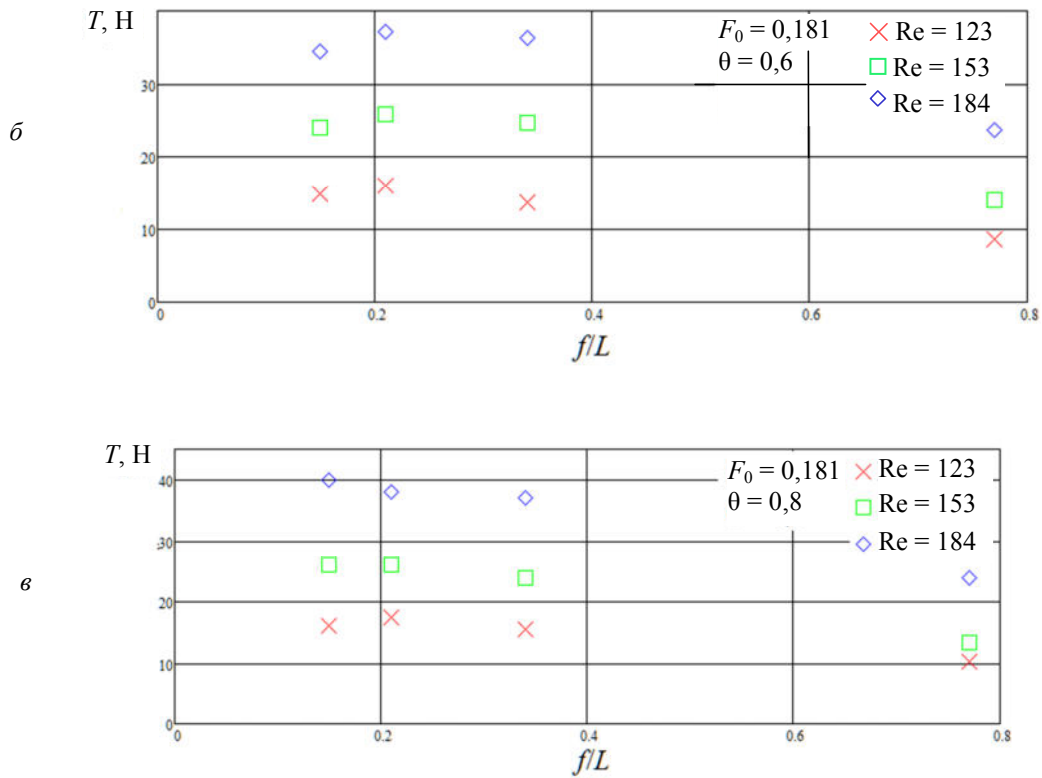


Рис. 3 (окончание). Экспериментальные данные усилия в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0,181$ и $\theta = 0,6$ (б); $\theta = 0,8$ (е)

Обработка экспериментальных данных

Полученные экспериментальные данные использовались для расчета силы и коэффициента гидродинамического сопротивления моделей.

Сила гидродинамического сопротивления модели равна

$$R = 2T_{\text{пр}} ,$$

где $T_{\text{пр}}$ – проекция усилия в крыле, которая определяется по формуле

$$T_{\text{пр}} = T \cdot \cos \alpha$$

где α – угол атаки крыла в горизонтальной плоскости (рис. 4).

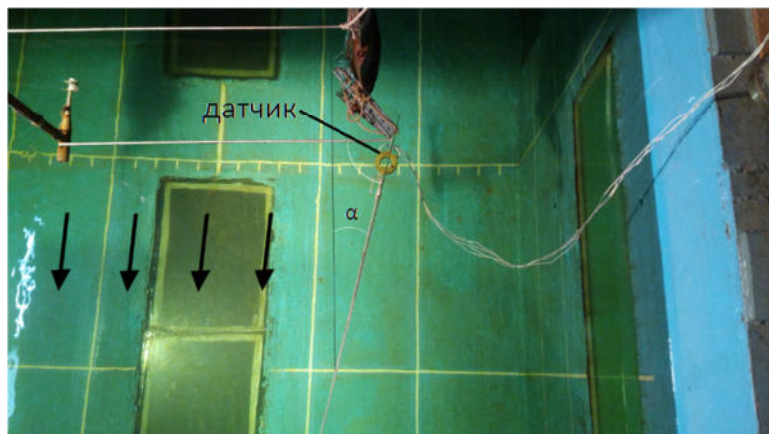


Рис. 4. Угол атаки крыла модели в горизонтальной плоскости α

Определение углов, характеризующих положение урезов в потоке воды, определялось следующим способом (рис. 4). Урез закидного невода крепился к ножам-заглубителям гидроканала. Между ножами-заглубителями параллельно поверхности воды натягивался тонкий белый шнур. Точки крепления уреза к ножам-заглубителям находятся на прямой, параллельной натянутому шнуру. Производилась фотосъемка тензодатчика, уреза и натянутого шнура. Угол, характеризующий отклонение уреза от оси OX в вертикальной плоскости, составлял 0° .

Коэффициент гидродинамического сопротивления определялся по формуле

$$c_x = \frac{2R}{\rho v^2 F_n},$$

где ρ – плотность воды в гидроканале ($1\ 000\ \text{кг/м}^3$); v – скорость потока воды в гидроканале; F_n – площадь ниток модели.

По результатам расчетов построены графики зависимости коэффициента гидродинамического сопротивления c_x от числа Рейнольдса Re , сплошности F_0 , отношения f/L и выдувания θ (рис. 5–7), аппроксимация проводилась экспоненциальной функцией

$$c_x = A \cdot e^{\frac{B \cdot f}{L}} + C; \quad (1)$$

и прямой линией

$$c_x = A + B \frac{f}{L}, \quad (2)$$

где A , B , C – коэффициенты аппроксимирующей функции, которые представлены в табл. 2 (на рис. 5–7 точками отмечены расчетные данные коэффициента гидродинамического сопротивления, линиями – аппроксимирующие функции (1) и (2)).

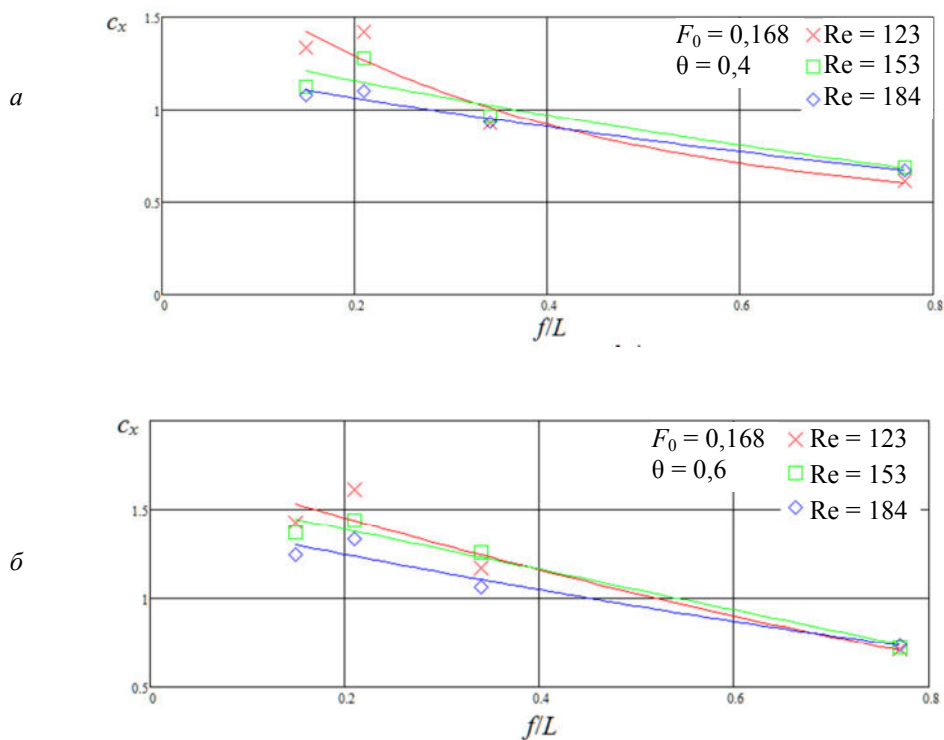


Рис. 5. Аппроксимирующая зависимость $c_x = f(Re, F_0, f/L, \theta)$ при $F_0 = 0,168$ и $\theta = 0,4$ (а); $\theta = 0,6$ (б)

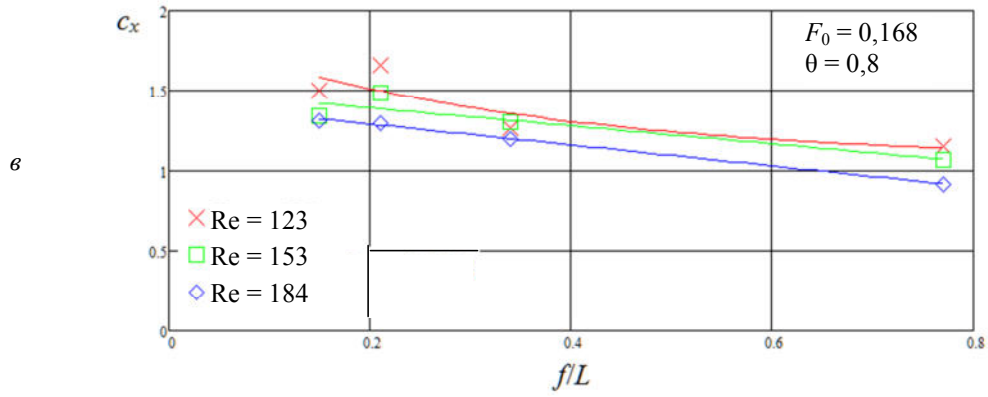


Рис. 5 (окончание). Аппроксимирующая зависимость $c_x = f(\text{Re}, F_0, f/L, \theta)$ при $F_0 = 0,168$ и $\theta = 0,8$ (в)

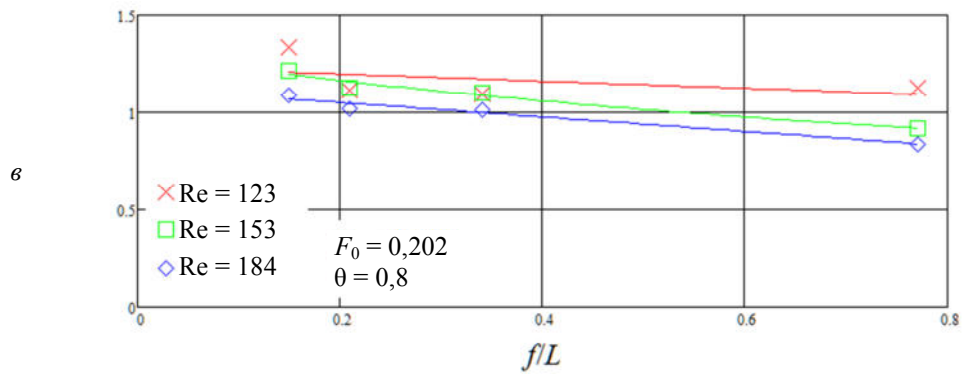
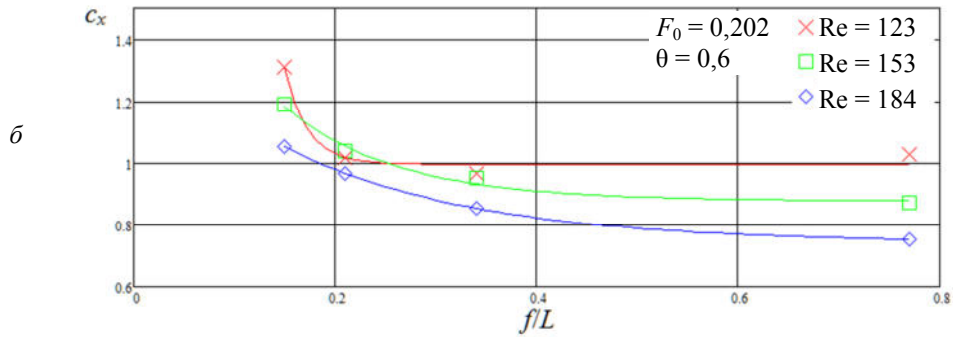
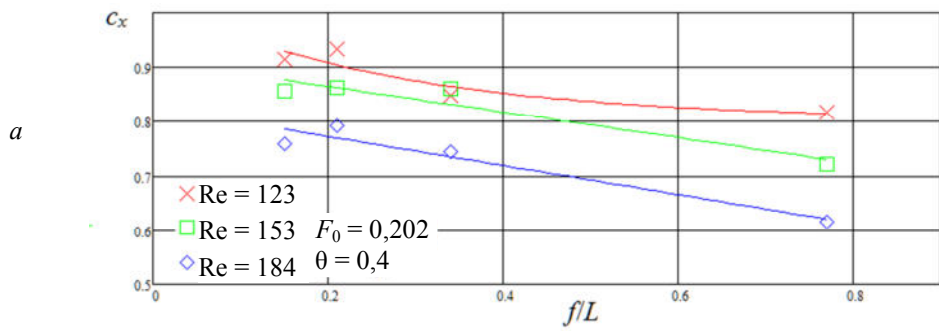


Рис. 6. Аппроксимирующая зависимость $c_x = f(\text{Re}, F_0, f/L, \theta)$ при $F_0 = 0,202$ и $\theta = 0,4$ (а); $\theta = 0,6$ (б); $\theta = 0,8$ (в)

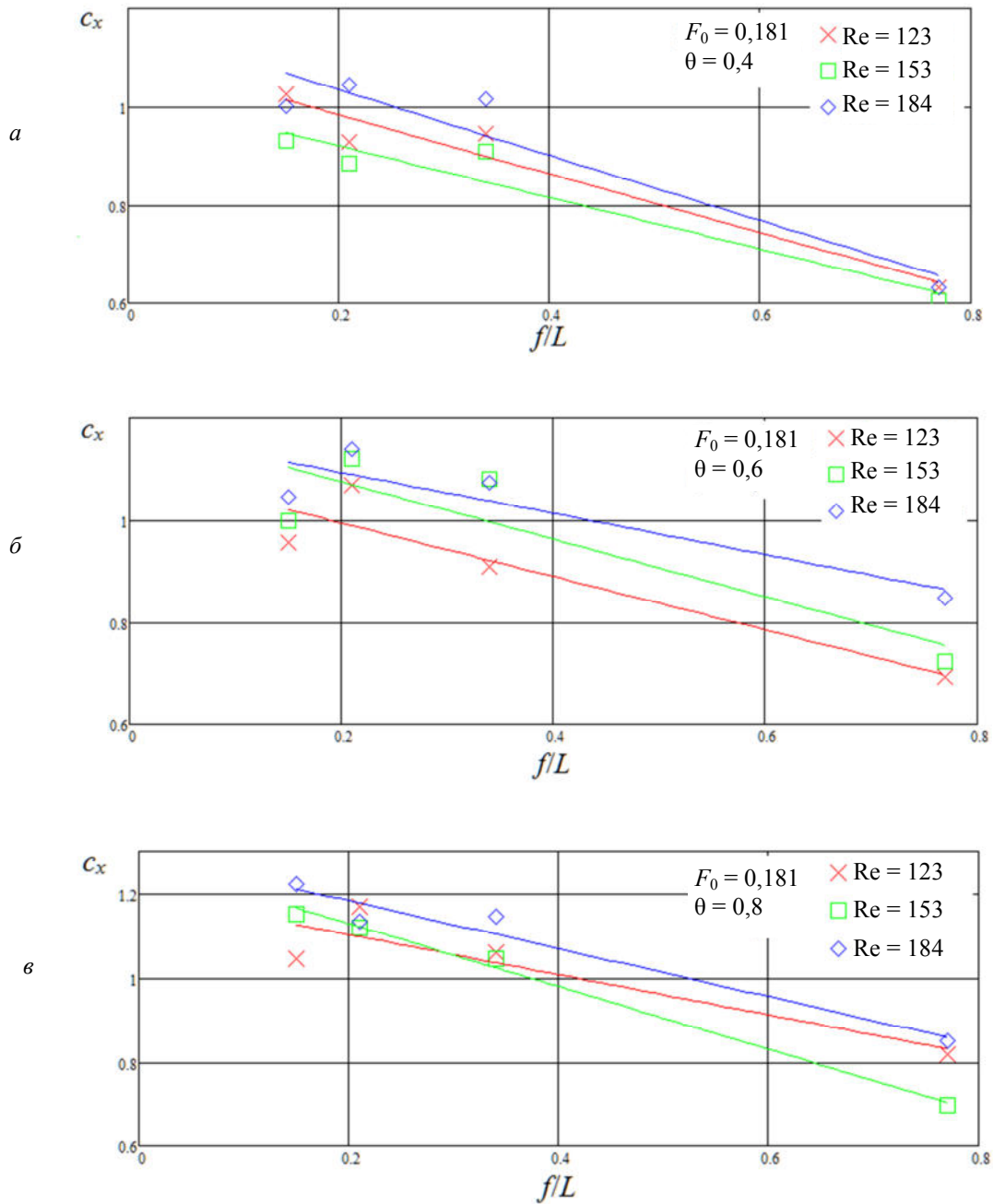


Рис. 7. Аппроксимирующая зависимость $c_x = f(Re, F_0, f/L, \theta)$ при $F_0 = 0,181$ и $\theta = 0,4$ (а); $\theta = 0,6$ (б); $\theta = 0,8$ (в)

Таблица 2

Коэффициенты аппроксимирующих функций

| Выдувание | Число Рейнольдса | Коэффициент | | |
|---------------|------------------|-------------|--------|-------|
| | | A | B | C |
| $F_0 = 0,168$ | | | | |
| 0,4 | 123 | 1,52 | -2,85 | 0,44 |
| | 153 | 1,71 | -0,67 | -0,34 |
| | 184 | 1,31 | -0,75 | -0,06 |
| 0,6 | 123 | 2,78 | -0,64 | -0,99 |
| | 153 | 1,614 | -1,132 | - |
| | 184 | 1,99 | -0,6 | -0,52 |
| 0,8 | 123 | 0,83 | -3,05 | 1,06 |
| | 153 | 1,503 | -0,56 | - |
| | 184 | 1,419 | -0,648 | - |

| Выдувание | Число Рейнольдса | Коэффициент | | |
|---------------|------------------|-------------|--------|-------|
| | | A | B | C |
| $F_0 = 0,202$ | | | | |
| 0,4 | 123 | 0,22 | -3,71 | 0,80 |
| | 153 | 0,912 | -0,237 | - |
| | 184 | 0,825 | -0,267 | - |
| 0,6 | 123 | 242,10 | -44,33 | 0,996 |
| | 153 | 1,19 | -9,05 | 0,88 |
| | 184 | 0,70 | -5,40 | 0,74 |
| 0,8 | 123 | 1,235 | -0,184 | - |
| | 153 | 0,64 | -1,19 | 0,66 |
| | 184 | 1,125 | -0,373 | - |
| $F_0 = 0,181$ | | | | |
| 0,4 | 123 | 1,104 | -0,601 | - |
| | 153 | 1,027 | -0,528 | - |
| | 184 | 1,168 | -0,666 | - |
| 0,6 | 123 | 1,098 | -0,521 | - |
| | 153 | 1,187 | -0,56 | - |
| | 184 | 1,173 | -0,401 | - |
| 0,8 | 123 | 1,198 | -0,476 | - |
| | 153 | 1,279 | -0,746 | - |
| | 184 | 1,297 | -0,569 | - |

Ошибка аппроксимации представлена в табл. 3.

Таблица 3

Ошибка аппроксимации

| Выдувание | Число Рейнольдса | Ошибка аппроксимации, % |
|---------------|------------------|-------------------------|
| $F_0 = 0,168$ | | |
| 0,4 | 123 | 7,04 |
| | 153 | 6,07 |
| | 184 | 2,43 |
| 0,6 | 123 | 6,48 |
| | 153 | 4,63 |
| | 184 | 5,49 |
| 0,8 | 123 | 8,02 |
| | 153 | 4,74 |
| | 184 | 0,803 |
| $F_0 = 0,202$ | | |
| 0,4 | 123 | 1,83 |
| | 153 | 2,27 |
| | 184 | 2,79 |
| 0,6 | 123 | 2,09 |
| | 153 | 1,76 |
| | 184 | 0,03 |
| 0,8 | 123 | 9,03 |
| | 153 | 1,89 |
| | 184 | 1,90 |
| $F_0 = 0,181$ | | |
| 0,4 | 123 | 3,16 |
| | 153 | 4,88 |
| | 184 | 6,47 |
| 0,6 | 123 | 5,32 |
| | 153 | 8,96 |
| | 184 | 5,38 |
| 0,8 | 123 | 5,91 |
| | 153 | 1,47 |
| | 184 | 3,05 |

Выводы

1. Получены экспериментальные значения усилия в крыле модели в зависимости от числа Рейнольдса, сплошности, отношения ffL , выдувания θ . Диапазон значений характеристик составил $123 \leq Re \leq 184$; $0,168 \leq F_0 \leq 0,202$; $0,15 \leq ffL \leq 0,77$; $0,4 \leq \theta \leq 0,8$.

2. Проведена обработка полученных экспериментальных данных. Получены аппроксимирующие зависимости коэффициента гидродинамического сопротивления c_x от числа Рейнольдса Re , сплошности F_0 , отношения f/L , выдувания θ . Аппроксимация зависимости проводилась экспоненциальной функцией и прямой линией. Ошибка аппроксимации зависимости $c_x = f(Re, F_0, f/L, \theta)$ не превышает 10 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Недоступ А. А., Соколова Е. В. Экспериментальные исследования геометрических и силовых характеристик модели закидного невода // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2013. № 2. С. 122–129.
2. Соколова Е. В. Экспериментальные исследования геометрических и силовых характеристик модели закидного невода // Материалы Межвуз. науч.-техн. конф. курсантов и студентов, посв. 100-летию рыбохоз. образования в России «День науки». Калининград: Изд-во БГАРФ, 2013. С. 113–116.
3. Соколова Е. В., Недоступ А. А. Аппроксимация данных эксперимента с моделью закидного невода по методу наименьших квадратов // Рыбное хозяйство. 2016. № 6. С. 94–97.
4. Соколова Е. В. Постановка задачи экспериментального исследования моделей закидного невода в гидроканале ОАО «МариНПО» // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы I Национ. заоч. науч.-техн. конф. (Владивосток, 22 декабря 2017 г.). Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуз, 2017. С. 81–85.
5. Курляндский Ю. М. Гидроканал ОАО «МариНПО» // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посв. 85-летию со дня рождения заслуж. деятеля науки и техники Российской Федерации А. Л. Фридмана и 95-летию со дня основания кафедры промысл. рыболовства (Калининград, 20–21 мая 2010 г.). Калининград: Изд-во КГТУ, 2010. С. 344–350.

Статья поступила в редакцию 12.11.2018

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Соколова Елена Валерьевна – Россия, 236022, Калининград; Калининградский государственный технический университет; старший преподаватель кафедры промышленного рыболовства; sokolovahelena@mail.ru.

Недоступ Александр Алексеевич – Россия, 236022, Калининград; Калининградский государственный технический университет; канд. техн. наук, доцент; зав. кафедрой промышленного рыболовства; nedostup@klgtu.ru.

Коротков Виктор Константинович – Россия, 236022, Калининград; Калининградский государственный технический университет; г-р техн. наук, доцент; профессор кафедры промышленного рыболовства; nedostup@klgtu.ru.

Головин Евгений Романович – Россия, 236022, Калининград; Калининградский государственный технический университет; студент, направление подготовки «Промышленное рыболовство»; zhendos5@mail.ru.



EXPERIMENTAL STUDY OF BEACH SEINE MODELS IN TOWING CHANNEL OF “MARINPO” JSC

E. V. Sokolova, A. A. Nedostup, V. K. Korotkov, E. R. Golovin

*Kaliningrad State Technical University,
Kaliningrad, Russian Federation*

Abstract. The experiment was conducted with three models of beach seines with different values of continuity in the towing channel of “MariNPO” JSC. Experimental values of tension in the model wing and calculated values of hydrodynamic resistance coefficient depending on Reynolds number Re , continuity and shape of the models (f/L ratio, blowing θ) have been obtained. The

range of characteristic values made $123 \leq Re \leq 184$; $0.168 \leq F_0 \leq 0.202$; $0.15 \leq f/L \leq 0.77$; $0.4 \leq \theta \leq 0.8$. There have been plotted the graphs of dependence of experimental values of force in seine wing on ratio f/L for different Re values. There have been built graphs of dependency of calculated values of hydrodynamic resistance coefficient on relations f/L for different Re values. Approximation of calculated values of hydrodynamic resistance coefficient has been made and the graphs of approximating functions of the dependence of hydrodynamic resistance coefficient on f/L ratio have been plotted for different Re values. Error of approximation of dependence $c_x = f(Re, F_0, f/L, \theta)$ doesn't exceed 10 %.

Key words: beach seine, model, towing channel, hydrodynamic resistance coefficient, continuity, Reynolds number.

For citation: Sokolova E. V., Nedostup A. A., Korotkov V. K., Golovin E. R. Experimental study of beach seine models in towing channel of “MariNPO” JSC. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2019;1:28-37. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2019-1-28-37.

REFERENCES

1. Nedostup A. A., Sokolova E. V. Eksperimental'nye issledovaniia geometricheskikh i silovykh kharakteristik modeli zakidnogo neveda [Pilot studies of geometric and load bearing characteristics of beach seine model]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2013, no. 2, pp. 122-129.
2. Sokolova E. V. Eksperimental'nye issledovaniia geometricheskikh i silovykh kharakteristik modeli zakidnogo neveda [Pilot studies of geometric and load bearing characteristics of beach seine model]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii kursantov i studentov, posviashchennoi 100-letiiu rybokhoziaistvennogo obrazovaniia v Rossii «Den' nauki»*. Kaliningrad, Izd-vo BGARF, 2013. Pp. 113-116.
3. Sokolova E. V., Nedostup A. A. Approksimatsiia dannykh eksperimenta s model'iu zakidnogo neveda po metodu naimen'shikh kvadratov [Approximation of experiment data on beach seine model using least-squares method]. *Rybnoe khoziaistvo*, 2016, no. 6, pp. 94-97.
4. Sokolova E. V. Postanovka zadachi eksperimental'nogo issledovaniia modeli zakidnogo neveda v gidrokanale OAO «MariNPO» [Setting problem for pilot studying of beach seine models in towing channel of “MariNPO” JSC]. *Innovatsionnoe razvitie rybnoi otrasli v kontekste obespecheniia prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii: materialy I Natsional'noi zaochnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii (Vladivostok, 22 dekabria 2017 g.)*. Vladivostok, Izd-vo Dal'rybvuz, 2017. Pp. 81-85.
5. Kurliandskii Iu. M. Gidrokanal OAO «MariNPO» [Towing channel of “MariNPO” JSC]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posviashchennoi 85-letiiu so dnia rozhdeniia zasluzhennogo deiatelia nauki i tekhniki Rossiiskoi Federatsii A. L. Fridmana i 95-letiiu so dnia osnovaniia kafedry promyshlennogo rybolovstva (Kaliningrad, 20–21 maia 2010 g.)*. Kaliningrad, Izd-vo KGTU, 2010. Pp. 344-350.

The article submitted to the editors 12.11.2018

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sokolova Elena Valer'evna – Russia, 236022, Kaliningrad; Kaliningrad State Technical University; Senior Lecturer of the Industrial Fishing Department; sokolovahelena@mail.ru.

Nedostup Alexander Alekseevich – Russia, 236022, Kaliningrad; Kaliningrad State Technical University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Head of the Industrial Fishing Department; nedostup@klgtu.ru.

Korotkov Victor Konstantinovich – Russia, 236022, Kaliningrad; Kaliningrad State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor; Professor of the Industrial Fishing Department; nedostup@klgtu.ru.

Golovin Evgeniy Romanovich – Russia, 236022, Kaliningrad; Kaliningrad State Technical University; Student, training area “Industrial Fishing”; zhendos5@mail.ru.

