

Примеры математического моделирования орудий промышленного рыболовства

Д-р техн. наук, проф. Н.Л. Великанов; д-р техн. наук В.А. Наумов;

аспирантки Е.Г. Мейлус, Е.Е. Сазонова – Калининградский государственный технический университет

Определение формы сетной части орудий промышленного рыболовства является одной из важнейших и наиболее сложных задач механики орудий лова.

Наиболее полно и глубоко вопросы формы сетных оболочек применительно к орудиям лова рассмотрены в работах В.Д. Кулагина. Им получены уравнения равновесия сетной оболочки кошелькового невода после замета и при кошельковании. Рассматривается континуальная модель. В расчетах не учитываются силы тяжести сетного полотна, сила лобового сопротивления при движении сетного полотна. Сетное полотно на границе с нижней подборой считается вертикальным. Аналитического решения не получено.

В процессе исследований в КГТУ получено решение задачи по определению формы и сил натяжения нитей сетного полотна невода, основанное на моделях Н.Н. Андреева и В.Д. Кулагина, но более полно учитывающее внешние силы, действующие на невод перед началом кошелькования и в процессе него.

Основные допущения, принятые при определении формы и сил натяжения нитей, заключаются в следующем: рассматривается квазистатический процесс – в каждый момент кошелькования сетное полотно невода под действием внешних сил и реакции связей находится в равновесии; нити сетного полотна – абсолютно гибкие, нерастяжимые; узлы сетной оболочки – фиксированные, т.е. нити не проскальзывают в узлах одна относительно другой.

Определена форма сетного полотна при кошельковании под действием сил тяжести, гидродинамических сил.

В модели В.Д. Кулагина она описывается дифференциально-интегральным уравнением равновесия сетной оболочки.

Как было установлено ранее, при стягивании колец нижней подборы зависимость относительного коэффициента посадки сетного полотна от относительного радиуса является линейной.

Нормальная и тангенциальная составляющие давления возникают от действия силы тяжести сетного полотна в воде, силы лобового сопротивления, заглубляющей силы. Составляющие давления зависят от удельных сил тяжести, удельных сил лобового сопротивления; удельной заглубляющей силы сетного полотна в рассматриваемом сечении (силы, приходящейся на 1 м^2 сетного полотна).

Удельные силы определяются как отношение соответствующих сил, действующих на все сетное полотно в начальный момент кошелькования, к габаритной площади сетного полотна перед началом кошелькования. Для более детального, подробного расчета сетное полотно разбивается на вертикальные полосы. Удельные силы для каждой полосы определяются как отношение соответствующих сил, действующих на всю сетную полосу в начальный момент кошелькования, к габаритной площади этой сетной полосы перед началом кошелькования.

Получена зависимость, описывающая образующую конусообразной оболочки, на поверхности которой располагается сетное полотно невода перед началом кошелькования и в процессе него. Форма сетного полотна перед началом кошелькования зависит от соотношения силы тяжести в воде сетного полотна и силы тяжести в воде нижней подборы с оснасткой.

Эффективность использования траловых досок во многом зависит от коэффициентов распорной силы, силы сопротивления и гидродинамического качества. При анализе устойчивости траловой доски необходимы коэффициенты продольного момента и момента крена, а также относительная координата центра давления.

Теоретическое определение гидродинамических характеристик распорных устройств, конечно, не избавит от необходимости проведения дорогостоящих экспериментов в опытовых бассейнах, но позволит выбрать наиболее выгодные конструкции, провести сравнительный анализ возможных изменений.

Попытки найти способ определять гидравлические коэффициенты траловых досок, такие как коэффициент распорной силы, коэффициент силы сопротивления, гидродинамическое качество, коэффициенты продольного момента и момента крена, относительная координата центра давления, теоретически предпринимались давно, но не давали до сих пор ощутимых результатов. Принцип работы гидродинамических распорных устройств основан на эффекте поведения крыла в потоке жидкости, поэтому для теоретических расчетов ранее пытались использовать теорию крыла малого удлинения.

Для тонких прямоугольных пластин при небольших углах атаки применение циркуляционно-отрывной теории, предложенной Федяевским, дает неплохое совпадение основных гидродинамических характеристик с опытными данными. Однако использование данной теории при расчете гидродинамических характеристик траловых досок не обеспечивает достаточной точности в силу того, что эти устройства работают на углах атаки, близких к критическим. Кроме того, полуэмпирические формулы не учитывают таких средств повышения гидродинамического качества крыла, как закрылки, предкрылки, щели, перфорация.

В КГТУ разработана программа расчета гидродинамических коэффициентов траловых досок на углах атаки, близких к критическим. С помощью модификации известных численных методов решения уравнений Навье-Стокса рассчитывались поля скоростей и давлений при обтекании траловых досок. Для определения гидродинамических коэффициентов вычислялись проекции сил на оси координат, связанных с пластиной. Коэффициент продольного момента рассчитывался численным интегрированием элементарных моментов по поверхности пластины, координата центра давления определялась как отношение коэффициента продольного момента к коэффициенту подъемной силы.

Первоначально алгоритм расчета был создан и проверен для прямоугольной в плане пластины цилиндрического профиля. В дальнейшем изложенный метод был применен к модели траловой доски, т.е. учитывались ребра жесткости, киль, а также балласт. Рассчитанные значения гидродинамических коэффициентов траловой доски близки к опытным данным.

При частоте процессора 1,3 МГц время численного решения уравнений Навье-Стокса и расчета коэффициентов для одного угла атаки составляло 20–24 ч. В настоящее время становятся обычными процессоры частотой 2,5 МГц и более, что вдвое уменьшит затраты компьютерного времени. Быстрое развитие компьютерной техники делает предлагаемый метод перспективным.

Velikanov N.L., Naumov V.A., Meylus E.G., Sazonova E.E.

Examples of mathematical modelling of fishing gears

Definition of gear netting part is one of the most important and complex tasks of gears mechanics.

Specialists of Kaliningrad State Technical University could solve the task on definition of the form and tightening force of seine net. The solution is based on models by Andreev and Kulagin but it considers more completely the applied forces influencing the seine before seining and during it.